

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GÜNEŞ ENERJİSİ KAZANIMLARINA DAYALI GÜNEŞ
BACALARININ DOĞAL HAVALANDIRMA VE SOĞUTMA
SİSTEMİNE ETKİLERİNİN DENEYSEL YOLLA İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mimar Mustafa KİLCİ**

Anabilim Dalı : MİMARLIK

Programı : ÇEVRE KONTROLÜ VE YAPI TEKNOLOJİSİ

OCAK 2005

**GÜNEŞ ENERJİSİ KAZANIMLARINA DAYALI GÜNEŞ
BACALARININ DOĞAL HAVALANDIRMA VE SOĞUTMA
SİSTEMİNE ETKİLERİNİN DENEYSEL YOLLA İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mimar Mustafa KİLCİ
(502021380)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 27 Aralık 2004
Tezin Savunulduğu Tarih : 27 Ocak 2005**

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Vildan OK

Diğer Jüri Üyeleri Prof. Dr. Zerrin YILMAZ (İ.T.Ü.)

Yrd. Doç. Dr. Murat ÇAKAN (İ.T.Ü.)

OCAK 2005

ÖNSÖZ

Son birkaç yılda, dünyamızın, çevre kirliliği nedeniyle, iklimsel dengelerinin bozulması ve bundan dolayı oluşan doğal felaketlerle, bu konuda, artık alarm vermesi; çevre kirliliğini azaltıcı tedbirlerin biran önce alınmasını zorunlu kılmaktadır. Çevre kirliliğinin en önemli nedenlerinden biri de fosil yakıtların konutlarda ısıtma amacıyla tüketilmesi olduğundan, konutlarda temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılabilmesi amacıyla yürütülen bilimsel çalışmaların, insanlığın geleceği açısından önemi büyüktür.

Bu bağlamda, yenilenebilir enerji kaynaklarının başında gelen güneş enerjisinin önemini yıllar önce fark edip, geniş bilimsel araştırma yelpazesinde yapılarıdaki hava akımları da mevcut olmak üzere bu konuyu da dahil eden sayın hocam Prof. Dr. Vildan OK, bu konudaki çalışmalarının bir halkası olarak, bana bu yüksek lisans çalışmasını önermiştir. Böylesine önemli bir konuda çalışmama olanak sağladığı için ve ayrıca çalışmamın deneysel olması nedeniyle getirdiği birtakım zorlukları aşmamda bana verdiği bilimsel ve manevi destekten dolayı sayın hocama teşekkürü bir borç bilirim.

Sadece bu çalışma esnasında değil, hayatımın her alanında bana maddi ve manevi hep destek olan ve hiçbir fedakarlıktan kaçınmayan sevgili aileme, ayrıca manevi desteklerini gördüğüm tüm arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Aralık 2004

Mustafa KİLCİ

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	v
TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
SEMBOL LİSTESİ	xiv
ÖZET	xv
SUMMARY	xvi
1. GİRİŞ	1
2. PASİF SOĞUTMA	3
2.1. Küresel ve bölgesel ölçekteki hava sistemleri	3
2.1.1. Küresel hava sistemleri	3
2.1.2. Bölgesel hava sistemleri	4
2.2. Pasif Soğutmanın Tarihsel Kullanımı	7
2.3. Hava Akışının Ana Prensipleri	18
2.4. Binalar Etrafındaki Hava Akış Seyirleri	22
2.5. Çağdaş Pasif Soğutma Sistemleri	23
2.5.1. Vantilasyonla Soğutma	24
2.5.1.1. Konfor havalandırması	24
2.5.1.2. Konvektif soğutma	24
2.5.2. Radyant Soğutma	25
2.5.2.1. Direkt radyant soğutma	25
2.5.2.2. İndirekt radyant soğutma	26
2.5.3. Buharlaştırma ile Soğutma	26
2.5.3.1. Direkt buharlaştırma metodu	26
2.5.3.2. İndirekt buharlaştırma metodu	26
2.5.4. Toprak-yer Soğutması	27
2.5.4.1. Direkt toprak soğutması	27
2.5.4.2. İndirekt toprak soğutması	27
2.5.5. Kurutucu Madde ile Nemini Alma Yöntemi	28
2.6. Bölüm Sonucu	28

3. GÜNEŞ BACALARI	29
3.1. Güneş Bacasının Matematiksel Modeli	32
3.2. Güneş Bacasının Yapıda Kullanıldığı Örnek Çalışmalar ve Bulguları	40
3.3. Güneş Bacasının Diğer Kullanım Alanları	51
3.3.1. Güneş Bacasının Kurutmada Kullanılması	52
3.3.2. Güneş Bacasının Elektrik Üretiminde Kullanılması	53
3.4. Bölüm sonuçları	57
4. GÜNEŞ ENERJİSİ KAZANIMLARINA DAYALI GÜNEŞ BACALARININ DOĞAL HAVALANDIRMA VE SOĞUTMA SİSTEMİNE ETKİLERİNİN DENEYSEL YOLLA İNCELENMESİ	59
4.1. Deney Düzenegi	59
4.2. Ölçümlerin Sınır Koşulları	63
4.3. Deney Aletleri	65
4.3.1. Dış Mekan Koşullarını Ölçen Deney Aletleri	65
4.3.2. İç Mekan Koşullarını Ölçen Deney Aletleri	67
4.3.3. Deney Aletlerinin Kalibrasyonu	68
4.4. Deney Bulguları	70
4.5. Bölüm Sonuçları	109
5. SONUÇLAR	112
KAYNAKLAR	115
EK A. Belirsizlik analizi	118
EK B. Yapılan tüm deney ölçümlerinin “Excel” formatında Disket içinde sunumu	Arka kapak
ÖZGEÇMİŞ	120

KISALTMALAR

GAPA : Baca şapkasında güney yönü açık bırakıldı, diğer üç yön kapatıldı. Pencere açık.

GAPK : Baca şapkasında güney yönü açık bırakıldı, diğer üç yön kapatıldı. Pencere kapalı.

GMPK : Hakim rüzgara karşı üç yön kapalı iken, açık olan güney yönü menfez kapağı ile kapatıldı. Kanal açıklığı ufaltıldı. Pencere kapalı.

GMPKD : Menfez takılı, pencere kapalı iken kanal açıklığı değiştirilerek ölçüm alındı.

TABLO LİSTESİ

<u>No</u>		<u>Sayfa</u>
Tablo 3.1	Değişkenlerin değerleri	38
Tablo 3.2	Deney durumları.....	38
Tablo 3.3	İç ve dış mekan için maksimum olabilecek kirletici organik bileşiklerin değerleri.....	47
Tablo 4.1	Ölçümlerin sınır koşulları sistematigi.....	64
Tablo 4.2	Normal bacanın üst kanal ağzında 30.07.2004 tarihinde yapılan deneyin belirli saatler arasındaki iç mekan ve dış mekan ölçümlerinin ortalama değerleri.....	82
Tablo 4.3	Güneş bacasının üst kanal ağzında 31.07.2004 tarihinde yapılan deneyin belirli saatler arasındaki iç mekan ve dış mekan ölçümlerinin ortalama değerleri.....	84
Tablo 4.4	Güneş bacasının alt kanal ağzında 01.08.2004 tarihinde yapılan deneyin belirli saatler arasındaki iç mekan ve dış mekan ölçümlerinin ortalama değerleri.....	85
Tablo 4.5	Normal bacanın alt kanal ağzında 02.08.2004 tarihinde yapılan deneyin belirli saatler arasındaki iç mekan ve dış mekan ölçümlerinin ortalama değerleri.....	86
Tablo 4.6	Normal bacanın alt kanal ağzında 03-04.08.2004 tarihlerinde yapılan deneyin belirli saatler arasındaki iç ve dış mekan ölçümlerinin ortalama değerleri.....	88
Tablo 4.7	Güneş bacasının alt kanal ağzında 04-05.08.2004 tarihlerinde yapılan deneyin belirli saatler arasındaki iç ve dış mekan ölçümlerinin ortalama değerleri.....	89
Tablo 4.8	Güneş bacasının üst kanal ağzında 05-06.08.2004 tarihlerinde yapılan deneyin belirli saatler arasındaki iç ve dış mekan ölçümlerinin ortalama değerleri.....	90
Tablo 4.9	Normal bacanın üst kanal ağzında 06-07.08.2004 tarihlerinde yapılan deneyin belirli saatler arasındaki iç ve dış mekan ölçümlerinin ortalama değerleri.....	91
Tablo 4.10	Belirli saatler arasındaki; güneş bacasının ve normal bacanın üst kanal ağzında 04-05.09.2004 tarihlerinde yapılan deneyin ve iç - dış mekan ölçümlerinin ortalama değerleri.....	102
Tablo 4.11	Belirli saatler arasındaki; güneş bacasının ve normal bacanın üst kanal ağzında 22.09.2004 tarihlerinde yapılan deneyin ve iç - dış mekan ölçümlerinin ortalama değerleri.....	103
Tablo 4.12	Belirli saatler arasındaki; güneş bacasının ve normal bacanın üst kanal ağzında yapılan deneyin ve iç - dış mekan ölçümlerinin ortalama değerleri.....	108

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1 : Dünyanın atmosferindeki küresel hava hareketi.....	4
Şekil 2.2 : Vadilerde gündüz ve gece hava hareketi.....	4
Şekil 2.3 : Sahil bölgelerinde gece ve gündüz hava hareketi.....	5
Şekil 2.4 : Şehir ve kırsal mikro iklimdeki farklılıklardan sonuçlanan bölgesel hava olayları.....	5
Şekil 2.5 : Isı kubbesi sendromu.....	6
Şekil 2.6 : Etrafı çevrilmiş yerleşim.....	6
Şekil 2.7 : Zemin sürtünmesinden dolayı rüzgar hızındaki azalma.....	6
Şekil 2.8 : “Malkaaf Hawah” larda ki hava hareketleri.....	7
Şekil 2.9 : Bağdat/İrak’taki bir evde kullanılmış pozitif basınçla çalışan Malkaaf’lar.....	8
Şekil 2.10 : Pakistan’ın kıyı bölgesi olan Sind’te pozitif basınç rüzgar kepçeleri.....	8
Şekil 2.11 : Guuja/Sind/Pakistan’da ki rüzgar kepçeleri.....	9
Şekil 2.12 : Çift hareketli termal bacalar İran’ın çöl şehirlerinde bulunur ve adına BAAD-GEERS denir. Günlük yükselen ve alçalan hareketlerle radyasyon ve buharlaştırma ile soğutma konveksiyon yolu ile mekanın içine de hava hareketini sağlar.....	10
Şekil 2.13 : İran Baad-Geers’leri.....	10
Şekil 2.14 : Pozitif basınçlı kepçeler.....	11
Şekil 2.15 : Rüzgar kulesinin yaz operasyonu.....	12
Şekil 2.16 : BAAD-KAASH örneği.....	14
Şekil 2.17 : Baad-Geers’lar bazen uzun nemli bir tünele bağlanarak oda soğutmasının artmasına yardımcı olurlar.....	14
Şekil 2.18 : Kubbe formunun görünüşü, kesiti ve iç mekandan tepe noktasına göre bakıldığında görünüşü.....	15
Şekil 2.19 : Beş Baad-Geers ile birlikte işlem gören menfezli kubbe örneği....	15
Şekil 2.20 : Mağara topluluklarındaki tipik termal ve hava devir daim sistemleri.....	16
Şekil 2.21 : Lovang / Çin yakınlarındaki çiftçilerin yer altı evi.....	16
Şekil 2.22 : Mashrabiya denilen cumba çıkma pencere mekanları.....	16
Şekil 2.23 : Sıcak nemli bölgelerdeki yapı tipi.....	17
Şekil 2.24 : Hava akışları hem doğal konveksiyondan hem de basınç farklılıklarından meydana gelir.....	18
Şekil 2.25 : Hava akışının tipleri.....	18
Şekil 2.26 : Pozitif ve negatif basınç bölgelerin geometrik şekille ve akış yönü ile değişim göstermesi.....	19
Şekil 2.27 : Çatı eğimine dayalı olarak negatif ve pozitif basınçların değişim göstermesi.....	19
Şekil 2.28 : Düzensiz (=turbulence) ve girdaplı (=eddy) akımlar binanın etrafındaki yüksek ve alçak basınç alanlarında meydana gelir.....	19

Şekil 2.29 : Venturi tüpü ile; akış hızının artması ve statik basıncın azalmasıyla bernouilli etkisinin gösterilmesi.....	20
Şekil 2.30 : Uçak kanadı kesitinin venturi tüpü ile benzerliği.....	20
Şekil 2.31 : Venturi tüpünün çatı vantilatörü olarak kullanılması.....	20
Şekil 2.32 : Eğimli başlık olmadan bile bernouilli etkisi hala çatı açıklığından hava emebilmektedir.....	20
Şekil 2.33 : Zeminden yukarı doğru çıktıkça rüzgar hızı artmaktadır.....	21
Şekil 2.34 : Baca etkisi yalnızca iki dikey açıklık arasında iç mekan sıcaklık farkının dış mekan sıcaklık farkından büyük olduğu zamanlarda meydana gelir.....	21
Şekil 2.35 : Güneş bacası, iç mekanın ısınmasına katkısı olmaksızın baca etkisini arttırarak soğutmayı sağlar.....	22
Şekil 2.36 : Dikdörtgen binanın etrafındaki hava akışı seyirleri.....	22
Şekil 2.37 : Yüzey akış örnekleri ve bina boyutu.....	23
Şekil 2.38 : Konvektif soğutma.....	24
Şekil 2.39 : Radyant soğutma.....	25
Şekil 2.40 : Direkt radyant soğutma.....	25
Şekil 2.41 : İndirekt radyant soğutma.....	26
Şekil 2.42 : Direkt buharlaştırma metodu.....	26
Şekil 2.43 : İndirekt buharlaştırma metodu.....	27
Şekil 2.44 : Direkt toprak soğutması.....	27
Şekil 2.45 : İndirekt toprak soğutması.....	27
Şekil 3.1 : Mekan içi havalandırmanın çalışma esası.....	30
Şekil 3.2 : Mekan içi açıklıkların havalandırmaya etki durumları.....	30
Şekil 3.3 : Havalandırma bacası niceliklerinin yerleri.....	31
Şekil 3.4 : Bina boşluğundaki hava akışı örneği.....	32
Şekil 3.5 : Simülasyon modelleri görsel anlatımı.....	34
Şekil 3.6 : Blok modeldeki enerji transferleri.....	36
Şekil 3.7 : Deneysel aparatlar.....	37
Şekil 3.8 : Akış oranı ve ısı akışı.....	39
Şekil 3.9 : Eğim ve akış oranı.....	39
Şekil 3.10 : Kanal kalınlığı ve akış oranı.....	40
Şekil 3.11 : Güneş bacasının kesiti.....	41
Şekil 3.12 : $d=0,10m$ hava boşluğu derinliğindeki sıcaklık dağılımı.....	41
Şekil 3.13 : $d=0,30m$ hava boşluğu derinliğindeki sıcaklık dağılımı.....	42
Şekil 3.14 : Hava boşluğu derinliklerine karşılık gelen ortalama hava sıcaklık artışı.....	42
Şekil 3.15 : Test odasındaki güneş bacası ve konvansiyonel bacanın görünüşleri.....	43
Şekil 3.16 : Giriş-çıkış bacaları ve hava sıcaklıkları.....	43
Şekil 3.17 : Şubat 6'da her iki odadaki hava değişim oranları.....	44
Şekil 3.18 : Güneş bacası ve normal bacanın yükseklik artışı etkisi.....	45
Şekil 3.19 : Güneş bacası ve normal bacanın genişlik artışı ve onunla birlikte artan kesit alanı etkisi.....	45
Şekil 3.20 : Ocak 24'te ölçümlerin ve modelin vantilasyon akış oranı karşılaştırması.....	46
Şekil 3.21 : Kış ısıtması ve yaz soğutması için Trombe duvarın şematik diyagramı.....	48
Şekil 3.22 : Çatıda kullanılan güneş bacası.....	59
Şekil 3.23 : Çatı güneş bacasının plan, kesit ve perspektivi.....	50
Şekil 3.24 : Rüzgar kulesi-güneş bacası şematik sistemi.....	50

Şekil 3.25	: $V_0 = 1,0 \text{ m/s}$ çevre rüzgar hızında kütleli akış oranı.....	51
Şekil 3.26	: Hem duvar hem de çatıda kullanılan güneş bacası örneği.....	51
Şekil 3.27	: İndirekt tipli-doğal sirkülasyonlu-güneş enerjili kurutmanın özellikleri.....	52
Şekil 3.28	: Kurutma amaçlı güneş bacasının kesiti.....	53
Şekil 3.29	: Çatının altındaki ısı depolayan su dolu siyah tüpler.....	54
Şekil 3.30	: Manzanares / İspanya'daki güneş bacası.....	54
Şekil 3.31	: Güneş bacasının cam kollektör çatısı.....	55
Şekil 3.32	: Dikey şafttaki 200MW lık türbin.....	55
Şekil 3.33	: Su tabakasının kalınlığına göre 24 saat boyunca elektrik üretimi.	56
Şekil 4.1	: Mevcut güneş evi vaziyet planı.....	59
Şekil 4.2	: Mevcut yapının önceki ve baca eklenmiş hali.....	60
Şekil 4.3	: Deney hacminin mevcut yapı ile bağlantılı olarak plan düzleminde kurgusu.....	60
Şekil 4.4	: Ön görünüş ve A-A kesiti.....	61
Şekil 4.5	: Menfez kapağı.....	62
Şekil 4.6	: Deney mekanından baca eklenen yüzeye baktığımızdaki görünüş.....	62
Şekil 4.7	: B ve K ölçüm noktalarının kesitte gösterilmesi.....	63
Şekil 4.8	: Hobo hava istasyonu.....	65
Şekil 4.9	: Hobo aletinin ölçüm sırasında konumlandırıldığı mekan.....	65
Şekil 4.10	: Hobo Mikro İstasyon Kaydedici.....	66
Şekil 4.11	: Rüzgar Hızı Akıllı Sensörü.....	66
Şekil 4.12	: Sıcaklık / RH Akıllı Sensör.....	67
Şekil 4.13	: Güneş Radyasyon Kalkanı.....	67
Şekil 4.14	: Silikon Pyranometre Akıllı Sensör.....	67
Şekil 4.15	: Testo 350/454 ölçüm aleti.....	68
Şekil 4.16	: Hot wire anemometre.....	68
Şekil 4.17	: Güneş bacası ve normal bacada kullanılan problemlerin farklı motor devir sayılı rüzgar tünelineki göstermiş oldukları sıcaklık değerleri.....	69
Şekil 4.18	: Güneş bacası ve normal bacada kullanılan problemlerin farklı motor devir sayılı rüzgar tünelineki göstermiş oldukları hava akım hızı değerleri.....	69
Şekil 4.19	: Her iki alt baca ağzında 29.07.2004 tarihinde yapılan deneyin ölçüm yerlerini gösteren baca kesiti ve mekan içindeki kanal ağzı açıklıkları.....	70
Şekil 4.20	: Güneş bacasının alt baca ağzında normal baca ile aynı zamanda, 29.07.2004 tarihinde yapılan hava hızı ölçümü (m/s).....	71
Şekil 4.21	: Normal bacanın alt baca ağzında güneş bacası ile aynı zamanda, 29.07.2004 tarihinde yapılan hava hızı ölçümü (m/s).....	71
Şekil 4.22	: Her iki alt kanal ağzında 29.07.2004 tarihinde yapılan deneyin ölçüm yerlerini gösteren baca kesiti ve mekan içindeki kanal ağzı açıklıkları.....	72
Şekil 4.23	: Güneş bacasının alt kanal ağzında normal baca ile aynı zamanda, 29.07.2004 tarihinde yapılan hava hızı ölçümü (m/s)...	72
Şekil 4.24	: Güneş bacasının alt kanal ağzında normal baca ile aynı zamanda, 29.07.2004 tarihinde yapılan sıcaklık ölçümü (°C).....	72
Şekil 4.25	: Normal bacanın alt kanal ağzında güneş bacası ile aynı zamanda, 29.07.2004 tarihinde yapılan hava hızı ölçümü (m/s)...	73

Şekil 4.26	Normal bacanın alt kanal ağzında güneş bacası ile aynı zamanda, 29.07.2004 tarihinde yapılan sıcaklık ölçümü (°C).....	73
Şekil 4.27	: Aynı anda yapılan iç mekan ölçümleri sırasında 29.07.2004 tarihinde yapılan dış mekan güneş radyasyonu ölçümü (W/m ²)...	73
Şekil 4.28	: Aynı anda yapılan iç mekan ölçümleri sırasında 29.07.2004 tarihinde yapılan dış mekan rüzgar hızı ölçümü (m/s).....	74
Şekil 4.29	: Aynı anda yapılan iç mekan ölçümleri sırasında 29.07.2004 tarihinde yapılan dış mekan sıcaklık ölçümü (°C).....	74
Şekil 4.30	: Aynı anda yapılan iç mekan ölçümleri sırasında 29.07.2004 tarihinde yapılan dış mekan nem değeri (RH%).....	74
Şekil 4.31	: Güneş bacasının alt baca ağzında 29.07.2004 tarihinde yapılan deneyin ölçüm yerlerini gösteren baca kesiti ve mekan içindeki kanal ağzı açıklığı.....	75
Şekil 4.32	: Güneş bacasının alt baca ağzında 29.07.2004 tarihinde yapılan hava hızı ölçümünün dış mekan rüzgar hızı ile karşılaştırılması....	75
Şekil 4.33	: Normal bacanın alt baca ağzında 29.07.2004 tarihinde yapılan deneyin ölçüm yerlerini gösteren baca kesiti ve mekan içindeki kanal ağzı açıklığı.....	76
Şekil 4.34	: Normal bacanın alt baca ağzında 29.07.2004 tarihinde yapılan hava hızı ölçümünün dış mekan rüzgar hızı ile karşılaştırılması...	76
Şekil 4.35	: Her iki üst kanal ağzında 29.07.2004 tarihinde yapılan deneyin ölçüm yerlerini gösteren baca kesiti ve mekan içindeki kanal ağzı açıklıkları.....	77
Şekil 4.36	: Güneş bacasının üst kanal ağzında normal baca ile aynı zamanda, 29.07.2004 tarihinde yapılan hava hızı ölçümü (m/s)...	77
Şekil 4.37	: Normal bacanın üst kanal ağzında güneş bacası ile aynı zamanda, 29.07.2004 tarihinde yapılan hava hızı ölçümü (m/s)...	78
Şekil 4.38	: Her iki üst baca ağzında 29.07.2004 tarihinde yapılan deneyin ölçüm yerlerini gösteren baca kesiti ve mekan içindeki kanal ağzı açıklıkları.....	78
Şekil 4.39	: Güneş bacasının üst baca ağzında normal baca ile aynı zamanda, 29.07.2004 tarihinde yapılan hava hızı ölçümü (m/s)...	79
Şekil 4.40	: Normal bacanın üst baca ağzında güneş bacası ile aynı zamanda, 29.07.2004 tarihinde yapılan hava hızı ölçümü (m/s)...	79
Şekil 4.41	: Güneş bacasının üst baca ağzında 29.07.2004 tarihinde yapılan deneyin ölçüm yerlerini gösteren baca kesiti ve mekan içindeki kanal ağzı açıklığı.....	80
Şekil 4.42	: Güneş bacasının üst baca ağzında 29.07.2004 tarihinde yapılan hava hızı ölçümü (m/s).....	80
Şekil 4.43	: Normal bacanın üst baca ağzında 29.07.2004 tarihinde yapılan deneyin ölçüm yerlerini gösteren baca kesiti ve mekan içindeki kanal ağzı açıklığı.....	81
Şekil 4.44	: Normal bacanın üst baca ağzında 29.07.2004 tarihinde yapılan hava hızı ölçümü (m/s).....	81
Şekil 4.45	: Normal bacanın üst kanal ağzında 30.07.2004 tarihinde yapılan deneyin ölçüm yerlerini gösteren baca kesiti ve mekan içindeki kanal ağzı açıklığı.....	82
Şekil 4.46	: Normal bacanın üst kanal ağzında 30.07.2004 tarihinde yapılan hava hızı ölçümü (m/s).....	82

Şekil 4.47 : Güneş bacasının üst kanal ağzında 31.07.2004 tarihinde yapılan deneyin ölçüm yerlerini gösteren baca kesiti ve mekan içindeki kanal ağzı açıklığı.....	83
Şekil 4.48 : Güneş bacasının üst kanal ağzında 31.07.2004 tarihinde yapılan hava hızı ölçümü (m/s).....	83
Şekil 4.49 : Güneş bacasının alt kanal ağzında 01.08.2004 tarihinde yapılan deneyin ölçüm yerlerini gösteren baca kesiti ve mekan içindeki kanal ağzı açıklığı.....	84
Şekil 4.50 : Güneş bacasının alt kanal ağzında 01.08.2004 tarihinde yapılan hava hızı ölçümü (m/s).....	84
Şekil 4.51 : Normal bacanın alt kanal ağzında 02.08.2004 tarihinde yapılan deneyin ölçüm yerlerini gösteren baca kesiti ve mekan içindeki kanal ağzı açıklığı.....	85
Şekil 4.52 : Normal bacanın alt kanal ağzında 02.08.2004 tarihinde yapılan hava hızı ölçümü (m/s).....	86
Şekil 4.53 : Normal bacanın alt kanal ağzında 03-04.08.2004 tarihlerinde yapılan deneyin ölçüm yerlerini gösteren baca kesiti ve mekan içindeki kanal ağzı açıklığı.....	87
Şekil 4.54 : Normal bacanın alt kanal ağzında 03-04.08.2004 tarihlerinde yapılan hava hızı ölçümü (m/s).....	87
Şekil 4.55 : Güneş bacasının alt kanal ağzında 04-05.08.2004 tarihlerinde yapılan deneyin ölçüm yerlerini gösteren baca kesiti ve mekan içindeki kanal ağzı açıklığı.....	88
Şekil 4.56 : Güneş bacasının alt kanal ağzında 04-05.08.2004 tarihlerinde yapılan hava hızı ölçümü (m/s).....	88
Şekil 4.57 : Güneş bacasının üst kanal ağzında 05-06.08.2004 tarihlerinde yapılan deneyin ölçüm yerlerini gösteren baca kesiti ve mekan içindeki kanal ağzı açıklığı.....	89
Şekil 4.58 : Güneş bacasının üst kanal ağzında 05-06.08.2004 tarihlerinde yapılan hava hızı ölçümü (m/s).....	90
Şekil 4.59 : Normal bacanın üst kanal ağzında 06-07.08.2004 tarihlerinde yapılan deneyin ölçüm yerlerini gösteren baca kesiti ve mekan içindeki kanal ağzı açıklığı.....	91
Şekil 4.60 : Normal bacanın üst kanal ağzında 06-07.08.2004 tarihlerinde yapılan hava hızı ölçümü (m/s).....	91
Şekil 4.61 : Normal bacanın üst baca ağzında 07.08.2004 tarihinde yapılan deneyin ölçüm yerlerini gösteren baca kesiti ve mekan içindeki kanal ağzı açıklığı.....	92
Şekil 4.62 : Normal bacanın üst baca ağzında 07.08.2004 tarihinde yapılan hava hızı ölçümü (m/s).....	92
Şekil 4.63 : Güneş bacasının üst baca ağzında 07.08.2004 tarihinde yapılan deneyin ölçüm yerlerini gösteren baca kesiti ve mekan içindeki kanal ağzı açıklığı.....	93
Şekil 4.64 : Güneş bacasının üst baca ağzında 07.08.2004 tarihinde yapılan hava hızı ölçümü (m/s).....	93
Şekil 4.65 : Her iki üst baca ağzında 07.08.2004 tarihinde yapılan deneyin ölçüm yerlerini gösteren baca kesiti ve mekan içindeki kanal ağzı açıklıkları.....	94
Şekil 4.66 : Güneş bacasının üst baca ağzında normal baca ile aynı zamanda, 07.08.2004 tarihinde yapılan hava hızı ölçümü (m/s)..	94

Şekil 4.67 : Normal bacanın üst baca ağzında güneş bacası ile aynı zamanda, 07.08.2004 tarihinde yapılan hava hızı ölçümü (m/s)..	94
Şekil 4.68 : Her iki üst kanal ağzında 07.08.2004 tarihinde yapılan deneyin ölçüm yerlerini gösteren baca kesiti ve mekan içindeki kanal ağzı açıklıkları.....	95
Şekil 4.69 : Güneş bacasının üst kanal ağzında normal baca ile aynı zamanda, 07.08.2004 tarihinde yapılan hava hızı ölçümü (m/s)..	95
Şekil 4.70 : Normal bacanın üst kanal ağzında güneş bacası ile aynı zamanda, 07.08.2004 tarihinde yapılan hava hızı ölçümü (m/s)..	96
Şekil 4.71 : Her iki alt baca ağzında 07.08.2004 tarihinde yapılan deneyin ölçüm yerlerini gösteren baca kesiti ve mekan içindeki kanal ağzı açıklıkları.....	96
Şekil 4.72 : Güneş bacasının alt baca ağzında normal baca ile aynı zamanda, 07.08.2004 tarihinde yapılan hava hızı ölçümü (m/s).....	97
Şekil 4.73 : Normal bacanın alt baca ağzında güneş bacası ile aynı zamanda, 07.08.2004 tarihinde yapılan hava hızı ölçümü (m/s).....	97
Şekil 4.74 : Her iki alt kanal ağzında 07.08.2004 tarihinde yapılan deneyin ölçüm yerlerini gösteren baca kesiti ve mekan içindeki kanal ağzı açıklıkları.....	98
Şekil 4.75 : Güneş bacasının alt kanal ağzında normal baca ile aynı zamanda, 07.08.2004 tarihinde yapılan hava hızı ölçümü (m/s)..	98
Şekil 4.76 : Normal bacanın alt kanal ağzında güneş bacası ile aynı zamanda, 07.08.2004 tarihinde yapılan hava hızı ölçümü (m/s)..	98
Şekil 4.77 : Güneş bacasının alt baca ağzında 07.08.2004 tarihinde yapılan deneyin ölçüm yerlerini gösteren baca kesiti ve mekan içindeki kanal ağzı açıklığı.....	99
Şekil 4.78 : Güneş bacasının alt baca ağzında 07.08.2004 tarihinde yapılan hava hızı ölçümü (m/s).....	99
Şekil 4.79 : Normal bacanın alt baca ağzında 07.08.2004 tarihinde yapılan deneyin ölçüm yerlerini gösteren baca kesiti ve mekan içindeki kanal ağzı açıklığı.....	100
Şekil 4.80 : Normal bacanın alt baca ağzında 07.08.2004 tarihinde yapılan hava hızı ölçümü (m/s).....	100
Şekil 4.81 : Her iki üst kanal ağzında 04-05.09.2004 tarihinde yapılan deneyin ölçüm yerlerini gösteren baca kesiti ve mekan içindeki kanal ağzı açıklıkları.....	101
Şekil 4.82 : Güneş bacasının üst kanal ağzında normal baca ile aynı zamanda 04-05.09.2004 tarihinde yapılan hava hızı ölçümü (m/s).....	101
Şekil 4.83 : Normal bacanın üst kanal ağzında güneş bacası ile aynı zamanda, 04-05.09.2004 tarihinde yapılan hava hızı ölçümü (m/s).....	102
Şekil 4.84 : Her iki üst kanal ağzında 22.09.2004 tarihinde yapılan deneyin ölçüm yerlerini gösteren baca kesiti ve mekan içindeki kanal ağzı açıklıkları.....	103
Şekil 4.85 : Güneş bacasının ve normal bacanın üst kanal ağzında aynı zamanda, 22.09.2004 tarihinde yapılan hava hızı ölçümü (m/s)...	104
Şekil 4.86 : Güneş bacasındaki cam yüzeyinin 22.09.2004 tarihli ölçümde saatler bazında güneşlenme durumu.....	105
Şekil 4.87 : Binaya yukarıdan bakıldığında 22.09.2004 tarihli ölçümde saatler bazında yaptığı gölgeler.....	106

Şekil 4.88 : Güneş bacasının üst kanal ağzındaki açıklıkların alanları değiştirilerek 30.09.2004 tarihinde yapılan deneyin ölçüm yerlerini gösteren baca kesiti ve mekan içindeki kanal ağzı açıklıkları.....	107
Şekil 4.89 : Güneş bacasının üst kanal ağzındaki 339.6, 226.4, 113.2 cm ² lik açıklıklarda 30.09.2004 tarihinde yapılan hava hızları ölçümü (m/s).....	107
Şekil 4.90 : Her iki üst kanal ağzında 27.10.2004 tarihinde yapılan deneyin ölçüm yerlerini gösteren baca kesiti ve mekan içindeki kanal ağzı açıklıkları.....	108
Şekil 4.91 : Güneş bacasının ve normal bacanın üst kanal ağzında aynı zamanda, 27.10.2004 tarihinde yapılan hava hızı ölçümü (m/s)....	109

SEMBOL LİSTESİ

v'	: Bacadaki havanın hızı (m/s)
g	: Yerçekimi hızlandırması
H_o	: Baca etkin yüksekliği (m)
T_1	: Bacadaki havanın mutlak sıcaklığı
T_o	: Dış havanın mutlak sıcaklığı
a	: Havalandırma bacası kesit alanı (m ²)
Q	: Değişen hava miktarı (m ³ /s)
L	: Bacanın uzunluğu (m)
s	: Cam ile duvar arasındaki uzaklık (-)
ϕ	: Bacanın eğimi (°)
w	: Bacanın genişliği (m)
A	: Giriş ve çıkış açıklık alanı (m ²)
C_{di}, C_{do}	: Giriş ve çıkış boşaltım katsayısı (-)
n	: Blokların sayısı (-)
α	: Işınımın emilmesi
ε	: Işınımın yansıtılması
τ	: Işınımın geçirgenliği
F	: Işınım biçim faktörü
U_b	: Duvarda beslenen tüm iletim ısı transfer katsayısı (W/m ² K)
c_p	: Havanın özgül ısısı (J/kgK)
ν	: Havanın dinamik akışmazlığı (=dynamic viscosity)
k	: Havanın ısı iletkenliği
β	: Genleşmenin hacim katsayısı (1/K)
T	: Sıcaklık (K)
h	: Isı transfer katsayısı (W/m ² K)
q	: Isı akışı (=heat flux) (W/m ²)
m	: Kütleli akış oranı (kg/s)
σ	: Stefan-Boltzmann sabiti (W/m ² K ⁴)

Alt indisler

s, r, c, cd	: Güneş, radyasyon, taşınım (=convective), iletim (=conductive)
a	: Absorbe edilmiş enerji
(wf)	: Duvar ile akışkan
(wg)	: Duvar ile cam
(ge)	: Cam ile dış çevre
w, g, f, e	: Duvar, cam, akışkan, dış çevre
a, b, c	: Katman numarası
(i)	: Blok numarası

GÜNEŞ ENERJİSİ KAZANIMLARINA DAYALI GÜNEŞ BACALARININ DOĞAL HAVALANDIRMA VE SOĞUTMA SİSTEMİNE ETKİLERİNİN DENEYSEL YOLLA İNCELENMESİ

ÖZET

Yapma çevrede (ısıtma ve soğutma açısından) iklimlendirme enerjisinin insan konfor düzeyi açısından çok önemli olduğunu bilinmektedir. Bu yüzden gelişmiş ülkelerde optimum bir seviye sağlanması açısından enerji sarfiyatı da (iklimsel faktör de unutulmamak kaydıyla) yüksek oranlara ulaşmaktadır. Özellikle küresel ısınma sonucunda olabilecek etkilerin tahmininin yapılması sonucunda ılımlı iklim kuşağında olan ülkemizde de ısıtma oranında soğutma ihtiyacının da artacağı ortaya çıkmaktadır. Böylelikle pasif soğutma ve ısıtma sistemlerinin doğal olarak sağlanabileceği ve fosil yakıtlara olan ihtiyacımızı azaltacak şekilde bina tasarımı yapılmak ve bina kabuğuna ek elemanlar kullanmak şart olmuştur. Bu elemanlardan biride güneş enerjisi kazanımlarına dayalı güneş bacalarıdır.

Güneş bacalarının yapılarda kullanılması doğal havalandırma olanağı sağlar ve böylece iç mekan hava kalitesinde iyileşmeler görülür. Klasik bacalara benzemesine rağmen güney duvarlarında cam ile birlikte konumlandırılır.

Pasif soğutma-ısıtma sistemlerinin faydalandığı temel elemanlar doğal ve sürekli kaynak olarak güneş ve rüzgar, kullanılan yardımcı eleman olarak cam ve ısı absorbe eden kütledir. Güneş bacalarının da bu temel elemanlar kullanılarak çalışma düzeneği açısından iki önemli kuralı vardır. 1* Isınan havanın yükselmesi, 2* Güneş bacasının vakum etkisinin, yüksekliği ve alt-üst noktası arasındaki sıcaklık farkı değerinin artışı ile doğru orantılı olmasıdır. Güneş bacaları bu iki temel ilkeyi içinde bulunduran bir sistemdir. Böylelikle bacanın cam yüzeyi ile arttırılan sıcaklıkla, mekan içinde ki hava değişim oranı arttırılarak doğal havalandırma sağlanır.

Tez çalışmasında ilk olarak pasif soğutma hakkında araştırma yapıldı. Daha sonra ikinci aşamada güneş bacaları ile ilgili konuya ilişkin tüm veriler toplandı. Doğal soğutmada geleneksel sistemlerde baca faktörünün nasıl kullanıldığı tespit edilerek tarihsel içerik kazandırıldı. Güneş bacalarının tüm kullanım alanları araştırıldı ve binalardaki kullanım yerlerine göre ayrıntılı olarak anlatıldı. Üçüncü aşamada, mevcut olan güneş evine güneş bacası ve bir normal baca eklendi. Planlanan çalışmada güneş bacalarının pasif soğutmaya etkisi; mevcut bir binaya güneş bacası ve normal bir baca ilave edilerek, iç mekan kanal ağzı hava hareketi hızları ve hava sıcaklıklarının ölçümlenmesi ile ortaya kondu. (Tüm deneyler ITU Makine Fak. bahçesindeki mevcut bir güneş evine normal baca ve güneş bacası eklenerek gerçekleştirildi). Tez çalışmasının son aşamasında da deney sonuçları ile literatür sonuçları ortak olarak birlikte değerlendirildi.

AN EXPERIMENTAL STUDY OF SOLAR CHIMNEYS WHICH DEPEND ON SOLAR ENERGY GAINS EFFECT ON NATURAL VENTILATION AND COOLING SYSTEMS

SUMMARY

Air conditioning energy (heating and cooling) is so important in terms of human comfort level. That's why as providing acceptable optimal standards, developed countries' energy consumption have reached to high rates (do not forget climatic factor constraints). Especially, having estimated world global heating impacts, researchers have taken into account that cooling requirements are as high as heating requirements in our country. Therefore, we should design buildings optimally and add supplement materials on building envelope so as to supply both passive cooling-heating systems naturally and decrease requirements of fossil fuel. One of the supplement apparatus which is depended on solar energy gains is a solar chimney.

The use of solar chimneys in buildings is one way to increment natural ventilation and, as a consequence, to improve indoor air quality. They are similar to conventional chimneys except that the south wall is replaced by a glazing.

Passive cooling-heating system based on the harnessing of solar and wind power is presented for heat dissipation in air conditioning facilities. Glazing and heat absorber insulating mass which are main components have been used in these systems. Being used main components, solar chimneys have two important rule in terms of working mechanism. 1* Heated air go up to upper part. 2* Stack effect is directly proportional chimney's height. In the other words, an increment temperature difference between upper and lower height point of the solar chimney enhances stack effect output. Solar chimneys comprise of these two main aims. In this way, being increased chimney temperature through glazing surface of chimneys, it provides natural ventilation by means of enhancing air change ratio in the room.

In the thesis study; firstly, passive cooling was researched. Secondly, related all information that connected with solar chimneys were collected. Chimney factor was determined at the naturally ventilated conventional systems and historical process that was composed. Solar chimneys were explored detailly in architectural usage area by classificating, after all usage field was determined about solar chimneys. Thirdly, solar and conventional chimney were built by adding on available solar house. Solar chimney effects were explored on the natural cooling impacts by comparing with the same dimension conventional chimneys. Air flow velocity, temperature values and dimension measurements were considered at the room and canal mouth. (These whole experiments were realized by adding solar and conventional chimney on the available solar house in the Machine Faculty's garden of ITU) Finally, the experiment and source document's results were evaluated in thesis project.

1. GİRİŞ

Yapma çevrede (ısıtma ve soğutma açısından) iklimlendirme enerjisinin insan konfor düzeyi açısından çok önemli olduğunu bilinmektedir. Bu yüzden gelişmiş ülkelerde optimum bir seviye sağlanması açısından enerji sarfiyatı da (iklimsel faktör de unutulmamak kaydıyla) yüksek oranlara ulaşmaktadır. Özellikle küresel ısınma sonucunda olabilecek etkilerin tahmininin yapılması sonucunda ılımlı iklim kuşağında olan ülkemizde de ısıtma oranında soğutma ihtiyacının da artacağı ortaya çıkmaktadır. Böylelikle pasif soğutma ve ısıtma sistemlerinin doğal olarak sağlanabileceği ve fosil yakıtlara olan ihtiyacımızı azaltacak şekilde bina tasarımı yapılmak ve bina kabuğuna ek elemanlar kullanmak şart olmuştur. Bu elemanlardan biride güneş enerjisi kazanımlarına dayalı güneş bacalarıdır.

Güneş bacalarının yapılarda kullanılması doğal havalandırma olanağı sağlar ve böylece iç mekan hava kalitesinde iyileşmeler görülür. Klasik bacalara benzemesine rağmen güney duvarlarında cam ile birlikte konumlandırılır.

Pasif soğutma-ısıtma sistemlerinin faydalandığı temel elemanlar doğal ve sürekli kaynak olarak güneş ve rüzgar, kullanılan yardımcı eleman olarak cam ve ısı absorbe eden kütledir. Güneş bacalarının da bu temel elemanlar kullanılarak çalışma düzeneği açısından iki önemli kuralı vardır: 1* *Isınan havanın yükselmesi*: Yani gelen güneş ışınımının güneş bacasının cam yüzeyinden geçerek baca hacmi içerisindeki havanın sıcaklığını arttırarak yükselmesini sağlamak. Bu dikey yer değiştirme esnasında binanın içindeki hava çekilerek, bu işlemin güneş ışınımının miktarıyla doğru orantılı olarak devamının sağlanmasıyla binanın doğal havalandırmasını sağlamaktır. 2* *Güneş bacasının vakum etkisinin, yüksekliği ve alt-üst noktası arasındaki sıcaklık farkı değerinin artışı ile doğru orantılı olmasıdır*. Güneş bacaları bu iki temel ilkeyi içinde bulunduran bir sistemdir.

Dünyada kullanım amaçlarına göre ve kullanılacak yere göre (baca yüksekliği ve formu – kullanılan cam alanının miktarı ve yeri bakımından) değişik form ve şekillere girebilmektedir. Ayrıca güneş bacaları, son yıllarda kurutma alanında ve boyutları arttırılarak büyük miktarda elektrik üretimi alanında da kullanılmaktadır.

Güneş bacalarının yapıda kullanılış yerlerine göre sınıflandırmasını yaparsak eğer; A) Duvarda B) Çatıda D) Duvarda Eğimli E) Çatıda Eğimli olmak üzere çeşitlilikleri bulunmaktadır. Bizim bu literatür içinde araştırmasını yapacağımız güneş bacası tipi A) Duvarda kullanılan tip olacaktır. İ.T.Ü Makine Fakültesi'ndeki mevcut güneş evi projesinin güney duvarına güneş bacası ve bir normal baca eklenerek, güneş bacalarının pasif doğal soğutmaya etkisi binalarda aynı boyuttaki normal bir baca ile karşılaştırılacak; iç mekan ve kanal ağzı, hava akım hızları, sıcaklık değerleri ve boyutlarının etkileri dış mekan verileriyle birlikte değerlendirilerek karşılaştırılacaktır.

Binaların doğal ventilasyonu konusunda en etkili araçlardan biri olan güneş bacası, bilimsel açıdan ülkemizde yapılacak ilk çalışma olup, bu alanda bir giriş niteliği taşıyacaktır. Bu konuda ki yabancı literatürlerde yapılan araştırmalarda 1990 dan itibaren çalışmalar görülmüştür, pasif doğal soğutmadaki etkisinin eski sistemlerden yaklaşık iki kat, hatta baca boyutlarının artmasıyla sürekli daha da arttığı ispatlanmıştır.

Ulusal ekonomiye getireceği fayda ise özellikle yaz aylarında gerekli olan soğutma enerjisine gerek duyulmaksızın binaların havalandırılması bu sistemle masrafsız olarak sağlanabilecektir. Böylelikle soğutma enerjisine ve giderekte küresel ısınma ile daha da artan boyutta gereksinimimize ihtiyacımız kalmayacaktır.

2. PASİF SOĞUTMA

Yılın en fazla ısınan yaz periyodunda termal konfor ve dolayısıyla soğutmayı sağlamak için binalar üç aşamada dizayn edilir.

Birinci aşama aşırı ısınmadan kaçınmaktır. Bu aşamada tasarımcı binadaki ısı kazancını minimize etmek için elinden geleni yapmalıdır. Stratejiler ise gölgeleme, yönlenme, renk, bitki örtüsü, yalıtım, gün ışığı, iç mekan ısı kaynaklarının kontrolü gibi faktörlerin uygun kullanımından oluşmaktadır.

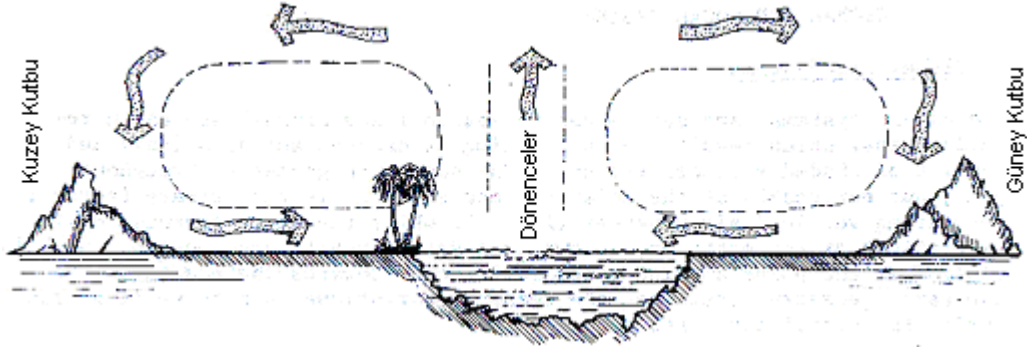
Tamamiyle tüm yaz boyunca ısınmadan kaçınma mümkün olmadığı için; ikinci aşamadaki çözüm ise pasif soğutmadır. Pasif soğutma yalnız ısının minimize edilmesinde kullanılmaz aynı zamanda rüzgarın yönünü değiştirerek vantilasyonu sağlamakta kullanılır.

Birçok iklimde termal konforu sağlamak için ısıdan kaçınma ve pasif soğutma yeterli olamamaktadır. Bu sebepten dolayı üçüncü aşamadaki çözüm için mekanik araçlar gereklidir. Buradaki dizayn aşamaları en mantıklı olanlarıdır. Isıdan kaçınma ve pasif soğutma yeterli olamıyorsa çok az miktarda ek enerji kullanmakta fayda vardır. **(Lechner, 1991)**

2.1. Küresel ve bölgesel ölçekteki hava sistemleri

2.1.1. Küresel hava sistemleri

Küresel hava sistemleri sezonsal olarak ya da günlük dünya-güneş arasındaki; gölgede kalan yüzeylerin soğumasından (gece) ve ışığa maruz kalan yüzeylerin ısınmasından (gündüz) meydana gelen ilişkiye bağlıdır. Dikey hava hareketinde tüm yıl boyunca güneş-dünya arasındaki geometri de gündönümleri (=solstices) ve ekinoks'lar başlıca faktörlerdir (Şekil 2.1). Dünyanın kendi aksında saat yönünün tersinde günlük devirleri yanal (=lateral) hareketleri oluşturur, bu da kutuplarda minimum ve ekvatora doğru artan hızdadır. Güneş ve dünya arasındaki geometri hem dikey hem de yatay küresel hava sistemlerindeki değişikliği belirler.

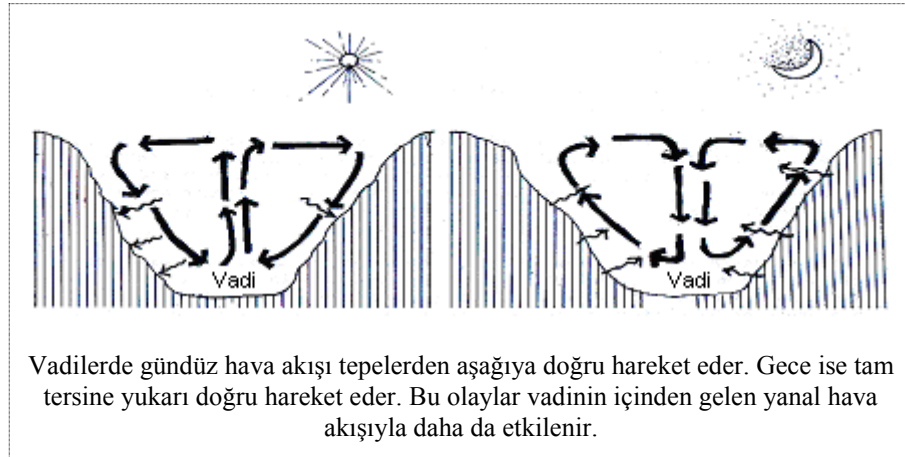


Şekil 2.1. Dünyanın atmosferindeki küresel hava hareketi. Bowen and Yannas (1985)

2.1.2. Bölgesel hava sistemleri

Bölgesel hava sistemleri, her şeyden önce topografya, bulunan kıtasal bölge ve şehirleşme ile belirlenir.

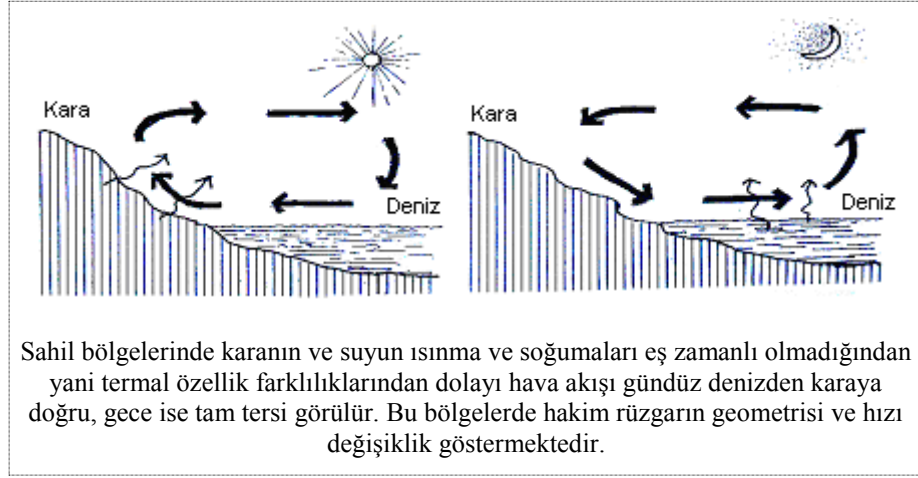
Topografya: Kıtasal bölgelerdeki yüzey örtü materyallerinin termal karakteristikleri ve biçimleri (tepe eğimleri, vadiler, ovalar) bölgesel hava sistemlerinin yönlerinde değişikliğe sebep olacaktır. İzohips eğrileri ve yüzeylerin eşit olmayan düzeyde ısınma ve soğumaları bölgesel iklimi ve çevredeki hava etkilerini geniş miktarda etkiler (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Vadilerde gündüz ve gece hava hareketi. Bowen and Yannas (1985)

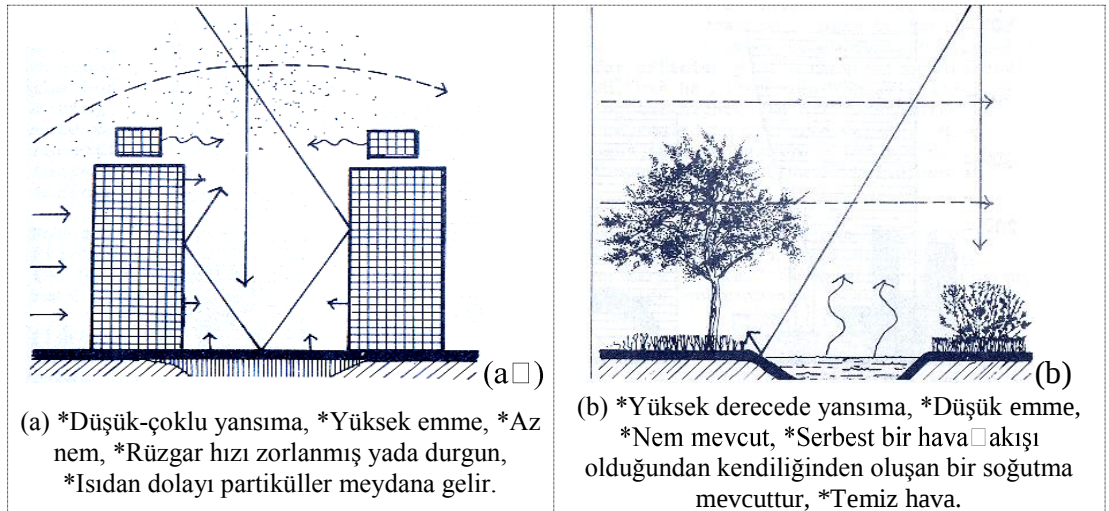
Bulunulan kıtasal bölge: Kara ve su kütleleri arasındaki ilişki aynı zamanda radikal bir şekilde daha büyük bölgesel hava sistemlerini değiştirebilir. Geniş kara kütlelerinin merkezindeki bir bölgede büyük miktarda ısıtım kazanımları ve kayıpları oluşmaktadır. Böylece geniş ölçüde günlük sıcaklık farklılıkları, yön etkisi ve kısa zaman aralıklarında hava hızları ve sıklıkları da artmaktadır. Geniş kara ve su kütlesi (göller, deniz kenarları) bir araya geldikleri zaman ise gece ve gündüz arasında bölgesel sistemin var olan yönünde büyük farklılıklar meydana gelmektedir. Sonuç

olarak yön; hakim rüzgar ve bölgesel rüzgarın ikisinin cebirsel toplamından oluşmaktadır (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. Sahil bölgelerinde gece ve gündüz hava hareketi. Bowen and Yannas (1985)

Şehirleşme: Hava hareketinin hızı ve yönü için daha başka komplike etmenler vardır. Bu etmenlerde baskın olanları biçimsel özellikler (=yapı bilgisi), zemin yüzeyinin yumuşaklık ve sertlik derecesi, yönlenme, materyallerin açığa çıkarttığı radyasyon, bitkiler, binaların-insanların aktiviteleri ve yoğunluklarıdır. Kentsel ve kırsal durumları yan yana karşılaştırmasını yaparsak, oluşan farklılıklar için prensip sebepler belirleyebiliriz (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. Şehir ve kırsal mikro iklimdeki farklılıklardan sonuçlanan bölgesel hava olayları. Bowen and Yannas (1985)

Bazı örneklerde (Mexico City, Los Angeles) bölgesel topografyadan dolayı sıcaklık tersine dönmekte ve iklimsel değişikliklerle sonuçlanmaktadır. Isının hapsedilmesi ve hava akışının yavaşlaması sonucu insan sağlığında büyük problemlere sebep

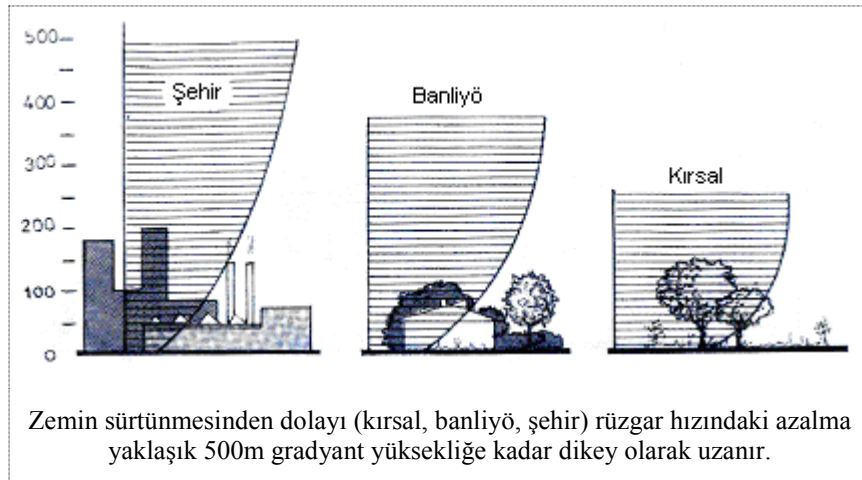
olmaktadır. Her iki örnek şehirde de yoğun olarak inmekte olan soğuk hava ve dağ sıralarıyla tuzağa düşmüş yükselmekte olan sıcak havanın durumu oluşmaktadır. Oluşan bu ısı kubbesi sonucuyla günlük ısı birikiminin daha da artması durumu ağırlaştırmaktadır (Şekil 2.5-2.6-2.7).



Şekil 2.5. Isı kubbesi sendromu. Bowen and Yannas (1985)



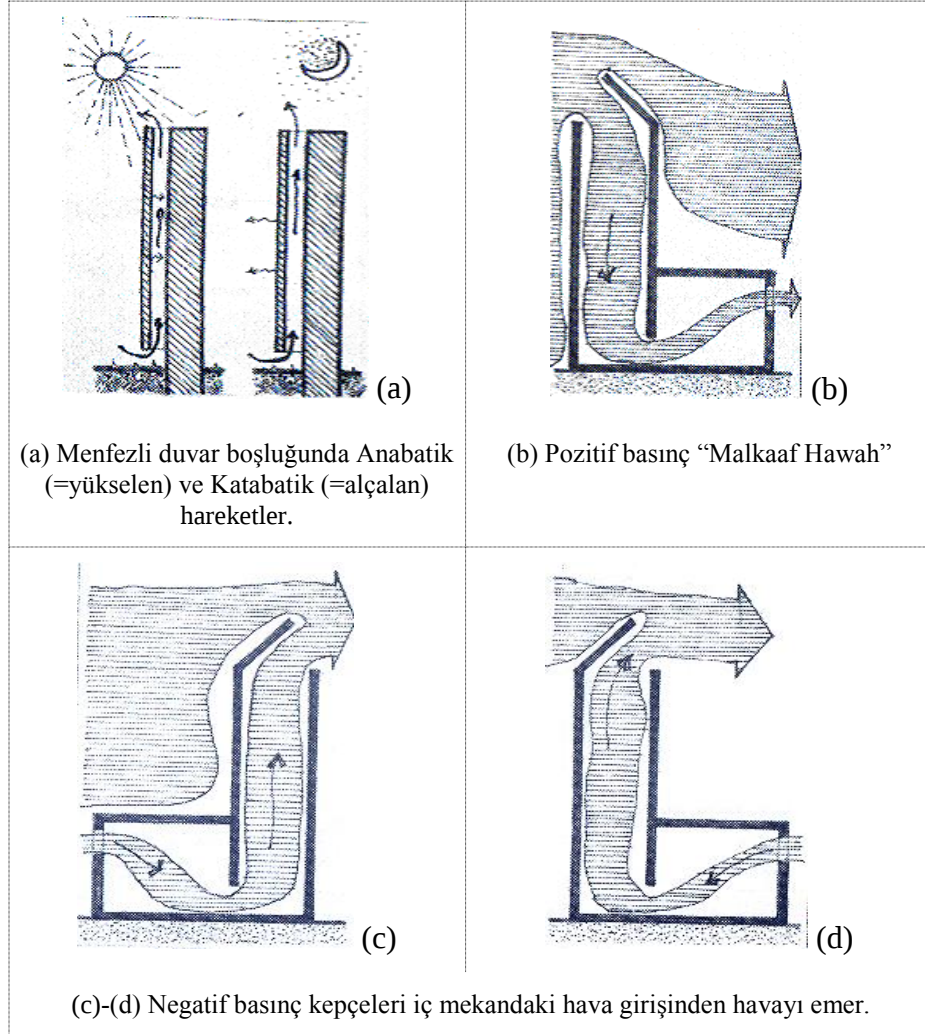
Şekil 2.6. Etrafı çevrilmiş yerleşim. Bowen and Yannas (1985)



Şekil 2.7. Zemin sürtünmesinden dolayı rüzgar hızındaki azalma. Bowen and Yannas (1985)

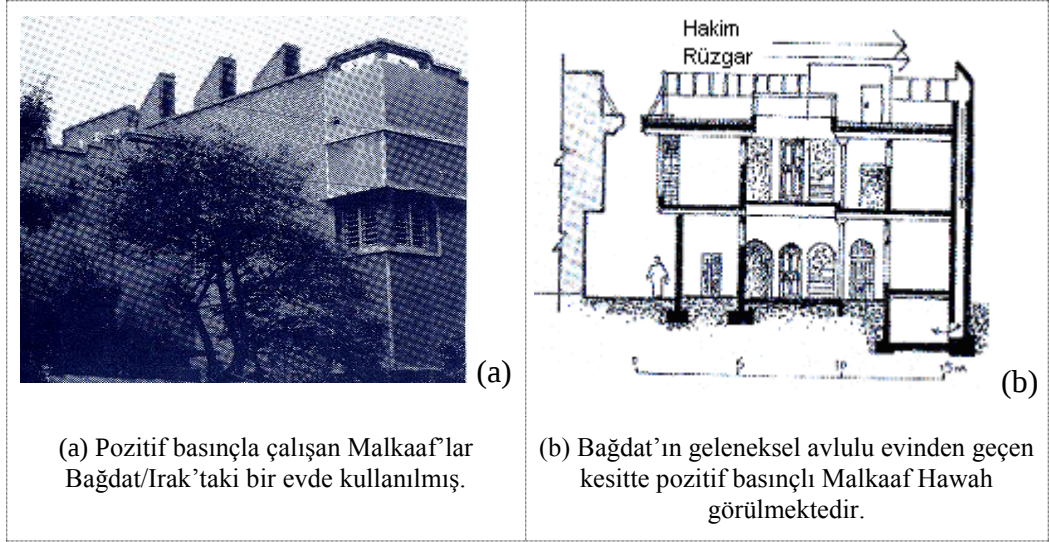
2.2 Pasif Soğutmanın Tarihsel Kullanımı

Dünyada en iyi bilinen anabatik (=yükselen) baca etkileri (Şekil 2.8a) çatı menfezleri, ateş bacaları, merdiven boşlukları, duvar boşlukları vb...’lerinden oluşur ve negatif basınçlı olanları ise rüzgar kepçeleri, testere dişli (=şed) çatıları örnek olarak gösterebiliriz (Şekil 2.8b, 8c, 8d).



Şekil 2.8. “Malkaaf Hawah” larda ki hava hareketleri. Bowen and Yannas (1985)

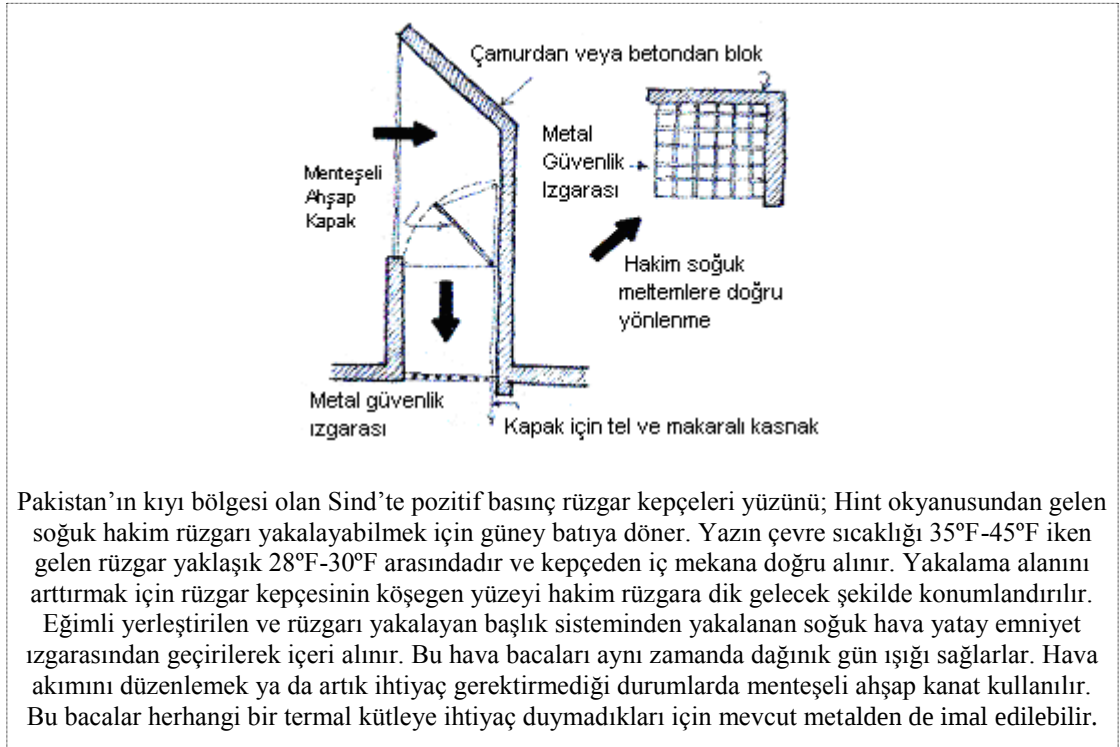
Mamafih, katabatik baca etkisi; basınçla çalışan rüzgar kepçeleri ve çift kontrollü termal bacalar aşırı ısınan ve dünyanın kurak bölgeleri olan Kuzey Afrika, Orta Doğu ve kuzey batı Asya’da görülmesine rağmen çok iyi anlaşılmamıştır. Günümüzün genel karmaşık terminolojisinden kaçınmak için, terimlerin anlaşılmasına kolaylık sağlayacağından bahsetmekte fayda var. “MALKAAF HAWAH” kelimeleri Arapça olup anlamı ise literatürde rüzgar kapanları ile aynıdır. Pozitif basınçla oluşan bu rüzgar kapanları Kuzey Afrika ve Orta Doğuda bulunur (Şekil 2.9a, 9b).



Şekil 2.9. Bağdat/İrak'taki bir evde kullanılmış pozitif basınçla çalışan Malkaaf'lar.

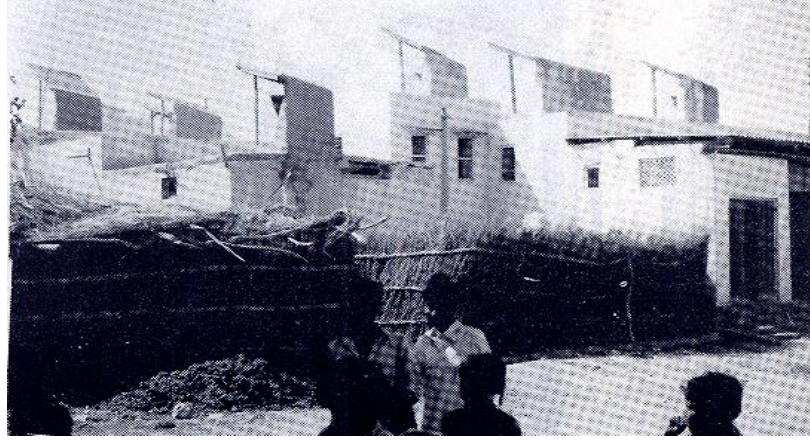
Bowen and Yannas (1985)

İranca olan “BAD-GIR” ya da “BAAD-GEER” kelimeleri İran'ın çift hareketli termal bacalarında (Şekil 2.12) ve Sind-Pakistan'daki pozitif basınçlı rüzgar kepçelerinde bulunur (Şekil 2.10, 11a, 11b, 11c).

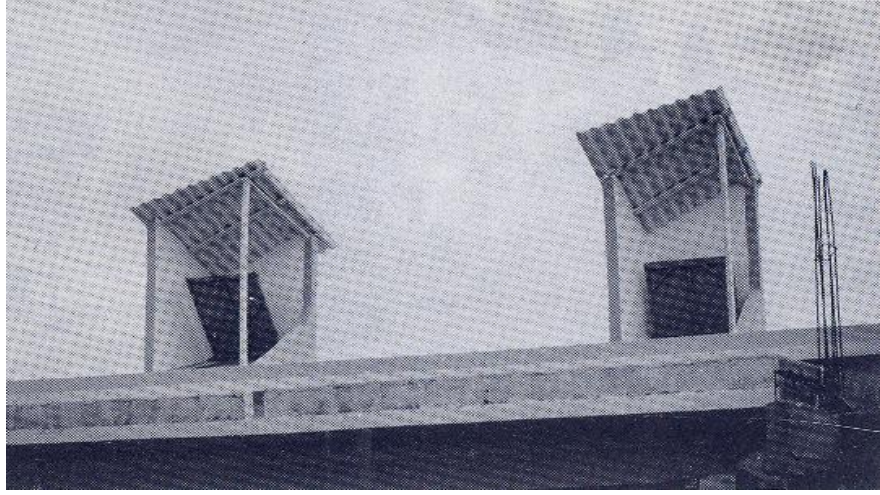


Şekil 2.10. Pakistan'ın kıyı bölgesi olan Sind'te pozitif basınç rüzgar kepçeleri.

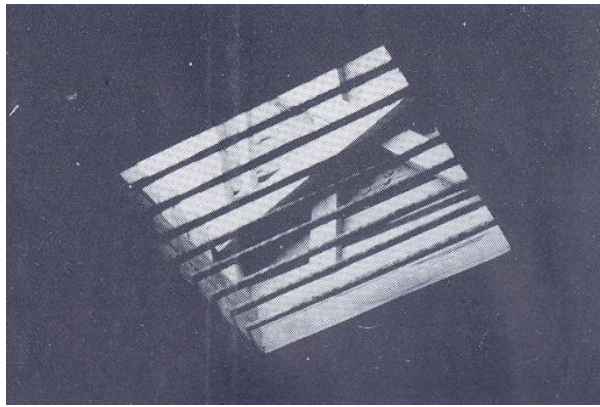
Bowen and Yannas (1985)



(a) Guuja/Sind/Pakistan'da rüzgar kepçeleri çamurdan, oluklu demir saçtan ya da ahşaptan imal edilir.

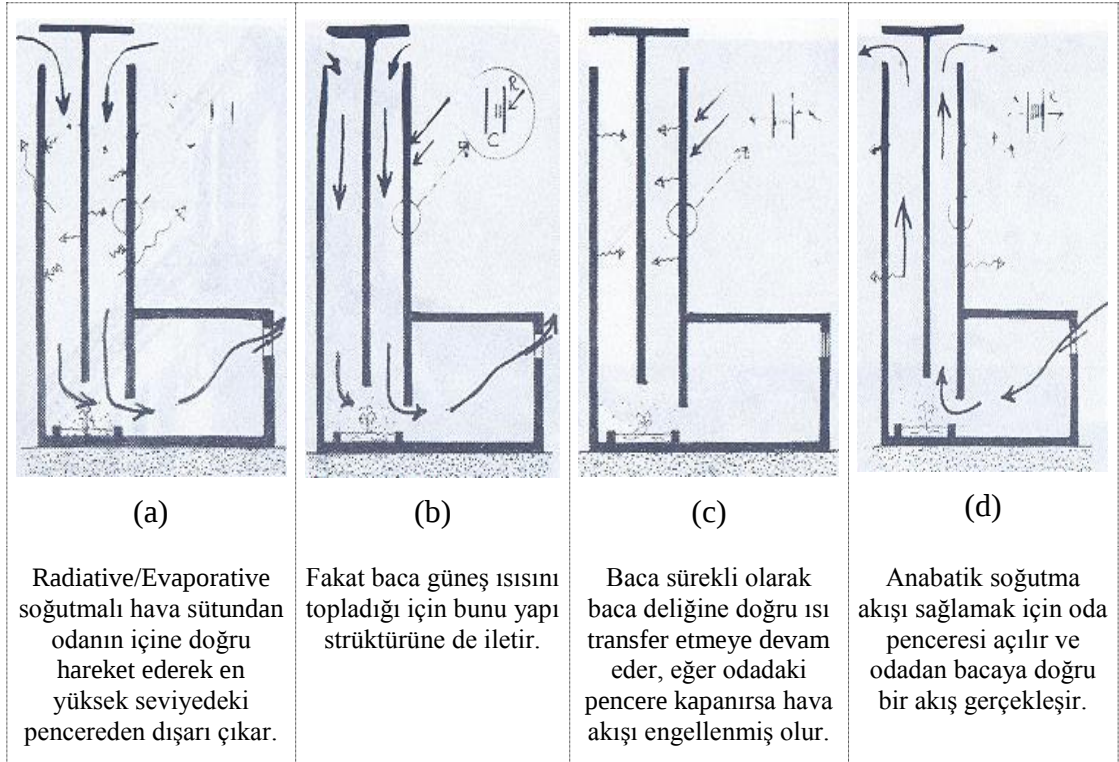


(b) Guuja/Sind/Pakistan'da ki pozitif basınç görevi yapan tipik rüzgar kepçeleri açılmış kanatlar gibidir ve Pakistan'da bunlara Baad-Geer'da denir.

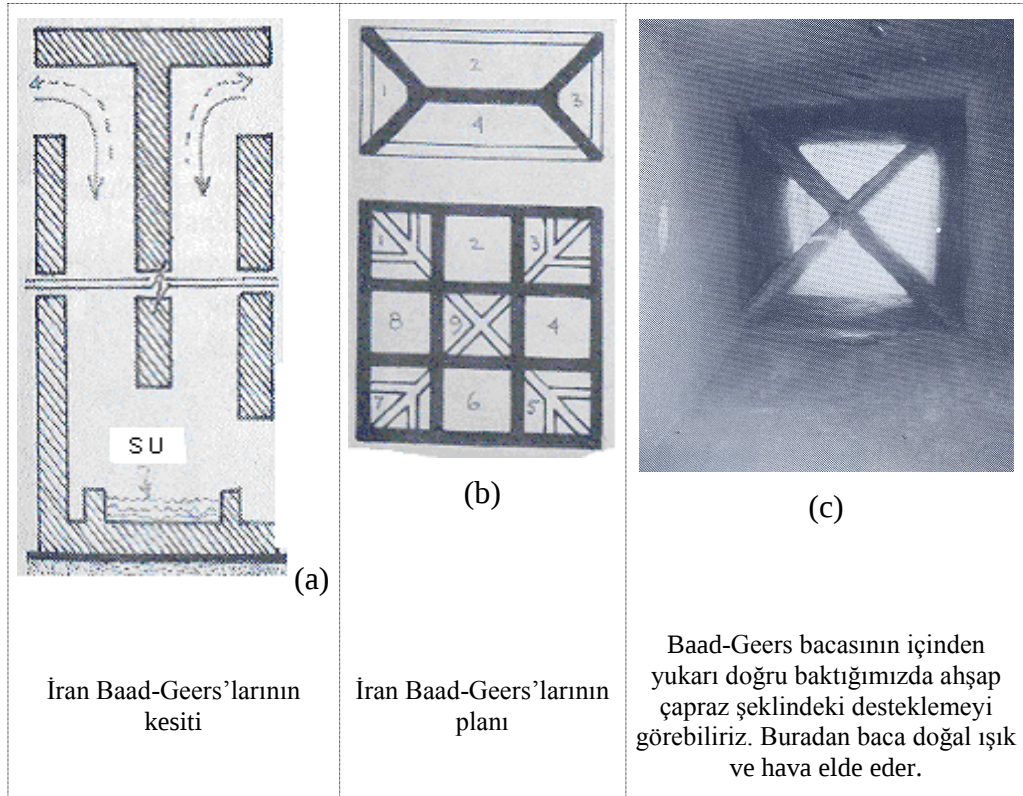


(c) İç mekandan kepçe açıklığına bakarsak güvenlik parmaklıklarından açık kanadı görebiliriz.

Şekil 2.11. Guuja/Sind/Pakistan'da ki rüzgar kepçeleri. Bowen and Yannas (1985)

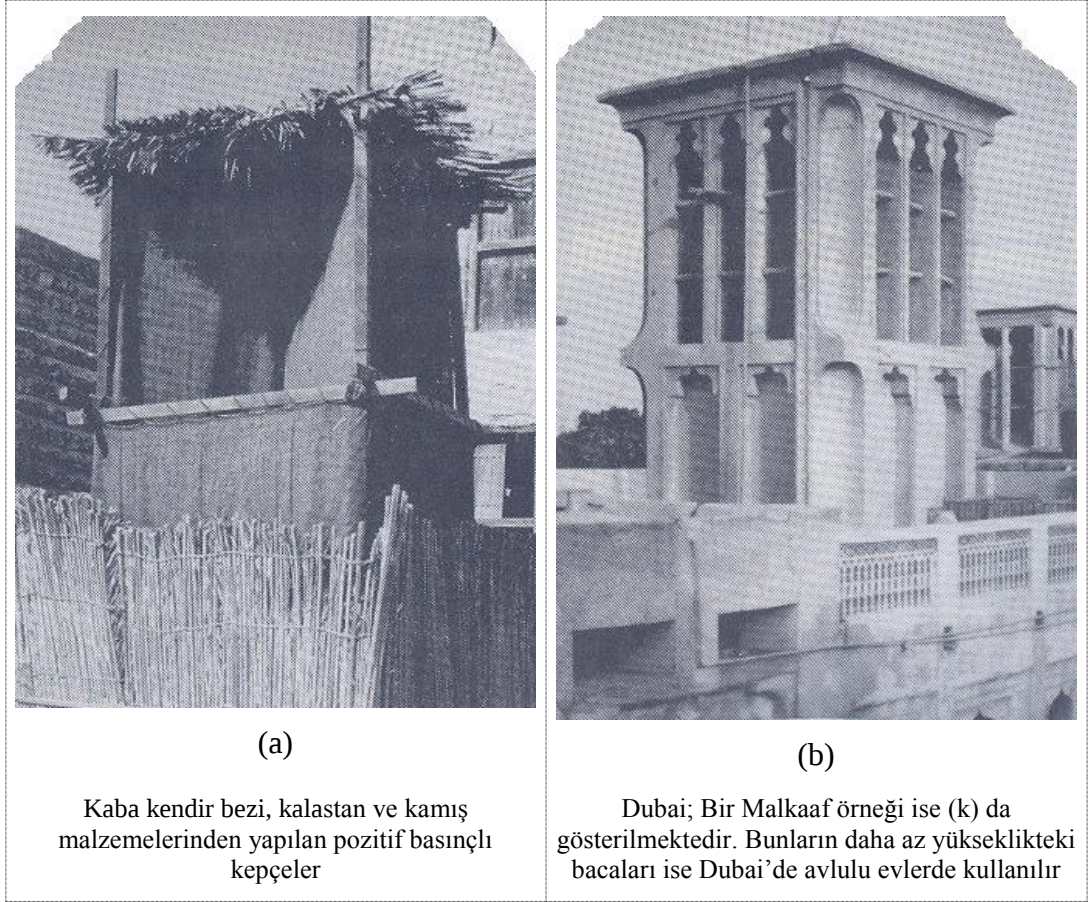


Şekil 2.12. Çift hareketli termal bacalar İran'ın çöl şehirlerinde bulunur ve adına BAAD-GEERS denir. Günlük yükselen ve alçalan hareketlerle radyasyon ve buharlaştırma ile soğutma konveksiyon yolu ile mekanın içine de hava hareketini sağlar. Bowen and Yannas (1985)



Şekil 2.13. İran Baad-Geers'leri. Bowen and Yannas (1985)

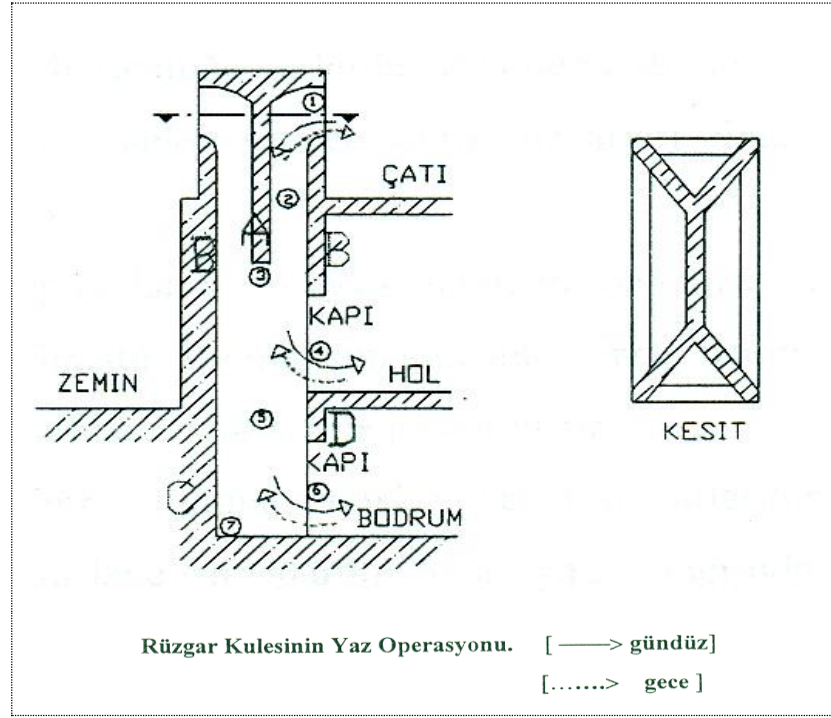
Her iki durumdaki hava hareketlerini genelleştirmek için hatırlamak önemlidir. İran çöllerindeki BAAD-GEERS'ların benzerlerinin Dubai, Bahreyn ve Kuveyt'te de inşa edildiği görülmüştür. Batı körfez sahillerindeki örneklerin (Şekil 2.14a, 14b) görünüşte İran çöllerindeki örneklerle benzer ve aynı ada sahip olmalarına rağmen onlar basınç kepçeleridir ve de İran çöllerindeki çift hareketli termal bacalar gibi aynı tarzda işlemezler. **Bowen and Yannas (1985)**



Şekil 2.14. Pozitif basınçlı kepçeler. Bowen and Yannas (1985)

Güncel adı ile **rüzgar kuleleri** doğal havalandırma temin etmek ve bina içine alınan havanın serinlemesini sağlamak için kagir duvarlardan oluşmuş kulelerdir. Kulenin üst noktasındaki açıklıklar tüm yönlerde ve ya sadece rüzgarın baskın olduğu yerde yerleştirilmişlerdir.

Gece, rüzgar olmadığı zaman rüzgar kulesi bir baca gibi hareket eder.



Şekil 2.15. Rüzgar kulesinin yaz operasyonu. (Sayigh, 1979)

Gün süresince ısıtılan A,B,C,D, Kule duvarları, ısıyı soğuk gecede transfer eder. Isıtılmış hava açıklıklardan boşalır. Bina içindeki hava sirkülasyonu gece boyunca devam eder. Ayrıca binanın dış duvarları ve çatının gece soğuması, çöl bölgelerinde oldukça açık olan gökyüzüne ısı yayılması ile sağlanır.

Gece süresince rüzgar olduğu zaman, hava sirkülasyonu tanımlananın aksine gerçekleşir. Kule duvarları ve sonuç olarak da bazı odalar serindir.

Gündüz, gün süresince rüzgar olmadığı zaman, kule bir bacanın tersi gibi hareket eder. Dışarıdaki sıcak hava bir önceki gece süresince soğutulmuş olan A ve B duvarları ile kontakt kurar ve 2 ve 3 nolu bölümlere geçer. Hava, belki de 4 ve 6 nolu kapılardan çıkacaktır. Rüzgar olduğu zaman hava sirkülasyonu ve soğuma oranı artacaktır ve soğuk hava uzak mesafelere de ulaşacaktır. 4 ve 6 nolu kapılardan hava girmesiyle hole ve diğer odalara da serin hava geçebilir. Bu kapıların açılıp kapanması ile her kattaki hava akışı kontrol edilebilir. Hava, 5. Bölüme gittiği zaman ve C duvarı nemli iken hava, buharlaşarak soğutulur. 7. Bölgede buzdolaplarının bilinmediği dönemlerde soğuk depo olarak kullanılırdı.

1. Evin bütün kapıları kapandığı ve ya eve rüzgarın girişi önlendiği zaman, yüksek yoğunlukla aşağı düşen hava rüzgar altı açıklıklarından atmosfere geri döner. Bu

açıklıklar aslında hava akımının kısa sirkülasyonuna yardımcı olan vantuz görevi görür.

2. Kirli rüzgarların bulunduğu yerlerde bir yönden üflenir. Daha temiz rüzgarlar karşı yöndedir. Rüzgar kuleleri sadece temiz rüzgarları almak üzere olan açıklıklarla inşa edilmişlerdir.

3. 4 ve 6 nolu kapılardan kışın hava sızıntısını önlemek için alçak, tek katlı rüzgar kuleleri inşa edilmiştir. Bu mevsim süresince, ince beton bir duvar ile açıklıkların tümü ve ya bir bölümü blok haline getirilmiştir.

4. Rüzgar kulelerinin soğutma etkisi, A ve B duvarlarının ısı enerjisi depolama kapasitesi ile sınırlandırılmışlardır. Sıcak yaz günlerinde küçük enerji depolama kapasitesi ile soğutma birkaç saat sonra durabilir. Bu kez, havanın serinleme etkisi, C duvarının üzerine düşer. Rüzgar kuleleri hava sirkülasyoncusu gibi hareket ederler.

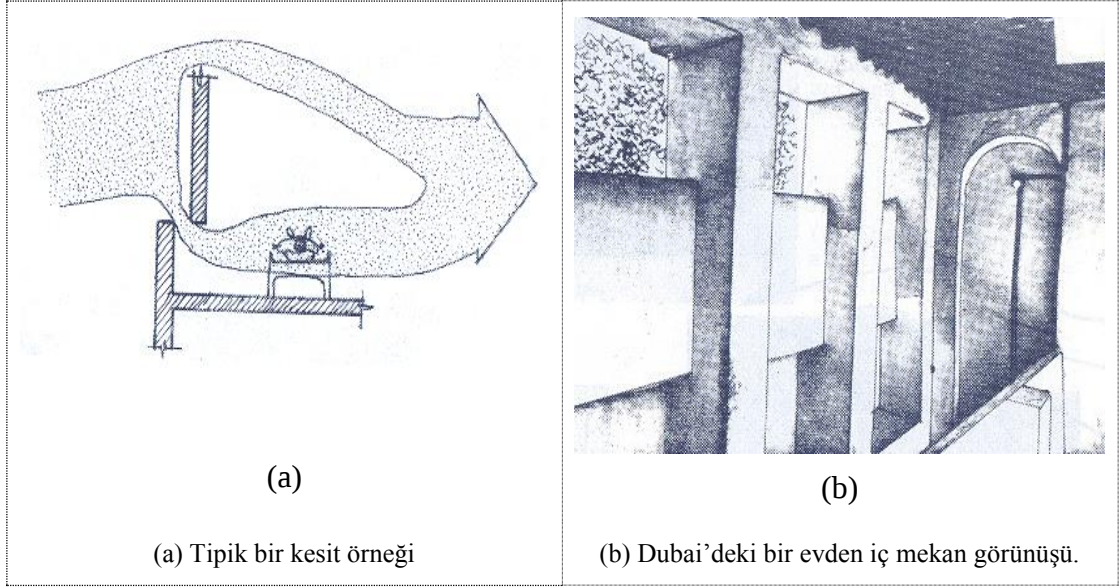
5. Odaların geniş avlulara açıldığı tasarımlarda ve rüzgar, avludan rüzgar kulesine doğru gittiği zaman hava, avludan bina içine girebilir ve rüzgar kulesinin rüzgar altı açıklıklarından dışarı çıkar.

Dezavantajları:

1. Bu sistemin en büyük dezavantajı rüzgar kulesi içinden toz, kir, böcek ve kuşların girebilmesidir. Kuş ve böceklerin girmesini önlemek için yeni ünitelerin bazılarında ekranlar yerleştirilmiştir. Binaya giren toz miktarını azaltmak için kulenin altında hava akış bölgesini arttırmalı ve bu mekanda toz cep ve rafları oluşturulmalıdır.

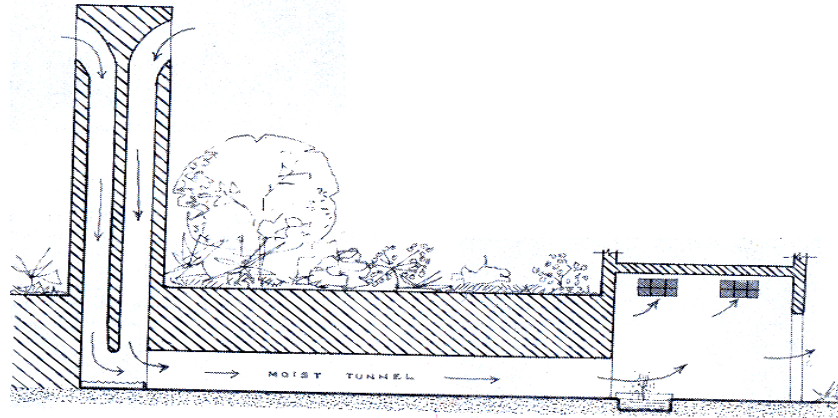
2. Rüzgar kuleleri sadece yaz için kullanılır. Eğer, kışın kapanmazsa sızıntıyı arttırabilirler, fark edilir derecede ısı kayıpları oluşur. (Sayigh, 1979)

Diğer bir terim ise “BAAD-KAASH” tır ve aynı zamanda İran orjinli olan bir kelimedir. Bu araç ise pozitif basınçlı rüzgarı başka yöne çevirme esasına dayanıp, aktivite seviyesindeki (genellikle uyuma) yanal hava akışını arttırma ve aktivite bölgesine bir gizlilik, mahremiyet katma amaçlıdır. Baad-Kaash’ler genellikle batı körfez sahillerinde bulunur (Şekil 2.16a, 16b).



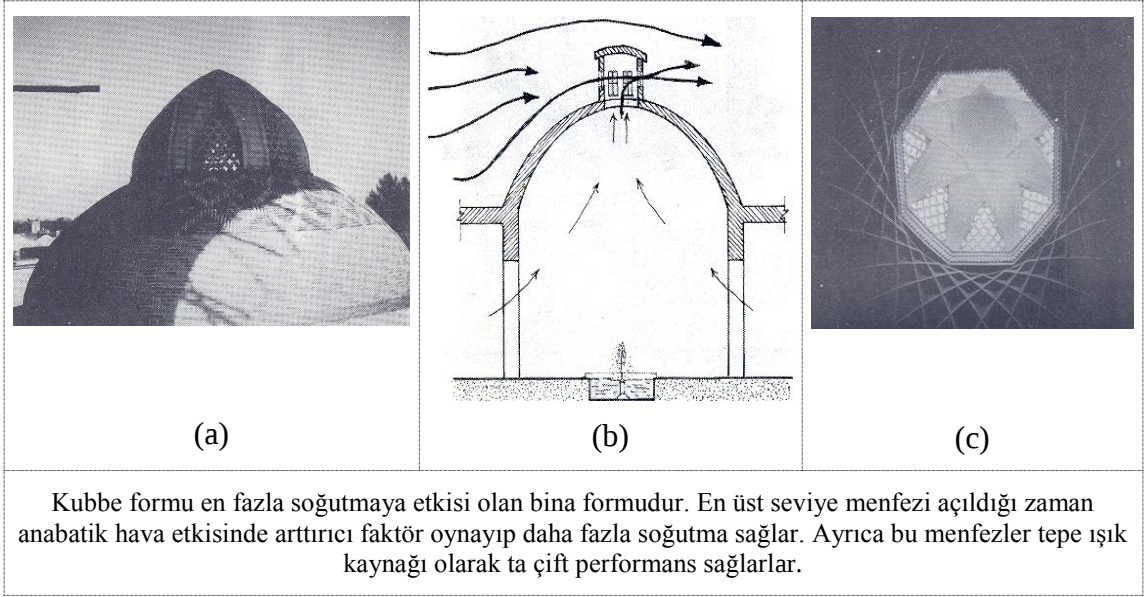
Şekil 2.16. BAAD-KAASH örneği. Bowen and Yannas (1985)

Kum ve Kerman gibi İran'ın çöl şehirlerindeki "Baad-Geers"lar bazen; evaporative soğutma ile nemi arttırmak için yer altı tünelleri ile birlikte kullanılmaktadır (Şekil 2.17). Bowen and Yannas (1985).



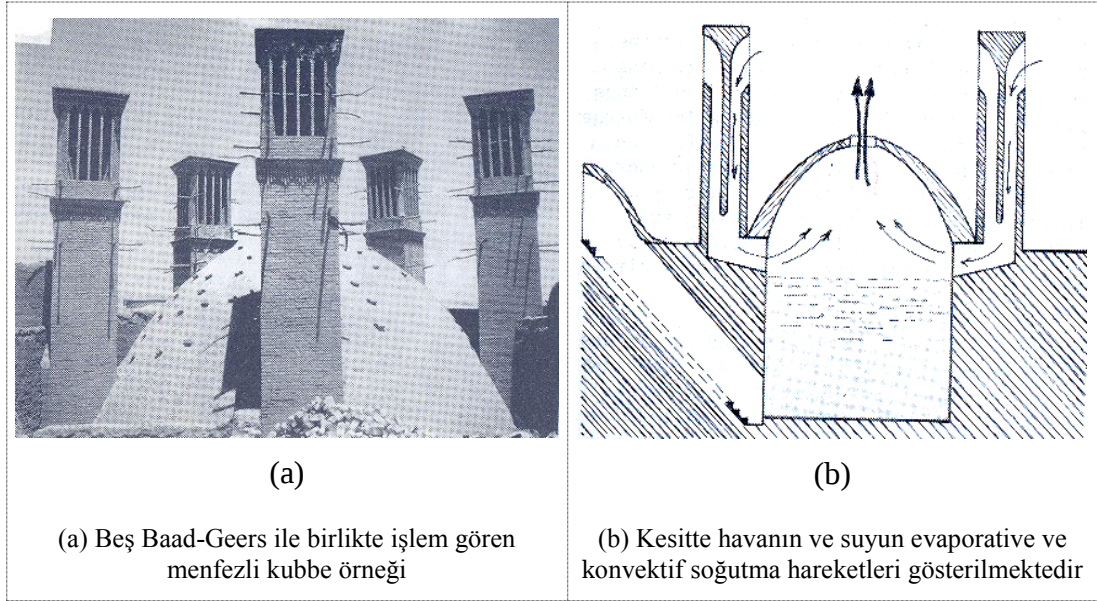
Şekil 2.17. Baad-Geers'lar bazen uzun nemli bir tünele bağlanarak oda soğutmasının artmasına yardımcı olurlar.

Masif kubbe şeklindeki strüktürler sıcak-kuru iklimlerde oldukça başarılıdır. Masif kütlelerinden dolayı termal yarar sağlamakta ve ayrıca formundan dolayı da büyük yararları vardır. Gün boyu güneşle daha az haşır neşir olmaktadır. Kubbe yüksek mekanlar sağladığından dolayı, burada hava katmanlaşması meydana gelir ve mekan içinde yaşayanlar daha serin seviyelerde ikamet eder. Bazen de sıcak havanın kaçması için en yukarıya menfezler açılır. **Lechner (1991)** Kubbeler sık sık anabatik vantilasyon sağlamak için kullanılmaktadır. Kubbenin çalışma şekilleri Şekil 2.18 de gösterilmiş ve tarif edilmiştir.



Şekil 2.18. Kubbe formunun görünüşü, kesiti ve iç mekandan tepe noktasına göre bakıldığında görünüşü. Bowen and Yannas (1985)

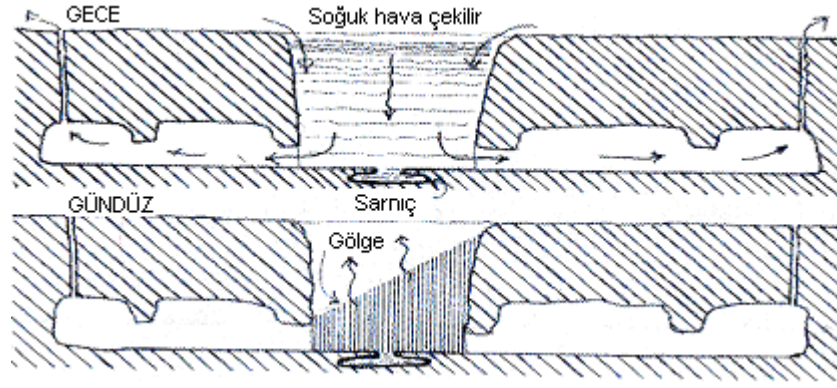
Diğer bir durumda ise su ile soğutmanın kullanılmasından ibaret olup menfezli kubbedeki suyun; tüm yaz boyunca dış sıcaklığın 115°F'ı aştığı durumlarda bile sabit olarak 60°F olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 2.19a, 19b).



Şekil 2.19. Beş Baad-Geers ile birlikte işlem gören menfezli kubbe örneği.

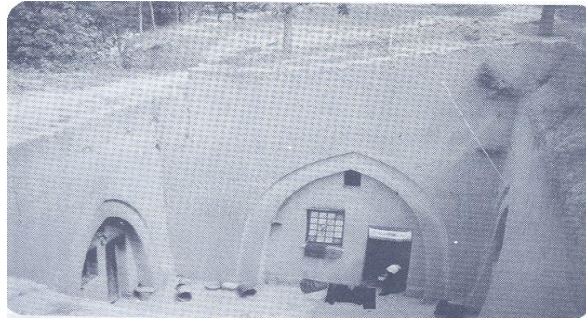
Bowen and Yannas (1985)

Nemin az olduğu ve güneş ışınlarının fazla etki ettiği bölgelerde ise insanlar yer altında konut grupları oluşturmuşlardır (Şekil 2.20, 2.21). **Bowen and Yannas (1985).**



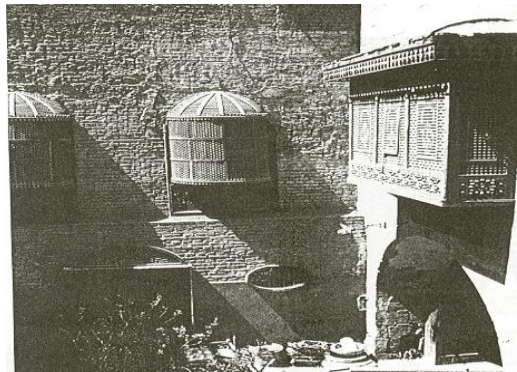
Şekil 2.20. Mağara topluluklarındaki tipik termal ve hava devir daim sistemleri.

(Lechner, 1991)



Şekil 2.21. Lovang / Çin yakınlarındaki çiftçilerin yer altı evi. (Lechner, 1991)

Mashrabiya, Arap orta doğusunda bir diğer popüler rüzgar yakalayıcı özelliktedir (Şekil 2.22). Bu pencere mekanları ince ağaçtan yapılmış tahta perdeleri sayesinde güneşin içeri girmesini engeller fakat rüzgar esintisinin içeri girmesine izin verdiği için oturmak ve uyumak için konforlu mekanlardır. Mashrabiya'lara içi su dolu gözenekli testiler konularak buharlaşma yolu ile soğutma sağlandığı gibi ayrıca bu sular ev için içme suyu olarak ta kullanılmaktadır. Elbette ki Mashrabiya'lar bayanların dışarıdaki aktiviteleri takip edebilmeleri için göze çarpmayan bir gözlem mekanıdır.



Şekil 2.22. Mashrabiya denilen cumba çıkma pencere mekanları. (Lechner, 1991)

Her nerede nem seviyesi düşük ise burada buharlaştırma ile soğutma oldukça etkili olmaktadır. Çeşmeler, havuzlar, duvardan aşağı doğru damlatılan sular ve bitkilerden terleme yolu ile buharlaşmanın sağlanması soğutmada etkili yollardan bazılarıdır. Sonuçlar göstermiştir ki, iç mekanda buharlaşma meydana geliyorsa hava akımı içeriye girmektedir. Hindistan’da oldukça yaygın olan bir şey de; soğuk havanın içeri girmesini sağlamak amacıyla bina açıklıklarına ıslak hasır asmaktır.

Avlulardaki buharlaştırıcı (=evaporative) soğutma, binalar için büyük bir hava kaynağıdır. Ufak ve derin avlular yada atriumlar sıcak-kuru iklim bölgeleri için oldukça yararlıdır çünkü günün büyük bir zamanında gölgede kalmaktadır. Avlulu oluşumlar sıcak-nemli iklimlere uygun değildir çünkü gerekli olan vantilasyona engel olmaktadır.

Türkiye’de ki Kapadokya bölgesinde de binlerce konut ve kilise; volkanik tüflerin aşınması ile koni şekline doğal olarak gelerek ve insanların bunların içini şekillendirerek 2000 yıldan beri kullanması ile oluşmuştur. Bu mekanlar insanları aşırı ısınma ve soğumadan oldukça etkili olarak korumaktadır.

Sıcak ve nemli iklimlerde; doğal havalandırmayı güçlendirme esasına dayanan birkaç farklı çeşit binaya rastlarız. Çok nemli iklimler için bina malzemelerinin hafif strüktürlü olması en iyisidir. Güneş kuru iklimlerdeki kadar güçlü olmadığı için nemlilik çok konfor dışı bir durum alır. Bu yüzden, çok nemli bölgelerde geniş pencereler, geniş saçaklar ve hafif materyaller kullanılır. (Şekil 2.23) Bu binalar genellikle, zemin neminden az etkilenmesi ve daha fazla rüzgar yakalaması amacıyla ayaklar üzerine kurulur. Yüksek tavan havanın katmanlaşmasını sağlamakta, beşik çatı da sıcak havanın kaçmasını sağlamaktadır.



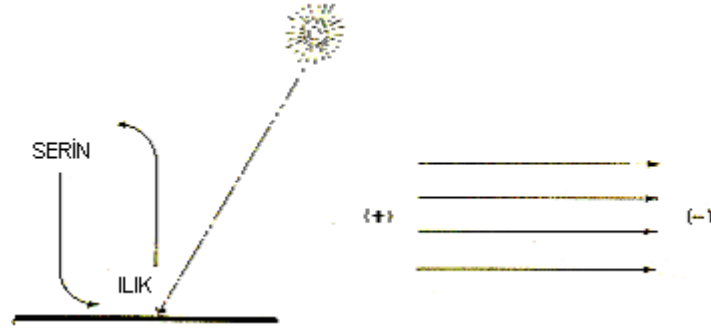
Şekil 2.23. Sıcak nemli bölgelerdeki yapı tipi. (Lechner, 1991)

Japon evleri de doğal vantilasyonu maksimize etmek için direkler üzerine kurulur, duvarlar da hareket ettirilebilir kağıt panellerden yapılır. Geniş saçaklarla bu paneller hem korunur, hem de veranda gibi bir dış mekan alanı ortaya çıkar. Geniş üçgen çatı daha fazla vantilasyonu sağlar. (Lechner, 1991)

2.3. Hava Akışının Ana Prensipleri

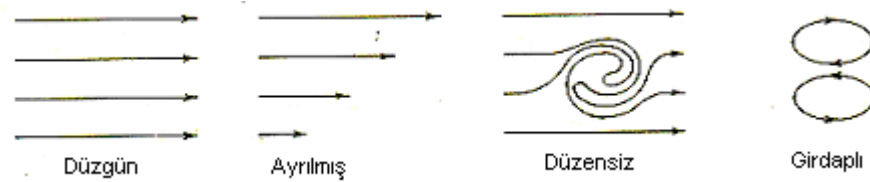
Yazın vantilasyon ve kışın da rüzgardan korunma sebebiyle başarılı dizaynlar yapabilmek için aşağıdaki hava akışının prensipleri anlaşılmalıdır.

Hava akışının nedeni: Hava akışı doğal konveksiyon akımlarından meydana gelir. Buna da sebep olanlar sıcaklık farklılıkları ya da basınç farklılıklarıdır.



Şekil 2.24. Hava akışları hem doğal konveksiyondan hem de basınç farklılıklarından meydana gelir. (Lechner, 1991)

Hava akışının çeşitleri: Hava akışının dört ana tipi vardır. Bunlar, laminar (düzgün), ayrılmış (=separated), düzensiz (=turbulent), girdaplı (=eddy) akımlardır.(Şekil 2.25) Girdaplı akımlar dairesel hava akımlarıdır, düzgün ve düzensiz hava akımları tarafından uyarılır.(Şekil 2.28)

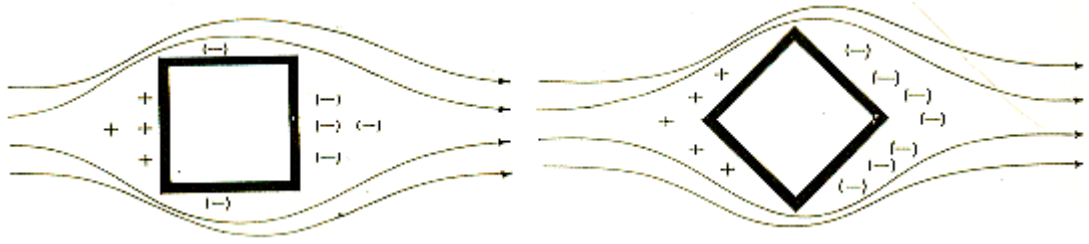


Şekil 2.25. Hava akışının tipleri. (Lechner, 1991)

Atalet (=inertia): Havanın kütsel özelliğinin olmasından dolayı, aniden yolunun değiştirilmesi durumunda kavis çizerek hareket edecektir ve asla dik açı oluşturmaz.

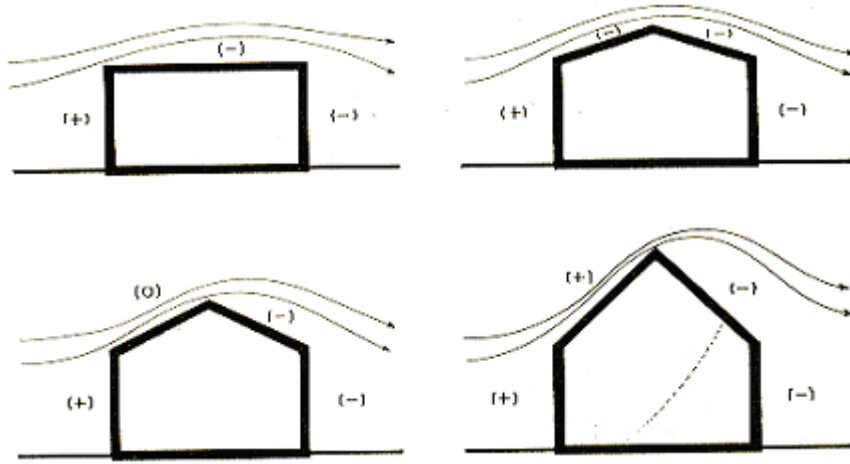
Havanın korunması: Hava binalar etrafında yaratılamaz yada yok edilemez. Binaya ulaştığında ve ayrıldığında birbirine eşit olmalıdır.

Yüksek ve alçak basınçlı alanlar: Hava binanın rüzgar alan bölgesine doğru hareket ederken binaya bir baskı yani pozitif basınç (+) uygular. Aynı zamanda ters taraftaki rüzgar altı bölgesinde ise bir emme meydana gelir ve bu da negatif basınç(-) yaratır.



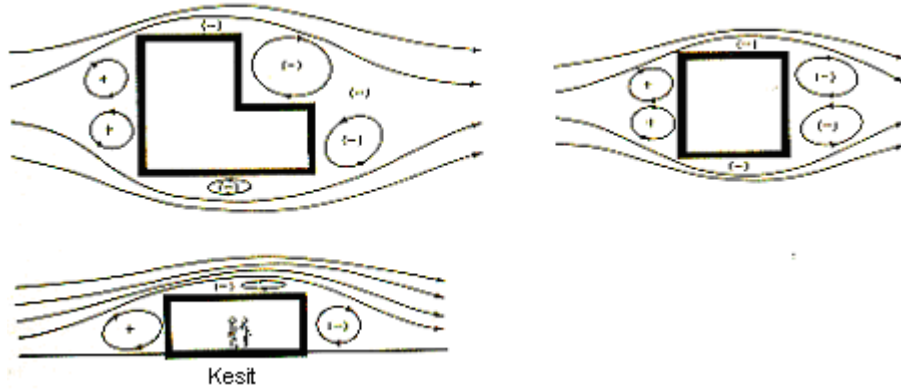
Şekil 2.26. Pozitif ve negatif basınç bölgelerinin geometrik şekille ve akış yönü ile değişim göstermesi. (Lechner, 1991)

Bu basınç bölgeleri düzgün bir dağılım göstermezler (Şekil 2.26). Ayrıca bu basınçlar çatının eğimine dayalı olarak da değişim gösterirler (Şekil 2.27).



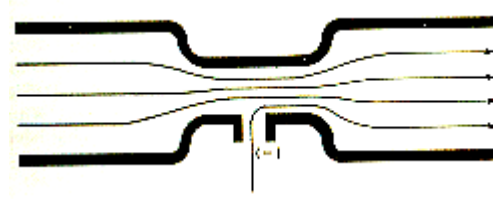
Şekil 2.27. Çatı eğimine dayalı olarak negatif ve pozitif basınçların değişim göstermesi. (Lechner, 1991)

Türbülanslı ve girdaplı akımlar; binaların etrafındaki alçak ve yüksek basınç alanlarında meydana gelir (Şekil 2.28).

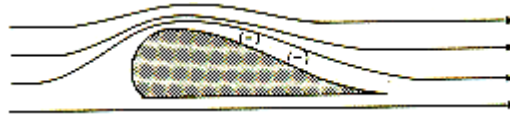


Şekil 2.28. Düzensiz (=turbulence) ve girdaplı (=eddy) akımlar binanın etrafındaki yüksek ve alçak basınç alanlarında meydana gelir. (Lechner, 1991)

Bernouilli etkisi: Bernouilli etkisi, akış hızının arttığı ve statik basıncın azaldığı durumlarda meydana gelir. Bu olay venturi tüpündeki daralma sonucunda negatif basıncın ortaya çıkmasıyla da gösterilebilir (Şekil 2.29). Şekil 2.30. daki uçak kanadı kesiti kısmen venturi tüpüne benzer.

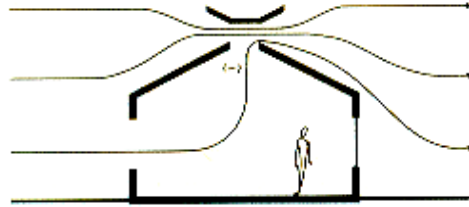


Şekil 2.29. Venturi tüpü ile; akış hızının artması ve statik basıncın azalmasıyla bernouilli etkisinin gösterilmesi. (Lechner, 1991)

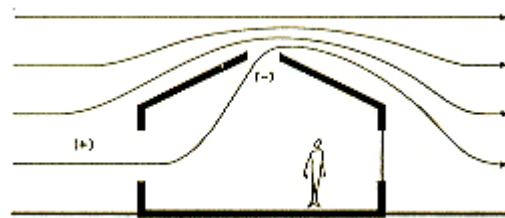


Şekil 2.30. Uçak kanadı kesitinin venturi tüpü ile benzerliği. (Lechner, 1991)

Bu olay binalarda oldukça etkili olarak kullanılabilir. Çatı açıklığı eğer venturi tüpüne benzer şekilde yapılabilirse (Şekil 2.31) ya da kısmen benzese bile (Şekil 2.32) bu etki oluşur.



Şekil 2.31. Venturi tüpünün çatı vantilatörü olarak kullanılması. (Lechner, 1991)



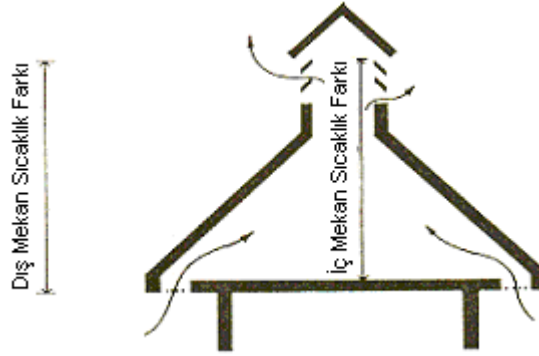
Şekil 2.32. Eğimli başlık olmadan bile bernouilli etkisi hala çatı açıklığından hava emebilmektedir. (Lechner, 1991)

Burada oluşan diğer bir etki ise zeminden yükselme ile artan hava hızı akımıdır. Sonuçta, venturi tüpünün geometrik katkısı olmadan da bernouilli etkisi ile hava çatı açıklığından rüzgar hızı etkisi ile çıkarılacaktır (Şekil 2.33).



Şekil 2.33. Zeminden yukarı doğru çıktıkça rüzgar hızı artmaktadır. (Lechner, 1991)

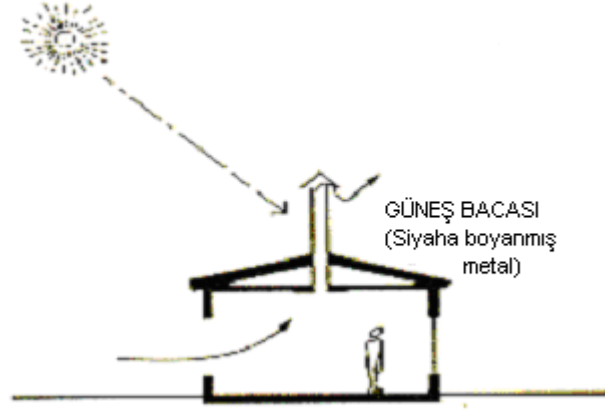
Baca Etkisi (=stack effect): Baca etkisi; doğal konveksiyon hareketi ile binadan çıkan hava anlamına gelmektedir. Baca etkisi yalnızca iki dikey açıklık arasında iç mekan sıcaklık farkının dış mekan sıcaklık farkından büyük olduğu zamanlarda meydana gelir. (Şekil 2.34) Baca etkisini arttırmak için açıklıklar mümkün olduğu kadar geniş, dikey farkında mümkün olduğu kadar fazla olması gereklidir. Akışın alçak açıklıktan yüksek açıklığa serbestçe meydana gelebilmesi için engelleri ve tıkanıklıkları minimum seviyeye getirilme çabası olmalıdır.



Şekil 2.34. Baca etkisi yalnızca iki dikey açıklık arasında iç mekan sıcaklık farkının dış mekan sıcaklık farkından büyük olduğu zamanlarda meydana gelir. (Lechner, 1991)

Baca etkisinin Bernouilli etkisinin üstünde avantajı vardır, çünkü rüzgara bağlı değildir. Dezavantajı ise hava çabuk hareket etmemektedir.

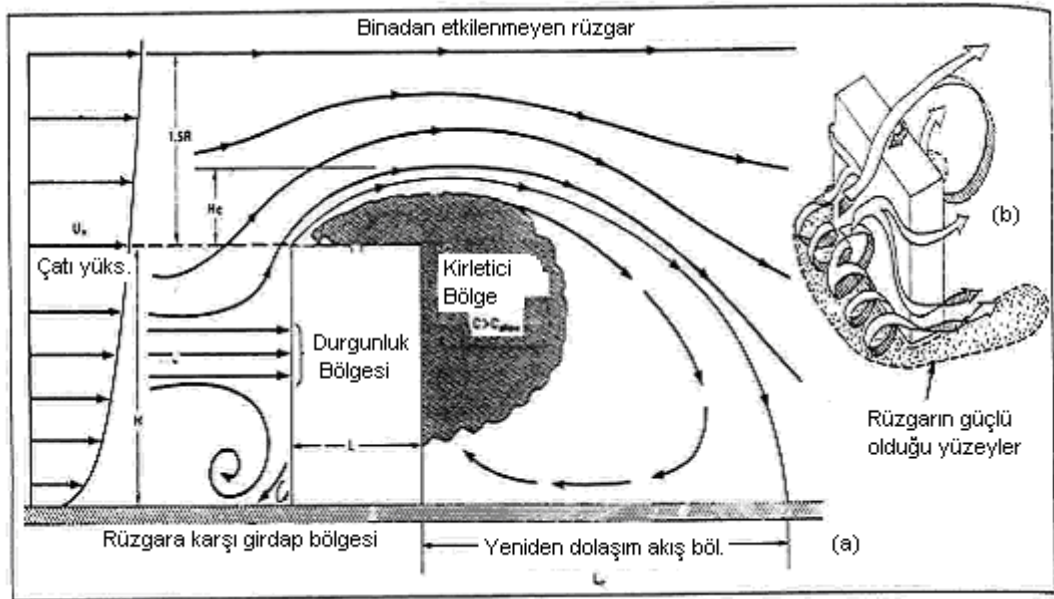
Baca etkisinde ilginç bir varyasyon ise güneş bacalarıdır. Baca etkisi ısı farklılığından meydana geldiği için, havayı ısıtma yöntemi ile hava hızını artırma güneş bacasının işleyiş metodudur. Tabi ki soğutma amaçlı kullanılırken iç mekanın sıcaklığını yükseltecek bir katkısı olmamalıdır. Bu yüzden güneş bacası Şekil 2.35 deki gibi kullanılır. (Lechner, 1991)



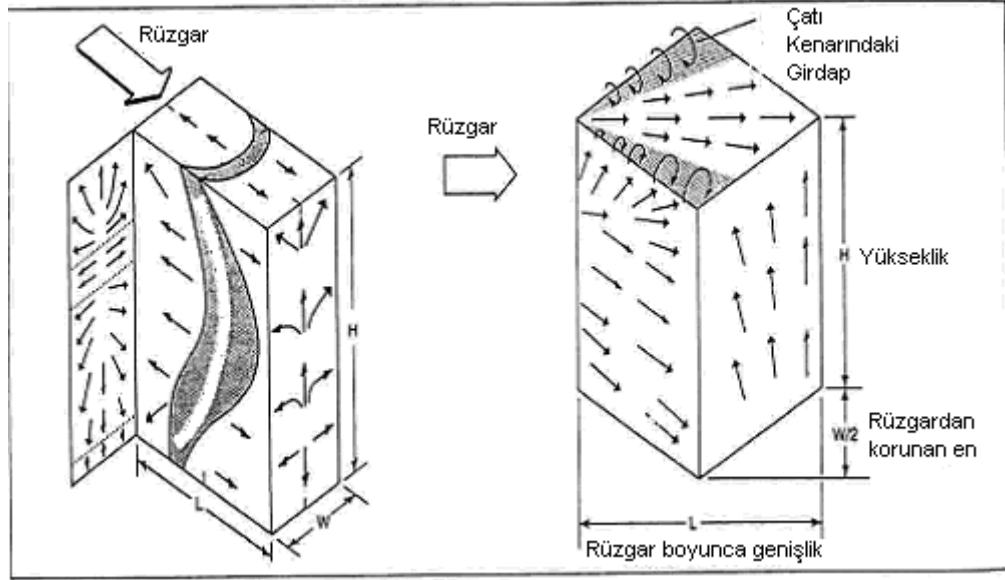
Şekil 2.35. Güneş bacası, iç mekanın ısınmasına katkısı olmaksızın baca etkisini artırarak soğutmayı sağlar. (Lechner, 1991)

2.4. Binalar Etrafındaki Hava Akış Seyirleri

Binaya yaklaşan rüzgarın ortalama hızı, binanın zeminden yüksekliği ile birlikte artar. (Şekil 2.36) Hem rüzgara karşı hız profil biçimi hem de onun türbülans seviyesi; rüzgarın akış seyrini ve yüzey basınçlarını doğrudan etkiler. Rüzgara karşı duvarda bir durgunluk bölgesi belirir. Rüzgar akışı binalarda ki keskin kenarlarla ayrılır ve yeniden dolaşım (=recirculation) akış bölgeleri oluşur ki bunlar binanın rüzgar yönündeki yüzeyleridir (çatı, yan yüzler ve rüzgar altı duvarları) ve böylece bazı uzunluk değerleri iz doğrultusunda artar. Eğer bina rüzgar yönünde yeterli L uzunluğuna ulaşırsa (Şekil 2.37), bina üzerinde ve onun izinde ki recirculation akışında iki farklı bölge oluşabilir.



Şekil 2.36. Dikdörtgen binanın etrafındaki hava akışı seyirleri.. (Ashare, 1993)



Şekil 2.37. Yüzey akış örnekleri ve bina boyutu. (Ashare, 1993)

Rüzgara karşı olan duvarda, yüzey akış seyirleri yaklaşan rüzgar karakteristikleri ile geniş olarak etkilidir. Çatı seviyesindeki yüksek rüzgar hızı duvarın yüksek kısımlarında, zemine yakın kısımlarına oranla daha büyük bir durgunluk basıncına sebep olur. Bina duvarının aşağı kısmında da aşağı doğru bir akım meydana gelir. (Şekil 2.36) Eğer binalarda H yüksekliği W genişliğinin 3 katı yada daha fazla büyüklükte olursa rüzgara karşı yüzeyde aşağıya doğru ve yukarıya doğru bölge arasında bir orta bölge oluşur ve buradaki yüzey akış çizgileri yatay olarak binanın etrafından dolaşır. Zemin seviyesindeki aşağıya doğru yönelen vorteksler binanın yan taraflarında U şeklinde taşınır (Şekil 2.36b) ve bu da zemin seviyesine yakın yüzeylerde toz ve çöküntü gibi kirli havanın içeri alınmasına sebep olabilir. (Ashare, 1993)

2.5. Çağdaş Pasif Soğutma Sistemleri

Pasif soğutma teknikleri yalnızca iyi bilinen geleneksel teknikleri içermez, aynı zamanda da daha sofistیک ve biraz deneysel teknikleri de kapsamaktadır. Pasif soğutmada mümkün olduğu kadar çok doğal güçler kullanılır. Fakat fazla elektrik enerjisine ihtiyaç duyulmayacak ufak fanlara ve pompalara izin verilebilir.

Amaç, yazın aşırı ısınan periyotlarında termal konforu sağlamak olduğu için; birinci amaç bina için uygun ısı havuzu (=heat sink) oluşturmak, ikinci amaç ise yüksek

ısılarıdaki bölgelerde hava hızını arttırmaktır. İkinci durumda bina gerçekte soğutulamasa bile insanlar kendilerini konforlu hissedeceklerdir.

Pasif soğutma için beş metot bulunmaktadır:

2.5.1. Vantilasyonla Soğutma

2.5.1.1. Konfor havalandırması (=comfort ventilation)

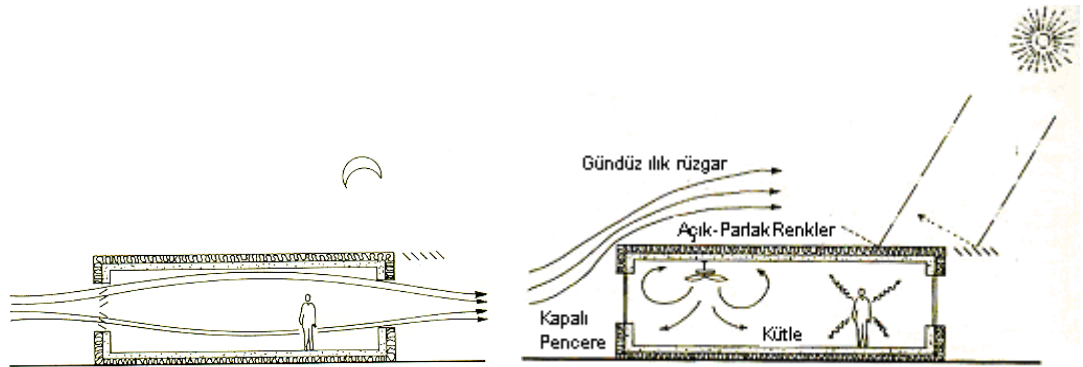
Termal konforu arttırmak suretiyle ve bina kabuğundan buharlaşmayı arttırmak için gün buyu yapılan vantilasyona denir.

Kuralları:

1. İklimsel durumlara göre önceden hazırlanmış tablolar yardımı ile uygun comfort vantilasyon durumu seçilir.
2. Rüzgarı destekleyen fanlardan yardım alınabilir.
3. Hava akışı maksimize edilir.
4. Nemli olan ve pasif güneş ısınmasının gerekli olmadığı (sıcak) iklimlerde binalarda hafif malzeme kullanılması daha uygundur.
5. Hava sıcaklığına yakın olması için mümkün olduğu kadar az yalıtım kullanılmalı
6. Açılabilir pencere oranı yaklaşık olarak zemin alanının %20 si kadar olmalıdır.
7. Pencereleer gece ve gündüz boyunca açık olmalıdır.

2.5.1.2. Konvektif soğutma (=convective)

Binayı ertesi güne hazırlamak için önceden soğutma amaçlı gece vantilasyonudur.



Şekil 2.38. Konvektif soğutma. (Lechner, 1991)

Kurallar:

1. Konvektif soğutma; günlük sıcaklık farkının 30°F'ın üzerinde olduğu sıcak-kuru iklim bölgelerinde en iyi sonucu verir. Fakat günlük sıcaklık farkının yaklaşık 20°F olduğu nemli bölgelerde de oldukça etkili sonuç verebilmektedir.
2. Bu alanların dışında; gece rüzgarı - pencereler yada tüm ev fanlar yardımı ile de soğutulabilir. Pencerenin kapalı olduğu durumlarda tavan yada diğer iç mekan fanları kullanılmalıdır.
3. Gece sağlanan hava akışı masif kütle ile direkt olarak haşır neşir olmalıdır.
4. Pencere alanı taban alanının %10'u ile %15'i arasında olmalıdır.
5. Pencere gece açık, gündüz kapalı olmalıdır.

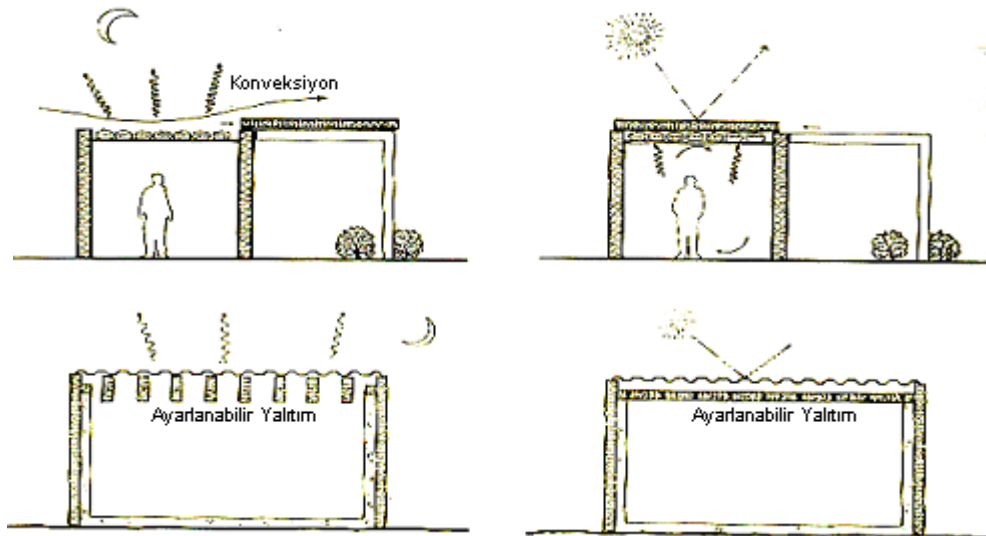
2.5.2. Radyant Soğutma (=radiant)



Şekil 2.39. Radyant soğutma. (Lechner, 1991)

2.5.2.1. Direkt radyant soğutma

Binanın çatı strüktürü gece radyasyonu ile doğrudan soğutulur.



2.40. Direkt radyant soğutma. (Lechner, 1991)

2.5.2.2. İndirekt radyant soğutma

Yalıtılmış bir binanın içine gece boyunca fan yardımı ile de soğutma yapılır.



Şekil 2.41. İndirekt radyant soğutma. (Lechner, 1991)

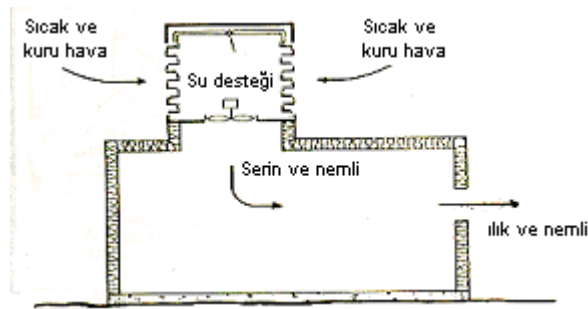
Radyant soğutma için kurallar:

1. Radyant soğutma bulutlu bölgeler için iyi çalışmaz. Gökyüzünün açık olduğu nemin az olduğu bölgelerdeki performansı çok iyidir fakat nemli bölgelerde daha aza yarar sağlar.
2. Bu soğutma konsepti genellikle tek katlı binalarda uygulanır.
3. Pasif ısıtma için kullanılmayan radyatörler beyaza boyanmalıdır.
4. Soğutma etkisi küçük olduğu için tüm çatı alanı kullanılmalıdır.

2.5.3. Buharlaştırma ile Soğutma (=evaporative)

2.5.3.1. Direkt buharlaştırma metodu

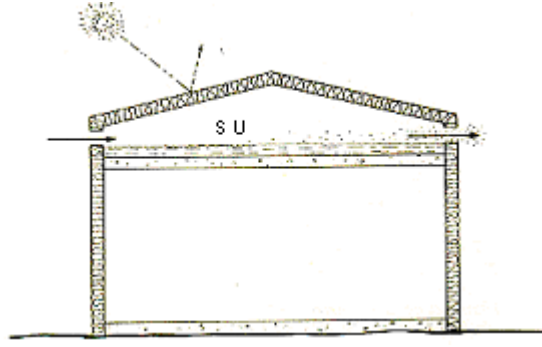
Su zerrecikleri hava ile birlikte binanın içine püskürtülür. Böylece bina içindeki havanın sıcaklığı düşer fakat nemlilik oranı artar.



Şekil 2.42. Direkt buharlaştırma metodu. (Lechner, 1991)

2.5.3.2. İndirekt buharlaştırma metodu

Burada buharlaştırma genellikle çatıda havuz oluşturma yolu ile olur. İç mekan nemlilik oranı hiçbir şekilde yükselmez.



Şekil 2.43. İndirekt buharlaştırma metodu. (Lechner, 1991)

Buharlaştırma ile (=evaporative) soğutmanın kuralları:

1. Direkt buharlaştırma ile soğutma yalnız kuru iklimler için uygundur.
2. İndirekt buharlaştırma ile soğutma en iyi kuru iklimlerde çalışır fakat iç mekan nemliliğine bir katkısı olmadığından dolayı nemli bölgelerde de kullanılabilir.

2.5.4. Toprak-yer Soğutması (=earth)

2.5.4.1. Direkt toprak soğutması

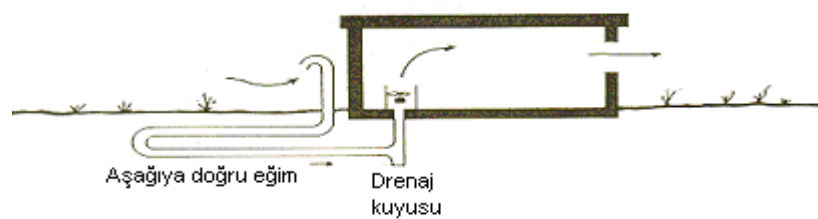
Toprakla bağlantılı sığınak şeklindeki binalarda, binanın ısısı serbest kalarak direkt toprağa geçer.



Şekil 2.44. Direkt toprak soğutması. (Lechner, 1991)

2.5.4.2. İndirekt toprak soğutması

Hava yer altındaki tüpler yardımı ile binaya girer.



Şekil 2.45. İndirekt toprak soğutması. (Lechner, 1991)

Toprak-yer (=earth) soğutması için kurallar:

1. Her bölge için ortalama yıllık sıcaklık değerleri toprak altı sıcaklıkları ile paralel değerler almaktadır.
2. Sıcak iklimlerde toprak buharlaştırma metodu ile yada gölgeleme ile soğutulmalıdır.
3. Direkt toprak soğutması toprak sıcaklığının yaklaşık 60°F-15,55°C olduğu durumlarda iyi çalışır. Eğer toprak çok soğuk ise binanın toprak ile temas ettiği kısımlar yalıtılmalıdır.
4. Kışın soğuk geçtiği kurak iklimlerde yer altı tüpleri oldukça etkilidir.
5. Nemli bölgelerde yoğunlaşma duvarlarda yada yer altı tüplerinde biyolojik aktivitelere sebep olarak problem yaratabilir.
6. Direkt toprak soğutmalı yer altı strüktürlerinde doğal vantilasyon pek mümkün olamadığından nemli bölgelerde uygulanmamalıdır.

2.5.5. Kurutucu Madde ile Nemini Alma Yöntemi (=dehumidification with a desiccant)

Gizli ısıнын taşınması yolu ile sağlanır. Pahalı ve karmaşık bir yöntemdir.

Pasif soğutmanın tüm bu tekniklerinin kombinasyonunu oluşturmak mümkün değildir fakat bazı durumlar için gereklidir. Örneğin güneyde toprak ılık olduğu için toprağı buharlaştırma metodu ile soğutabiliriz. (**Lechner, 1991**)

2.6. Bölüm Sonucu

Pasif soğutma tekniklerinin sıcak ve kuru iklimlerde büyük yararları vardır. Her soğutma tekniğı bu iklim bölgesinde çalışabilmektedir. Yalnızca çok nemli bölgelerde comfort vantilasyon oldukça yararlı olabilmektedir. Çok nemli olmamak kaydı ile kovektif soğutma ve radyant soğutma da faydalı olabilmektedir. Mamafih bunlarla birlikte her iklim bölgesi için ilk ve en iyi strateji yaz konforu için aşırı ısınmadan kaçınabilmektir. Sonuç olarak, soğutma sistemlerinin tarihsel kullanımlarını da değerlendirmek kaydı ile bulunulan her coğrafi bölge ve iklime uygun minimum harcamalı bir çağdaş soğutma tekniğı uygulanabilmektedir.

3. GÜNEŞ BACALARI

Dış mekan hava kalitesi genellikle iç mekan hava kalitesinden daha iyidir. Bu da büyük miktarda kirletici parçacıkların oranından dolayıdır.

Hem araçlar ve materyallerle hem de kullanıcıların fiziksel aşamaları ile kirletici maddeler oranı artar. Bu madde oranı insan sağlığına etki edebilir ve bunun içinde bunların dışarıya atılması gereklidir.

İç mekan kirletici parçacıkların kaldırılması için iki ana teknik kullanılabilir. Birincisi, mekanik yada kimyasal olarak havanın filtrasyonudur. İkincisi ise dış hava ile iç mekandaki havanın değiştirilmesi işidir. Birinci işlem pahalıdır ve özel durumlar için uygulanabilir. İkinci işlem kolaylığı ve düşük maliyetler sebebiyle en yaygın olanıdır.

Sonuç olarak iç mekan hava kalitesini arttırmak ve güneş enerjisinin kullanımını baz alırsak güneş bacaları binalardaki doğal havalandırmayı artırmanın bir yoludur.

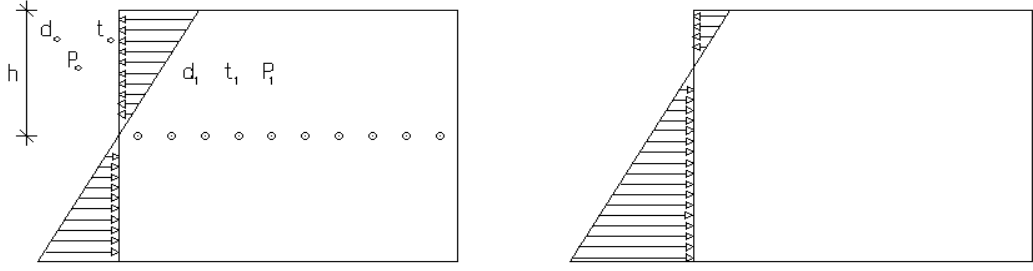
Bunlar klasik bacalara benzerliğin haricinde güney duvarlarına cam ile konumlandırılır, böylelikle güneş enerjisini toplamada etkin hale getirilir. Bu durum baca kanalı içindeki hava sıcaklığının artmasına sebep olur ve duvardaki termal enerjinin depolanmasıyla gece periodlarında ya da güneş ışınımının az olduğu periodlarda bu enerji daha sonra salınabilmektedir. **Alfonso and Olivera (2000)**

Güneş bacaları hakkında yapılan hem literatür hem de deneysel olan bu çalışmada güneş bacasının havalandırma (konvansiyonel) bacası ile olan karşılaştırması inceleneceği için, öncelikle havalandırma bacası irdelenecektir.

Doğal havalandırma binanın iç ve dışındaki hattın sıcaklık farkı ve rüzgar basıncı vasıtasıyla sağlanabilmektedir.

İç sıcaklığı t_1 , dış sıcaklığı t_0 ve $t_1 > t_0$ olan her tarafı kapalı bir mahallin tam orta yüksekliğinde deliklerin varlığını düşünelim. Bu delikler seviyesinde içteki basıncı P ile gösterirsek dışarıda da keza P olur. Ancak ortadan uzaklaştıkça basınçlar arasında

bir fark meydana gelir. Ortadan bir h yüksekliğinde basınçlar P_1 ve P_0 ise, iç ve dıştaki hava yoğunlukları da d_1 ve d_0 olduğuna göre;



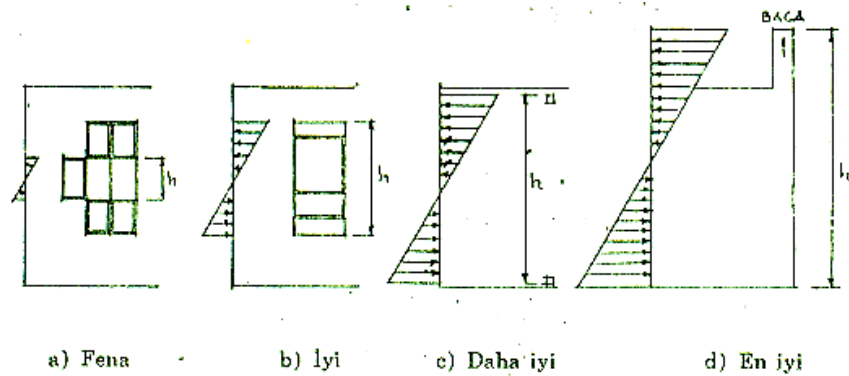
Şekil 3.1 Mekan içi havalandırmanın çalışma esası. (Baytin, 1951)

$$P_0 = P - h d_0, \quad P_1 = P - h d_1, \quad t_1 > t_0 \text{ ise } d_0 > d_1 \text{ dir. O halde } P_1 > P_0$$

$$P_1 - P_0 = h (d_0 - d_1) \text{ olur.} \quad (3.1)$$

Yukarıya doğru çıktıkça bu basınç farkı artar. Alt tarafta ise bu akış aksi yöndedir. Tam orta delikler hizasında fark sıfırdır. Yani yukarı kısımda içten dışa, aşağı kısımda da dıştan içe doğru bir basınç mevcuttur. Deliklerin açıldığı seviyeye basınç denge seviyesi denir. Denge seviyesi yukarıda olursa hariçten odaya fazla bir baskı olur. Tatbikatta daima kapı aralıkları v.s mevcut olduğundan bu fazla basınçla odaya bol hava girer. Yukarıda açılan bir çıkış deliğine mukabil aşağıda da bir hava giriş menfezi açılırsa iyi bir havalandırma sağlanmış olur. İşte havalandırma bacalarının vazifesi bu esaslara dayanmaktadır.

Buna göre en basit havalandırma havalandırılacak odanın uygun bir yerinde bir delik açmaktır. Bu deliğin yeri ve özelliği havalandırmanın performansının derecesini etkiler.



Şekil 3.2 Mekan içi açıklıkların havalandırmaya etki durumları. (Baytin, 1951)

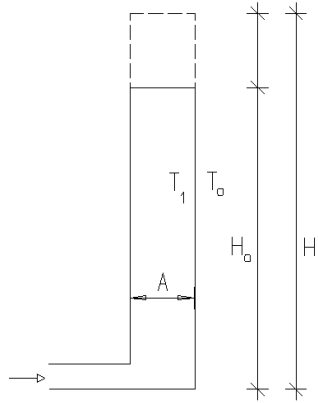
Burada a) Orta kanadı açılmış pencereyi, b) Alt ve üstten açılmış sürme pencereyi, c) Döşeme ve tavana yakın hava giriş ve çıkış menfezlerini, d) Altta giriş menfezi ile havalandırma bacasını ifade etmektedir.

Görülüyor ki havalandırma için en iyi araç bacadır. Zira baca sayesinde h çekiş yüksekliği büyümüş hatta oda yüksekliğinden de fazla olması sağlanmış olur.

Sadece tavana açılan bir baca ile yetinilirse odaya girecek olan hava yalnız çatlak ve aralıklardan sızan havaya karşılık gelir ki bu bazen baca vasıtasıyla çıkacak olan pis hava miktarından az olur ve verim düşer. Bunun için dışarı atılacak hava miktarı kadar temiz hava temini için aşağıda bir giriş açıklığı yapmak lazımdır.

Havalandırma bacalarının vazife görebilmesi için bir şartta baca dahilindeki havanın harici havadan sıcak olmasıdır. Teshin mevsimlerinde (kışın) bu daima kabildir. Yazın çok sıcak zamanlarında ise dış hava içerden daha sıcak olur ve baca ters çalışmaya başlar. Bu sebepten havalandırma bacası ve giriş menfezlerinin vaziyeti yaz ve kış için ayrı olur.

Doğal olarak havalandırmayı temin eden bir bacanın çekiş kuvveti içerdeki sıcak hava ile dışarıdaki soğuk havanın ağırlıkları arasındaki farktan doğar ve buna eşittir.



Şekil 3.3 Havalandırma bacası niceliklerinin yerleri. (Baytin, 1951)

$$V_1 = H_1 A, \quad V_0 = H_0 A, \quad (V_1/V_0) = (H_1/H_0) = (T_1/T_0), \quad H_1 = H_0 (T_1/T_0)$$

H_0 : Baca etkin yüksekliği (m), **T_1 :** Bacadaki havanın mutlak sıcaklığı, **T_0 :** Dış havanın mutlak sıcaklığı

$$h = H_1 - H_0 = H_0 [(T_1 - T_0) / T_0] \quad (3.2)$$

Hareket eden havanın sürati yer çekimine tabi cisimlerin düşme formülü ile belirtilebilir.

$$v^1 = (2gh)^{1/2}, \quad v^1 = [[2gH_0 (T_1 - T_0)] / T_0] \quad \text{Kuramsal hız}$$

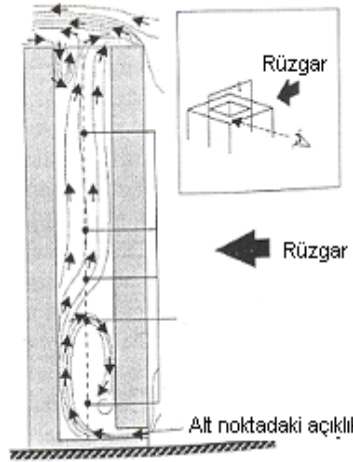
v^1 : Bacadaki havanın hızı (m/s), g : Yerçekimi hızlandırması, a : Havalandırma bacası kesit alanı (m²), Q : Değişen hava miktarı (m³/s)

$$\text{Havalandırma bacasının kesit alanı: } a = Q / v^1 \quad (3.3)$$

Pratik hız kuramsal hızın takriben %40'ıdır. Baca etkin yüksekliği soğuk havanın girdiği nokta ile sıcak havanın çıktığı baca tepe noktası arasındaki seviye farkıdır.

(Baytin, 1951)

Özellikle Japonya gibi bölgelerde yüksek apartman binalarının merkezlerinde (Şekil 3.4) boşluklar bırakılmaktadır. Bu boşluklar ayrıca aydınlık ta sağlamaktadırlar. Su ısıtıcıları boşluğun içine inşa edilir ve yakıt gazlarının çıkışı da buradan olmaktadır. Bu yüzden boşluğun tabanı yeteri kadar büyük tasarlanmalıdır. Böylece iç mekan hava kalitesi kabul edilebilir düzeylerde tutulabilmektedir. Boşluklarda bir havalandırma bacası olmakla birlikte, su ısıtıcıları gibi ısı kaynaklarıyla birlikte uyarılmış hava etkisi ile ventilasyon oranı artmaktadır. **Konati ve diğ. (2003)**



Şekil 3.4 Bina boşluğundaki hava akışı örneği. Konati ve diğ. (2003)

3.1. Güneş Bacasının Matematiksel Modeli

Bir tarafında cam, diğer tarafında da kollektör duvarından oluşan güneş bacası tipini ele alacak ve incelemesini yapacak olursak, güneş bacasının kütsel akış oranının hesabında birçok model mevcuttur. Bu modellerden çoğu (Bansal ve diğ. 1993. Sandberg, M. and Mosfegh, B., 1996. Alfonso, C. and Olivera, A. 2000.) güneş

bacasının içindeki sıcaklık dağılımının hesabı için ortalama sıcaklıkları ve ısı transfer katsayılarını kullanmışlardır.

Günümüz çalışmalarının yaptığı klavuzlukla, bacanın hava akışı oranında duvarın çok önemli bir etkisinin olduğunu görmekteyiz. Aynı zamanda farklı duvar materyallerinin, radyasyon kaybından dolayı performansın etkilendiği göz önünde bulundurulmalıdır.

Söz edilen çalışmada kullanılan matematiksel model deneysel olarak ta desteklenmekte, dolayısıyla deney düzeneği de birçok parçadan oluşmaktadır. Modelde buoyancy etkisi, sürtünme kayıpları, radyasyon, iletim ve taşınım ısı transferleri hesaba katılmaktadır. Camda bir tabakalaşma yapılmamıştır. Akışkan üzerinde daha iyi çalışabilmek için kanal a,b,c olarak, duvara paralel olacak şekilde üç tabakaya ayrılmıştır.

Akışkanın sıcaklık denklemleri;

Isı taşınımı (=convected heat) kaybının düzgün olduğu varsayılırsa eğer, akışkanlar için aşağıdaki diferansiyel denklem kullanılabilir.

$$m c_p (dT_f / dx) \Delta x = h_f (T_w - T_f) w \Delta x \quad (3.4)$$

m: Kütleli akış oranı (kg/s), **c_p**: Havanın özgül ısısı (J/kgK), **T**: Sıcaklık (K),

w: Bacanın genişliği (m)

Buradaki T_f ve T_w ; akışkan ve duvar sıcaklığı h_f ise duvar ısı transfer katsayısıdır. Bu denklem blok modele de uymaktadır. Akışkan kanal içinde katman numaralarına ayrıldığından, ısı transfer katsayıları hesaplanmalıdır. Sınır tabaka (=boundary layer) kalınlığı aşağıdaki yolla hesaplanır. Dikey tabaka düzensiz akışının, sınır tabaka kalınlığı için denklemi **Katsuto (1964)** tede verilmiştir.

$$\delta_{t(x)} = (0,58 / Pr^{8/15}) [(1+0,494 Pr^{2/3}) / Gr_{(x)}]^{1/10} \quad (3.5)$$

Bu denklem gerçek durumlara uyması için değiştirilmelidir. Kanal kalınlığı ve eğim değişkenliklerine uygun denklem:

$$\delta_{t(x)} = (s^A 0,58 / B \sin^C \phi Pr^{8/15}) [(1+0,494 Pr^{2/3}) / Gr_{(x)}]^{1/10} \quad (3.6)$$

φ: Bacanın eğimi (°)

Akışkanın giriş sıcaklığının 1 K arttığı yerde, sınır tabakası çizgi gibi varsayılmıştır. Bu durumda uygun sabitler $A=1/3$, $B=0,6$, $C=2$ olarak kabul edilmektedir.

Diferansiyel denklemin blok modele uygunluğunu sağlamak için değiştirirsek aşağıdaki gibi yazılabilir. Termal sınırın yeni katmana ulaşmadığı zaman, katman a'daki blok i için verilen sıcaklıkları hesaplamak için aşağıdaki denklem kullanılır.

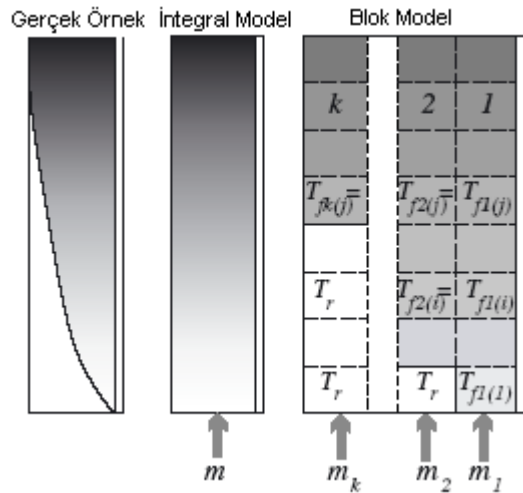
$$T_{fa(i)} = [T_{fa(i-1)} m_a c_p + T_{w(i)} h_{(wf)(i)} (wL / n)] / [m_a c_p + h_{(wf)(i)} (wL / n)] \quad (3.7)$$

h: Isı transfer katsayısı (W/m^2K), **L:** Bacanın uzunluğu (m), **n:** Blokların sayısı (-)

Eğer yeni katman b, akışın termal sınırı içinde ise aşağıdaki form kullanılmalıdır.

$$T_{fa(i)} = T_{fb(i)} = [(m_a T_{fa(i-1)} + T_r m_b) c_p + (wL / n) h_{(wf)(i)} T_{w(i)}] / [c_p (m_a + m_b) + h_{(wf)(i)} (wL / n)] \quad (3.8)$$

Önceki blokta sınır içindeki m_a ve m_b kütleli akışlar, şindikindeki ısı transferleri katmanın kütleli akışına eklenirse; sınır içindeki tüm katmanlar bu blokta aynı akışkan sıcaklığına sahip olacaklardır. Şekil 3.5 te akışkan sıcaklıkları ve dağılımlarının detayları görülmektedir. **Adam ve diğ. (2001)**



Şekil 3.5 Simülasyon modelleri görsel anlatımı. Adam ve diğ. (2001)

Bölgesel ısı transfer katsayıları;

Duvardaki bölgesel ısı transfer katsayıları aşağıdaki hesaplama yolu ile bulunur. **(Holman, 1997)**

k: Havanın ısı iletkenliği, **β :** Genleşmenin hacim katsayısı ($1/K$), **v:** Havanın dinamik akışmazlığı

$$h_{(wf)(i)} = [(k_n / L_i) 0,1 (Gr Pr)^{1/3}]$$

$$Gr = [[(T_{w(i)} - T_r) (L_i / n)^3 g \beta] / \nu^2] \text{ deki } T_r \text{ oda sıcaklığıdır.} \quad (3.9)$$

Deneysel araştırmalara dayanarak düzensiz akışın duvarda olduğu varsayılmaktadır.

Isı transfer denklemleri;

Akışkanın sıcaklık denklemindeki değişkenleri hesaplamak için; duvar ve cam için termal denge denklemleri yazılmalıdır.

$$\sum_{i=1}^n q_{r(ge)(i)} + \sum_{i=1}^n q_{c(ge)(i)} = \sum_{i=1}^n q_{a(sg)(i)} + \sum_{i=1}^n q_{r(wg)(i)} \quad (3.10)$$

Bu denklemin parçaları aşağıdaki şekillerde de yazılabilir.

Işınım ile enerji kaybı:

$$q_{r(ge)(i)} = [(T_g^4 - T_e^4) \sigma] / R_{(ge)} A_{g(i)} \quad (3.11)$$

Buradaki $R_{(ge)} = (r_g / \epsilon_g A_{g(i)}) + (1 / A_{g(i)} F_{(ge)})$ de “ $A_{g(i)} = w L / n$ ” ve “ $F_{(ge)} = 1$ ” olarak yazılabilir.

q: Isı akışı (=heat flux) (W/m^2), **A:** Giriş ve çıkış açıklık alanı (m^2), **σ :** Stefan-Boltzmann sabiti (W/m^2K^4), **ϵ :** Işınımın yansıtılması, **F:** Işınım biçim faktörü

Dış ortama taşınım yolu ile enerji kaybı;

$$q_{c(ge)(i)} = h_{(ge)} (T_g - T_e) \quad (3.12)$$

Gelen güneş ışınlımından enerji kazancı;

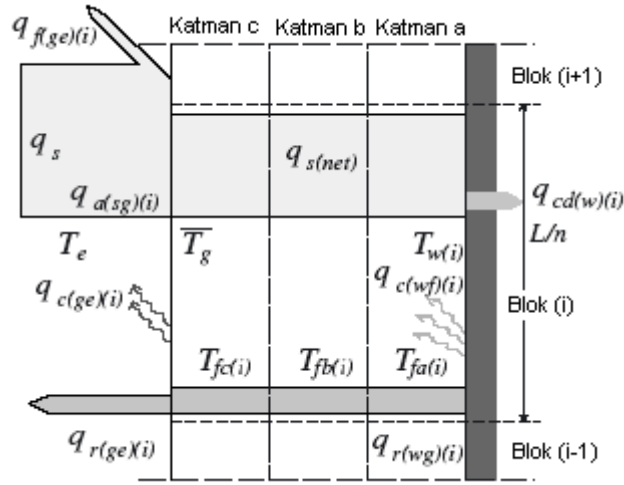
$$q_{a(sg)(i)} = q_s \alpha_g \quad (3.13)$$

Işınım ile duvarın bloğundan enerji kazancı;

$$q_{r(wg)(i)} = [(T_{w(i)}^4 - T_g^4) \sigma] / R_{(wg)} A_{g(i)} \quad (3.14)$$

Buradaki $R_{(wg)} = [(1 - \epsilon_w) / (\epsilon_w A_{w(i)})] + (1 / A_{w(i)} F_{(wg)}) + [(1 - \epsilon_g) / \epsilon_g A_g]$,

$A_w = w L / n$ olarak yazılabilir ve camın alanının duvar bloğunun alını ile karşılaştırıldığında daha fazla olduğu halde $F_{(wg)} \approx 1$ olarak kabul edilebilir.



Şekil 3.6 Blok modeldeki enerji transferleri. Adam ve diğ. (2001)

Duvar bloğunda verilen ısı dengeleri:

$$q_{a(sw)(i)} = q_{c(wf)(i)} + q_{r(wg)(i)} + q_{cd(w)(i)} \quad (3.15)$$

Absorbe edilmiş güneş enerjisi;

$$q_{a(sw)} = q_{s(net)} \alpha_w \quad (3.16)$$

Akış halindeki akışkan için taşınım (=convective) yolu ile ısı kaybı;

$$q_{c(wf)(i)} = h_{(wf)(i)} (T_{w(i)} - T_{f(i)}) \quad (3.17)$$

Arka taraftaki yalıtıma doğru iletim(=conductive) yolu ile ısı kaybı:

$$q_{cd(w)(i)} = U_b (T_{w(i)} - T_b) \quad (3.18)$$

Cam için ısıtım ısı kaybı $q_{r(wg)(i)}$ denklemi (3.14) ile aynıdır.

α : Işınlamanın emilmesi, U_b : Duvarda beslenen tüm iletim ısı transfer katsayısı (W/m^2K), C_{di} , C_{do} : Giriş ve çıkış boşaltım katsayısı (-), s : Cam ile duvar arasındaki uzaklık (-), τ : Işınlamanın geçirgenliğidir.

Vantilasyon oranı denklemleri:

Bacanın akış oranını hesaplamak için, her bir katman için ayrı ayrı vantilasyon akış oranı hesaplanmalıdır.

Katman “a” daki yoğunluk:

Ortalama: $\rho \nabla_a = 353,25 / T \nabla_{fa}$

Çıkış : $\rho \nabla_{fa(n)} = 353,25 / T_{fa(n)}$

Katman “a” için akış oranı denklemleri:

Çıkışta :

$$Q_{oa} = C_{do} A_a \left[(2 / \rho_{fa(n)}) [(\rho_e - \rho \nabla_{fa}) g L \sin \varphi + p_m] \right] \quad (3.19)$$

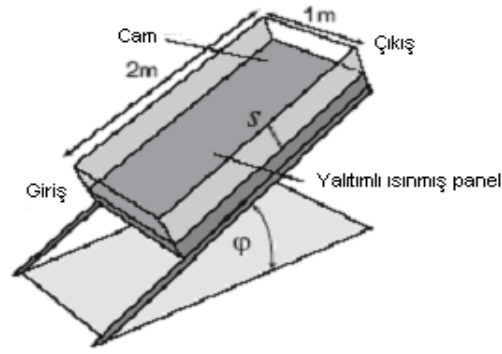
Girişte:

$$Q_{ia} = C_{di} A_a \left[(2 / \rho_r) (-p_m) \right] \quad (3.20)$$

Söz konusu çalışmada bacadaki ısı transferleri, hava akışı ve tüm bu denklemlerin kullanılması için bir simülasyon programı inşa edilmiştir.

Deneyler, Deney kurulumu;

Deney sırasında bir çok değişken değiştiği için dizaynda esnek deneysel araçlar kullanılmıştır. Bu esnek tasarım baca kanalının kalınlığının ve düzeneğin eğim açısının değişebilmesine olanak sağladı. Elektrikle ısıtılan paneller alüminyum duvar yüzeyinde ısı akışı meydana getirdi. Arka tarafı ise ciddi olarak yalıtıldı. Kanalın uzunluğu 2m ve genişliği 1m dir. Kanal kalınlığı ise 10, 20 ve 30cm olacak şekilde değiştirilebilmektedir. Bacanın eğimi de 30, 45, 60, 75 ve 90 derece olarak değişebilmektedir. Isı akışı 100, 300 ya da 500 W/m² dir. Deneysel düzenek Şekil 3.7 de görülebilmektedir.



Şekil 3.7 Deneysel aparatlar. Adam ve diğ. (2001)

Ölçme teknikleri;

Ölçümler, tavan yüksekliği fazla olan bir deney odasında tamamlanmıştır. Oda sıcaklığı 13 ve 16 derece arasında deneyler boyunca sabit olması sağlanmıştır.

Arka tarafın ısı kaybı, duvar sıcaklığı, hava sıcaklığı ve oda sıcaklığı ısı çiftleri (=thermocouple) kullanılarak ölçülmüştür. Çıkış hızları hot-wire anemometre ile çıkış ağzında ölçülmüştür. **Adam ve diğ. (2001)**

Sonuçlar ve kararlar;

Karakteristik değişkenler ve durumlar;

Deneyler esnasında değişkenlerin değerleri kullanıldı ya da ölçüldü. Sonuç olarak simülasyon girdi değişkenleri bir biri ile uyushmaktadır. Bunların sayısal değerleri Tablo 3.1 de gösterilmektedir. Tablo 3.2 de de deney durumları gözükmektedir.

Tablo 3.1 Değişkenlerin değerleri. Adam ve diğ. (2001)

Değişkenler	Değerleri
Baca genişliği w (m)	1
Baca yüksekliği L (m)	2
Blokları numarası n (-)	20
Giriş boşaltım katsayısı C_{di} (-)	0,8
Çıkış boşaltım katsayısı C_{do} (-)	
$s=0,1m$	1,5
$s=0,2m$	2,1
$s=0,3m$	2,7
Dış mekan sıcaklığı T_e (K)	288
* Kanal sürtünme direnci gözönünde bulunduruldu	

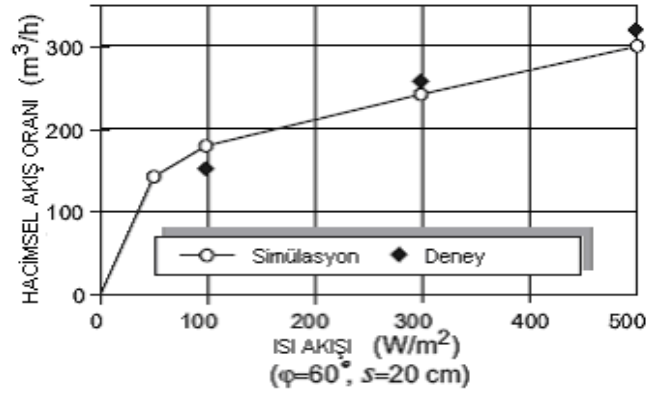
Tablo 3.2 Deney durumları. Adam ve diğ. (2001)

$q_{s(nat)}(W/m^2)$		100		300		500	
$s(cm)$		20		10	20	30	20
$\varphi(^{\circ})$	30				○		
	45				○		
	60	○	○	○	○	○	○
	75				○		
	90				○		

Deneyler 60° lik deney düzeneğinde tüm belirtilen özelliklerde gerçekleştirilmiş ve 300 W/m² nin 20 cm boşluk durumunda da tüm eğimlerde denenmiştir.

Deney ve simülasyon sonuçları;

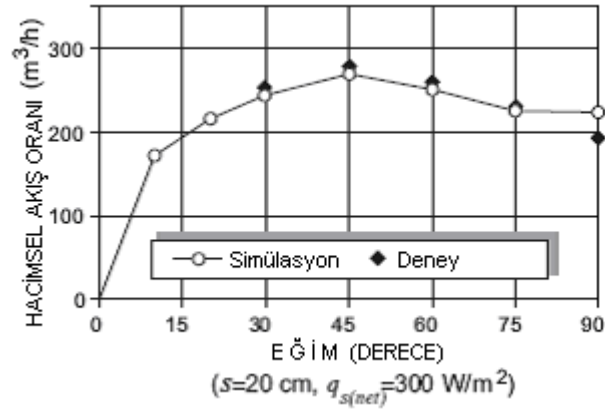
Şekil 3.8 göstermektedir ki akış oranı ısı akışına bağlıdır. Ufak ısı akışının bile akış oranında önemli etki yaptığı Şekil 3.8 den görülmektedir. 100 W/m² lik ısı akışında akış oranı 500 W/m² dekinin yarısından fazla üretim yapmaktadır.



Şekil 3.8 Akış oranı ve ısı akışı. Adam ve diğ. (2001)

Değişen eğim açılarında akış oranı;

Şeki 3.9 eğim açıları ve akış oranı arasındaki ilişkileri göstermektedir. 45 derecede maksimum akış oranı gözlenmiştir. Ufak akış oranları büyük eğim açılarında meydana gelmiştir. Batmazlık (=buoyancy) etkisi, büyük eğimden dolayı gelişse bile, ince sınır (=boundary) tabaka, ufak akış oranında oluşmaktadır. Dik eğim sonuçları bir miktar farklı çıksa da, simülasyon değerleri deneysel ile çakışmaktadır.

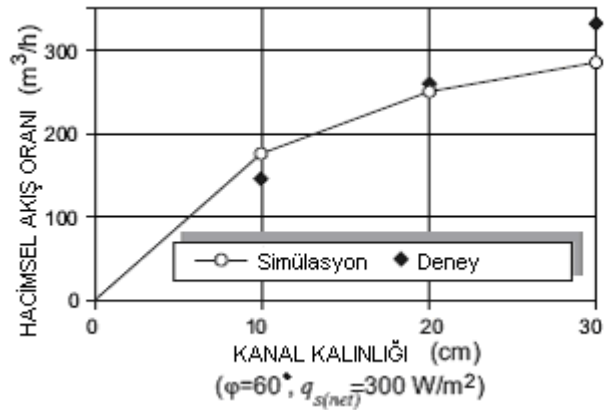


Şekil 3.9 Eğim ve akış oranı. Adam ve diğ. (2001)

Değişen kanal kalınlığında akış oranı;

Şekil 3.10 kanal kalınlığı ve akış oranı arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Kanal kalınlığındaki artma, kanaldaki yayılan ısı için direncin azalması anlamına gelmektedir. Yayılan ısı sonucunda daha kalın sınır tabaka oluştuğu için, daha fazla akış oranı oluşmuştur.

Sonuç; Bu simülasyon modeli geniş oranda değişkenler için akış oranlarını tahmin edebilmektedir. Burada tüm eğim açılarında güneş bacasının performansını görebilmekteyiz. **Adam ve diğ. (2001)**



Şekil 3.10 Kanal kalınlığı ve akış oranı. Adam ve diğ. (2001)

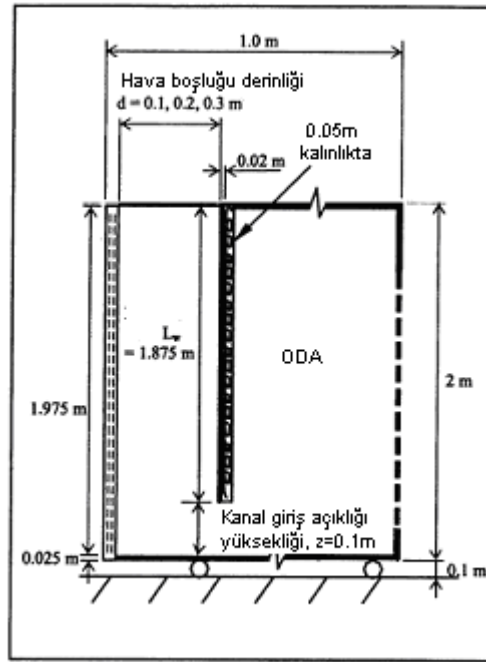
3.2. Güneş Bacasının Yapıda Kullanıldığı Örnek Çalışmalar ve Bulguları

Duvar tipi güneş bacası üzerine yapılan bir çalışma örneğinde;

Güneş bacasının performansı; camın sıcaklığı, ısı absorbe eden duvarın sıcaklığı ve aynı zamanda baca içindeki uyarılmış hava akışının hızı ve sıcaklığı ile ilgilidir.

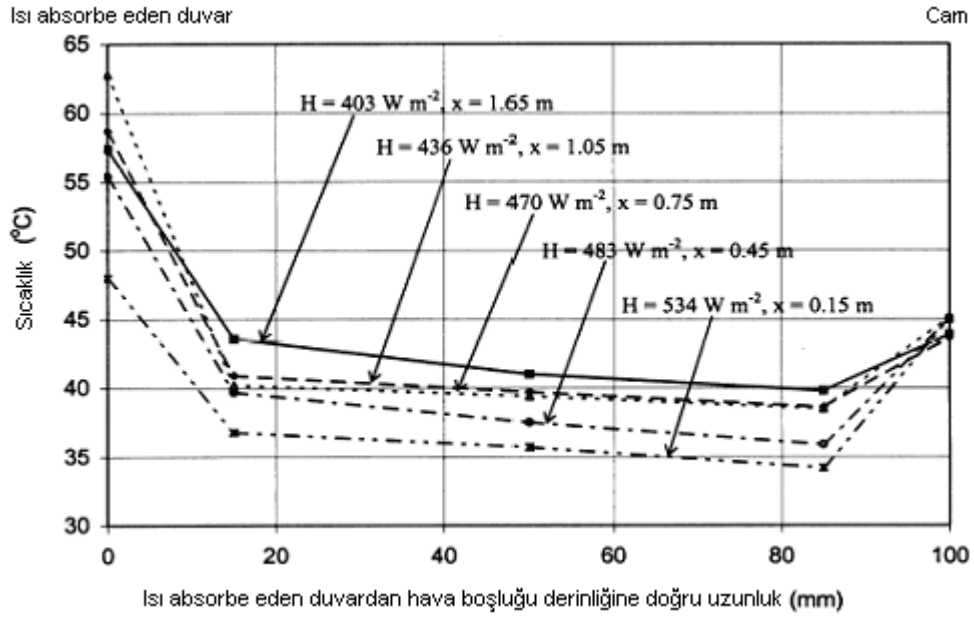
Burada güneş ışıınımı miktarı ve hava boşluğu etkilerinin farklı bacalar üzerindeki performansları araştırılmıştır. Teorik modelin doğruluğunu onaylayabilmek için deneyler 2m yüksekliğinde 0,45m genişliğinde fiziksel model (0,1-0,2-0,3m hava boşluklarında) üzerinde yönetilmiş. Deneyler çatıdaki dış mekanda tamamlanmış ve böylelikle deney modeli hem direkt hem de yaygın güneş ışıınımına maruz kalmaktadır.

Güneş bacası Şekil 3.11 de gösterildiği gibi göz önünde bulundurulmuştur. Trombe duvara benzemesine rağmen Burada duvar kütlesi önemsenmemiştir. Bir tarafı cam ile kaplanan ve diğer üç kenarı duvar olan baca formu kanalı içindeki havanın ısınıp yükselmesiyle doğal konveksiyon sağlanabilmektedir. Duvarın dibindeki açıklık, odadan kanala hava girmesine izin verir. Isı absorbe eden duvarın ışığa maruz kalan yüzeyleri, güneş ışıınım emiciliğini artırması amacıyla siyaha boyanmıştır.

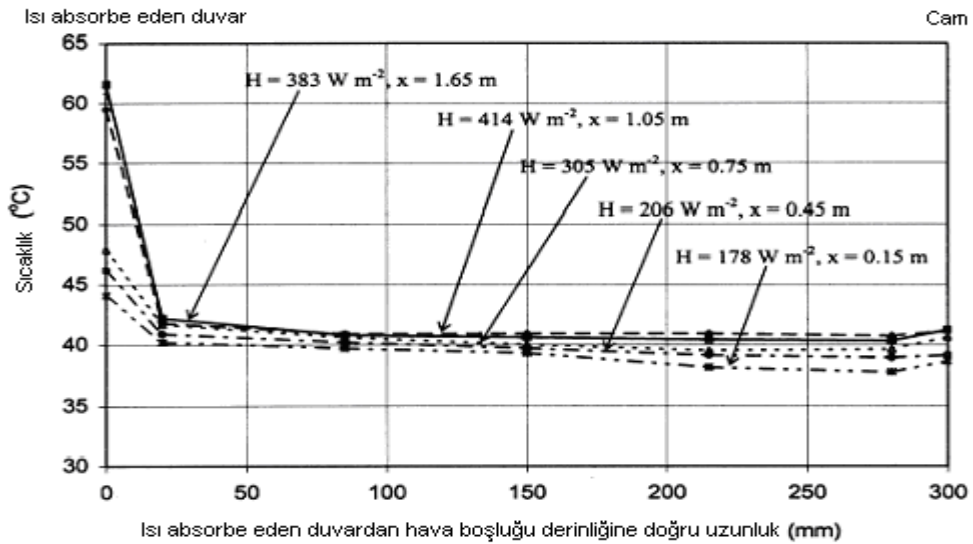


Şekil 3.11 Güneş bacasının kesiti. Ong and Chow (2003)

0,1 m ve 0,3 m (d) hava boşluğu derinliklerinde ve farklı yükseklik seviyelerindeki hava sıcaklık dağılımı belirlenmeye çalışıldı. Şekil 3.12 ve Şekil 3.13 te her iki durum için sıcaklık dağılımı görülmektedir. Her durumda cam sıcaklığı genelde hava sıcaklığından daha yüksektir. Beklendiği gibi daha dar bacalardaki ısı absorbe eden duvarlar hava sıcaklığı dağılımından daha fazla etkilenmektedirler. Daha geniş bacalarda örneğin d=0,3 m de orta bölgedeki hava sıcaklığı dağılımı oldukça düzdür.

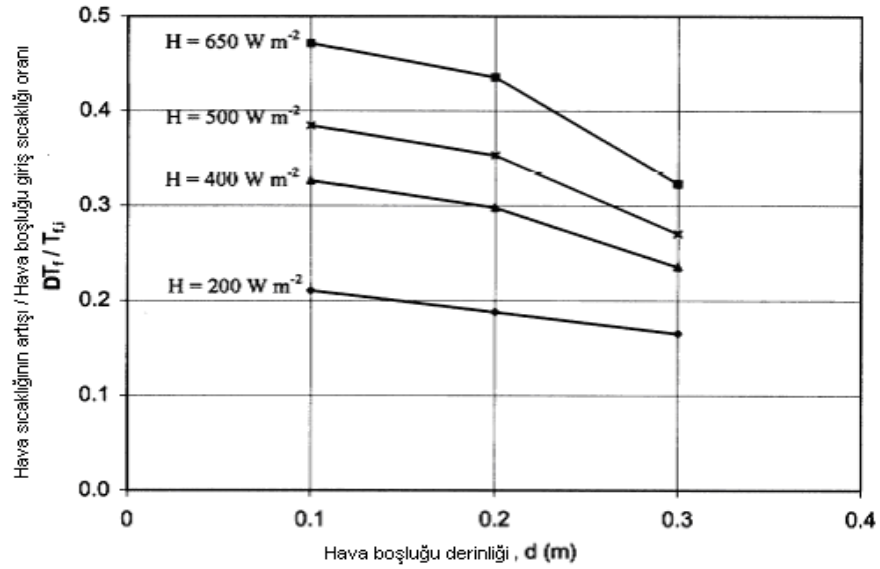


Şekil 3.12 d=0,10m hava boşluğu derinliğindeki sıcaklık dağılımı. Ong and Chow (2003)



Şekil 3.13 d=0,30m hava boşluğu derinliğindeki sıcaklık dağılımı. Ong and Chow (2003)

Şekil 3.14 te farklı güneş ışınlam seviyelerinde 0,1 m den 0,3 m ye kadar olan hava boşluğu derinliklerindeki değişkenler görülmektedir. Beklendiği gibi ortalama hava sıcaklıkları ve sıcaklık artışı güneş ışınlamı ile birlikte artmaktadır. Aynı zamanda bulundu ki ortalama sıcaklıklar ve sıcaklık artışları hava boşluğu derinliği ile birlikte azalmaktadır. Güneş bacasında daha büyük hava boşluklarında sonuç olarak daha fazla hava akış oranı meydana getirerek daha büyük soğutma etkisi yarattığı gözlenmiştir. Benzer şekilde daha yüksek hava akış oranı olan geniş hava boşluklarında daha fazla havanın ısınmasını sağladığı için; ortalama hava sıcaklığı ve sıcaklık artışı daha düşer.



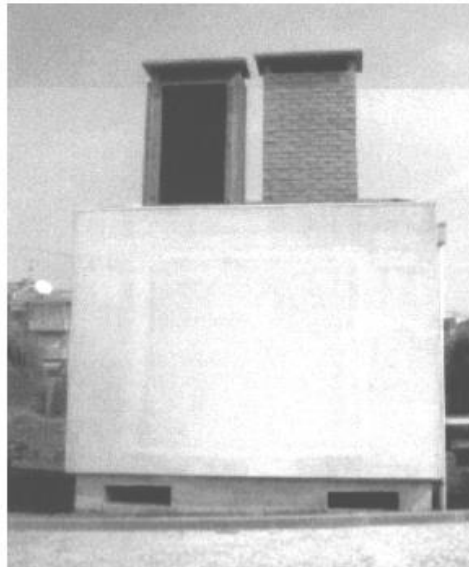
Şekil 3.14 Hava boşluğu derinliklerine karşılık gelen ortalama hava sıcaklık artışı.

Ong and Chow (2003)

Buradaki duvar tipi güneş bacasında 30 cm hava boşluğu derinliğine kadar ölçümler yapılmış olup sonuç olarak tersine hiçbir akış gözlenmemiştir. **Ong and Chow (2003)**

Çatıda yer alan baca şeklindeki bir başka güneş bacası örneğinde;

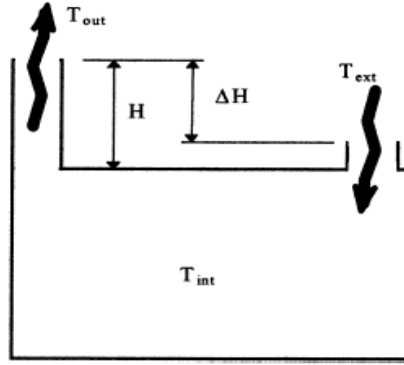
Biri güneş bacası diğeri de klasik baca olmak üzere iki adet baca inşa edilerek birbirleri ile karşılaştırılması yapılmıştır. Her iki çıkış bacasının iç kesit ölçüleri 0,2m ve 1m boyutunda olup 2 m yüksekliğindedir. Güneş bacasında duvarlar 10 cm kalınlığındaki tuğladan yapılarak, 5 cm kalınlığındaki dış yalıtımla kaplanmıştır. Şekil 3.15 test hücrecini ve çıkış bacalarını göstermektedir.



Şekil 3.15 Test odasındaki güneş bacası ve konvansiyonel bacanın görünüşleri.

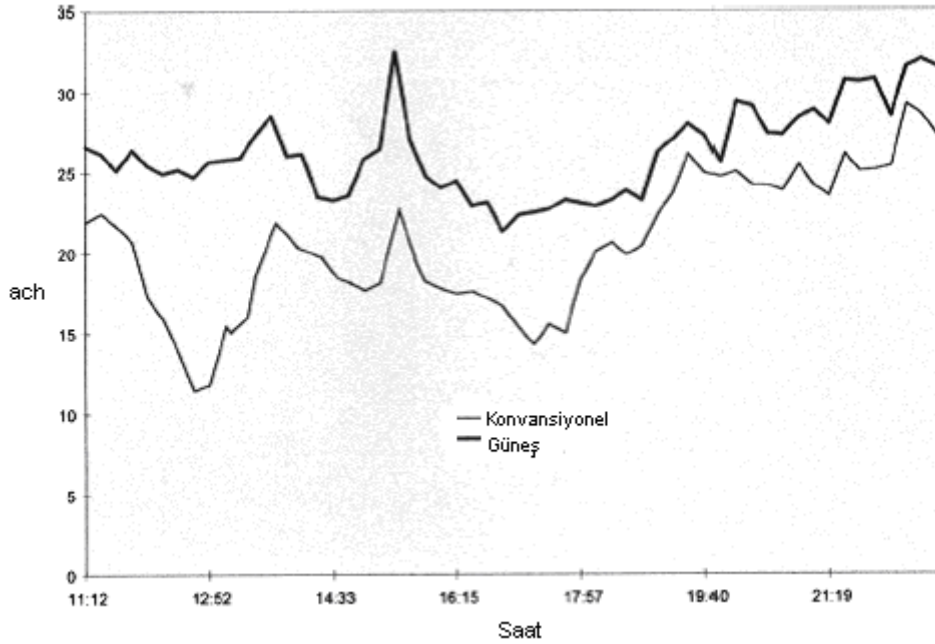
Alfonso and Olivera (2000)

İki oda da iç mekan sıcaklığının tam kontrolü ile birlikte, ısıtma olanağı ile birlikte donatıldılar.



Şekil 3.16 Giriş-çıkış bacaları ve hava sıcaklıkları. Alfonso and Olivera (2000)

Bu mekanda 6 Şubat ta ise ortalama hava değişim oranları, klasik bacada 20,1 ach' a (ortalama hava değişim sayısı) eşit iken güneş bacalı odada 26,2 ach'a eşit olmuştur. Bu da gösterir ki güneş yardımcı verim % 30,3 olmuştur. Gecenin başlangıcında ise güneş randımanı % 2,5'e eşittir bu da gündüz periyodu esnasındaki termal enerji depolanmasından meydana gelmektedir (Şekil 3.17).



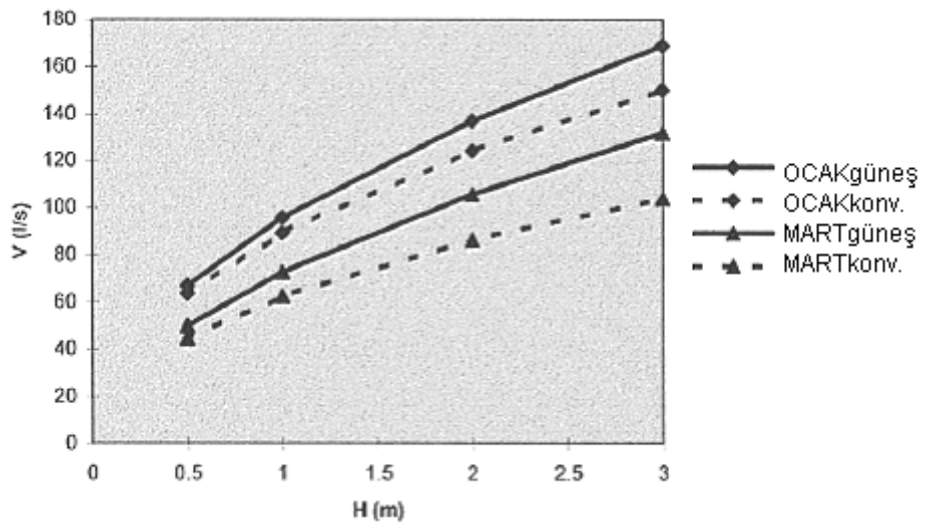
Şekil 3.17 Şubat 6'da her iki odadaki hava değişim oranları. Alfonso and Olivera (2000)

Duvarda daha fazla kalınlık daha fazla enerji stoklanmasını sağlamaktadır ve bu güneşin etkin olduğu saatlerde akış oranını azaltmakla birlikte, gece periyodu esnasında arttırmaktadır. Bunun anlamı, duvar kalınlıkları binadaki iç mekanın kullanım tipine göre uyum sağlayacak şekilde seçilmelidir diyebiliriz. Daha az kalınlıklar gündüz havalandırmasında tercih edilirken, daha fazla kalınlıklı olanlar ise gece havalandırmasında tercih edilebilir. Mamafih, 10 cm den daha fazla kalınlıklarda, zamana yayılmış olan akış oranında önemli bir fark görülmez.

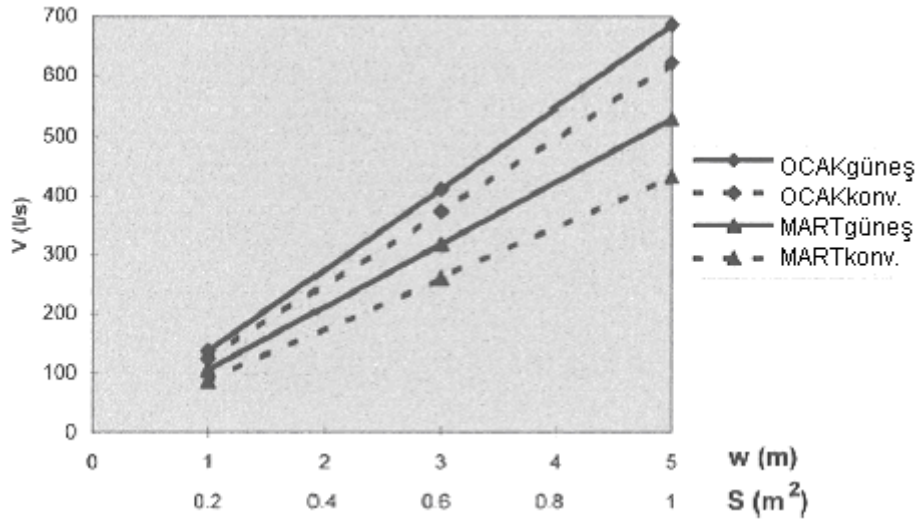
İzolasyonsuz bir güneş bacasında ideal sonuçla karşılaştırıldığında, güneş yardımcı verime göre %60 tan daha fazla kayıp vardır. Bu yüzden bacayı yalıtımlı hale getirmek gereklidir.

Baca yüksekliği (H) ve kesitinin (S) havalandırma akış oranına etkisini değerlendirmek için çeşitli boyutlar simule edildi: 0,5 ve 3 m arasındaki baca yükseklikleri, 1 ve 5 m arasındaki baca genişliği (w) gibi. Böylelikle bunlarda 0,2 ve 1 m² arası baca kesitleriyle uyumaktadır.

Ortalama akış oranları güneş bacasında her zaman konvansiyonel bacaya göre daha fazladır. Bu fark H ve w 'nin yüksek değerleri içinde yüksektir. Görüldüğü gibi hava akış oranı H in artmasıyla birlikte artar. Günlük maksimum ve minimum hava akış oranı farkı baca yüksekliği ile birlikte artar. Aynı zamanda, hava akış oranı doğrusal olarak w 'nin ve S 'nin artmasıyla artar. Şu sonuca varabiliriz ki baca genişliğindeki artış, baca yüksekliğindeki artıştan daha etkilidir (Şekil 3.18) ve (Şekil 3.19).

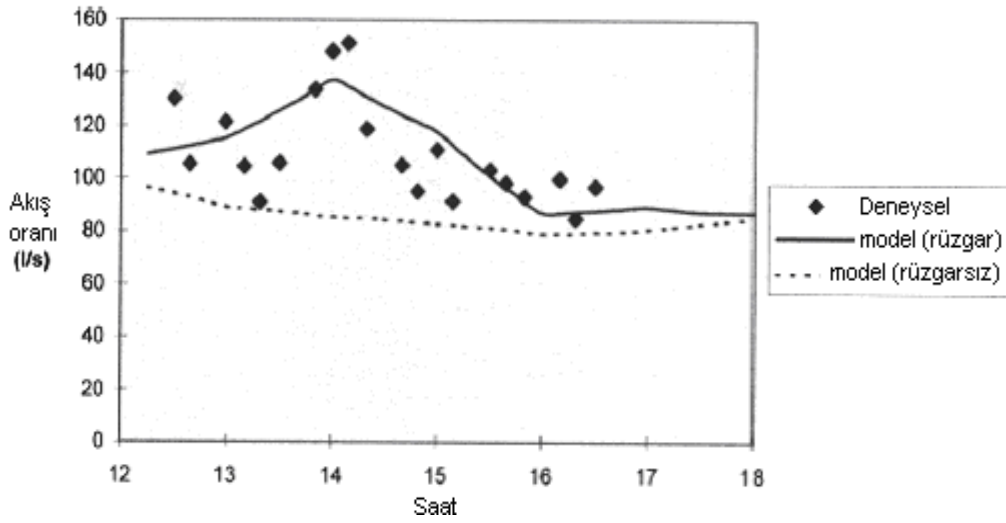


Şekil 3.18 Güneş bacası ve normal bacanın yükseklik artışı etkisi. Alfonso and Olivera (2000)



Şekil 3.19 Güneş bacası ve normal bacanın genişlik artışı ve onunla birlikte artan kesit alanı etkisi. Alfonso and Olivera (2000)

Rüzgar hızındaki ani değişimlerden dolayı deneysel değerlerin dalgalanması daha büyüktür (Şekil 3.20). Modelde rastgele değişimler göz önüne alınamaz, çünkü rüzgar hızının anlık değerleri kullanılır.



Şekil 3.20 Ocak 24'te ölçümlerin ve modelin vantilasyon akış oranı karşılaştırması.

Alfonso and Olivera (2000)

Bu deneysel araştırmadan şu sonuçları çıkartabiliriz:

Referans bacası için ve kış sezonundaki Portekiz'in ortalama iklimsel verileri için güneş yardımcı randıman %10 ile %20 arasında elde edilmektedir.

Sıcak aylar ve sıcak iklimler için güneş yardımının büyüklüğü daha fazladır.

Güneş kazanımında avantaj sağlamak için tuğla duvarda 5 cm kalınlığında dış yalıtım yapmak çok önemlidir. Eğer dış yalıtım kullanılmazsa güneş yardımcı randıman %60 dan daha fazla azalır.

Baca duvar kalınlığı binanın kullanım özelliği ile birlikte uyum gösterecek şekilde seçilmelidir. Binanın gece operasyonlarında daha fazla kalınlık önerildiği halde, gündüz operasyonlarında az miktarda kalınlıklar önerilmektedir. Mamafih, 10 cm den daha fazla kalınlıkta önemli bir gelişme kaydedilmemiştir.

Dizayn aşamasında; istenilen ortalama akış oranı için iki parametre değiştirilebilir. (baca kesiti ve baca yüksekliği) Ortalama akış oranı baca kesiti ile doğru orantılı olarak değişir. Daha fazla güneş ışınlamı toplama alanı doğurduğu için, daha fazla baca genişliğine ve daha az yüksekliğe sahip olmak tercih edilmelidir.

Rüzgarın gelişigüzel değişiminden dolayı, güneş bacasının dizaynında rüzgar etkisi göz önüne alınmaz. Bu yüzden de gerçek vantilasyon oranlarının altında değerler çıkacaktır. **Alfonso and Olivera (2000)**

İç mekandaki kirletici organik bileşiklerin güneş bacası ile azaltılmasını inceleyen bir çalışmada ise;

Pasif mimarlıkta, dış mekan kirliliğinin azaltılması için yeşil alanların geliştirilmesi yöntemi kullanılırken, iç mekan kirletici etmenlerin sağlık üzerine olumsuz etkilerini azaltmak içinde güneş bacaları kullanılabilir. Tablo 3.3 te iç mekan ve dış mekan için maksimum olabilecek kirletici organik bileşiklerin değerleri görülmektedir. Bu değerleri limitin altına çekebilmek için iç mekanın dış hava ile sirkülasyonu güneş bacası ile sağlanmalıdır. **Kumar ve diğ. (1998)**

Tablo 3.3 İç ve dış mekan için maksimum olabilecek kirletici organik bileşiklerin değerleri. Kumar ve diğ. (1998)

Bileşikler	İç mekan havası ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Dış hava ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1,1,1-trichloroethane	1500	300
Benzene	80	32
Carbon tetrachloride	10	< 10
Trichloroethylene	15	< 10
Tetrachloroethylene	100	35
Styrene	20	< 10
m,p-dichlorobenzene	75	35
Ethylbenzene	32	15
o-xylene	25	15
m,p-xylene	< 10	25
TSPM	300	780
NO _x	3.0	6.8

Farklı bir duvar tipli güneş bacası örneğinde elde edilen bulgulara göre;

Vantilasyon oranının, baca duvarı sıcaklığı ve ısı kazancı ile arttığı görülmüştür.

Camlı güneş bacasının performansı ısı kazancı kadar, dış mekan hava durumlarından da etkilenmektedir.

Tek camlı güneş bacası kış koşulları için yetersiz görülmektedir.

Çift camda dahi yoğuşma sorunları gözükse bile, üç camlı güneş bacasında bu sorunlar en aza inmektedir.

Pasif baca vantilasyonuna dayanan akış oranını arttırmak için baca yüksekliği artırılmalıdır.

Daha etkili bir akış oranı elde etmek için rüzgar gücü kullanılabilir. Bacanın çıkış yönü negatif basınç bölgesinde, giriş tarafı da rüzgarın pozitif basınç bölgesi tarafında olabilir. **Gan and Riffat (1998)**

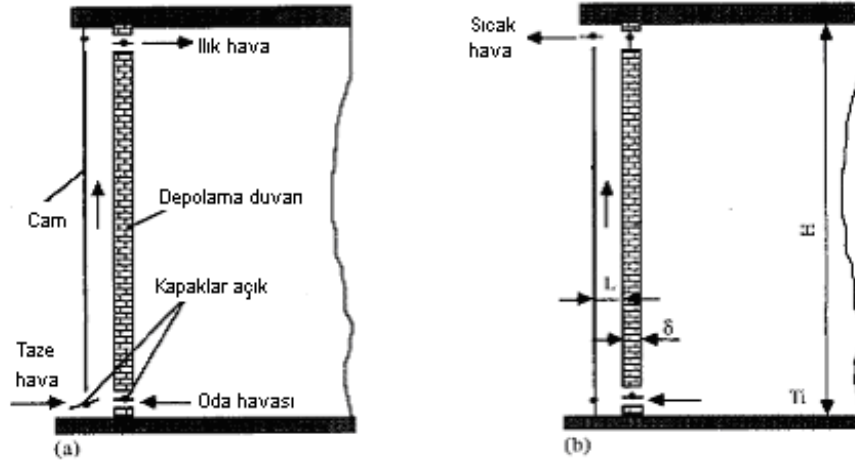
Mekan içinde düzenli bir sıcaklık dağılımı sağlamak için bacanın hava alış kanalı tavana en yakın noktada olmalıdır. **Ziskind ve diğ. (2002)**

Trombe duvar güneş bacası gibi kullanılabilir;

Trombe duvar kışın ısıtma, yazın soğutma amacı ile kullanılabilir (Şekil 3.21). Yaz soğutmasında trombe duvar kullanıldığı zaman batmazlık (=buoyancy) etkisi ile vantilasyon oranı uyarılır. Batmazlık etkisi duvar sıcaklığı, güneşsel ısı kazancı, duvar yüksekliği ve kalınlığı gibi değerlerle artar. Eğer kanal eni ile birlikte giriş ve çıkış açıklıklarının boyutları arttırılırsa duvar ve cam arasındaki vantilasyon oranı da artacaktır. Trombe duvar sisteminde tek cam yerine çift cam kullanmak kışın ısı kaybını azalttığı gibi yazın da pasif soğutmayı arttırır. Yaz soğutmasında vantilasyon oranını arttırmak için trombe duvarın iç mekan yüzeyi yalıtılmalıdır. Bu aynı

zamanda duvardan radyasyon ısı transferi ve de konveksiyondan dolayı oluşabilecek oda sıcaklığındaki istenmeyen aşırı ısınmayı önleyecektir.

Eğer pasif soğutma için yalnızca güneş enerjisi kullanılıyorsa, güneş bacasının trombe duvar ile kullanımı tercih edilmelidir. (Gan, 1998)



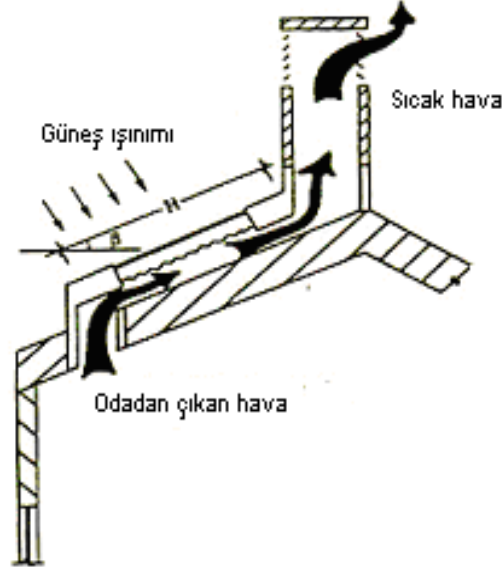
Şekil 3.21 Kış ısıtması ve yaz soğutması için Trombe duvarın şematik diyagramı.

(Gan, 1998)

Çatıda kullanılan güneş bacalarını inceleyecek olursak eğer;

2,25m² lik kollektör alanlı bir güneş bacasında, 100 ve 1000 W/ m² lik yatay yüzeydeki güneş ışınımı değerlerinde 100 ve 350 m³/hr'lik ventilasyon oranı olduğu görülmektedir (Şekil 3.22).

Uyarılmış hava akışının bu değerleri kollektörün geometrisine, kesitine, kanala ve hava ısıtılmalı güneş kollektörünün performans parametrelerine bağlıdır. **Bansal ve diğ.(1993)**



Şekil 3.22 Çatıda kullanılan güneş bacası. Bansal ve diğ.(1993)

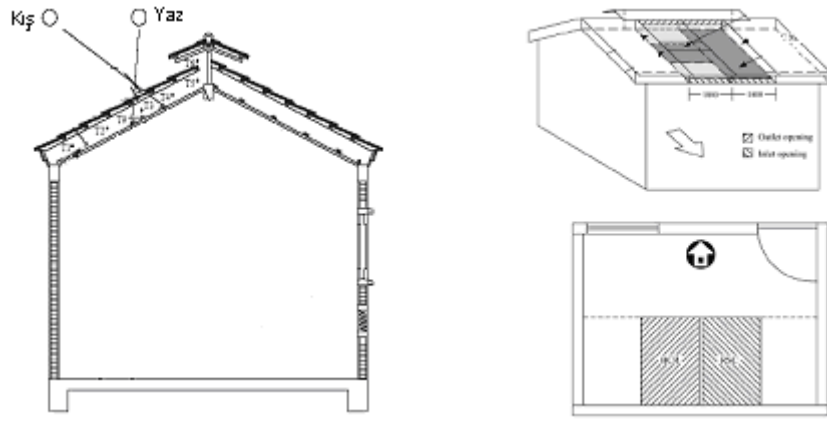
Çatıda kullanılan güneş bacasının yüzey alanı artırılarak hava hızı arttırılabilir.

Eğer amaç maksimum vantilasyon ve oda-dış mekan arasındaki ısı farkını minimuma indirmek ise sadece pencere ve kapıları açmak güneş bacasının sağladığı etkiden daha azdır. **Khedari ve diğ. (2000a)**

Çatıda kullanılan diğer bir örnekte ise;

Çatının şeffaf malzeme ile kurulması yöntemi ile hem hava değişimi gözle görülür bir derecede uyarılmış hem de aydınlanma seviyesi arttırılmıştır (Şekil 3.23). Bu yöntem sıcak ve nemli iklim bölgelerinde kullanılabilir.

İki ünite 25 m^3 hacimli tek odalı güneş evinin çatısına güneye bakacak şekilde $1 \times 1,5 \text{ m}^2$ yüzeyler olarak yerleştirilmiştir. Bunun sonucunda iç mekan aydınlık düzeyi yaz döneminde 300; kış döneminde 140 lx olmuştur. ACH (hava değişim sayısı) ise yazın 13-14, kışın 5-7; yani kışa göre yazın iki kat fazla olmuştur. **Waewsak ve diğ. (2003)**

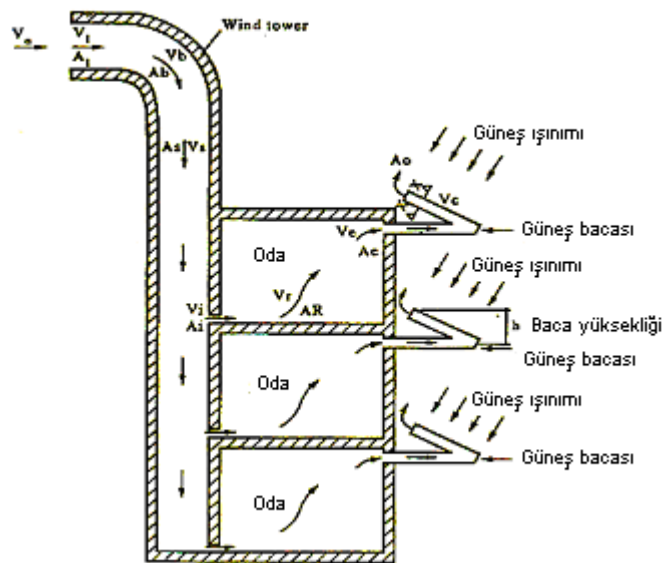


Şekil 3.23 Çatı güneş bacasının plan, kesit ve perspektivi. Khedari ve diğ. (2000b)

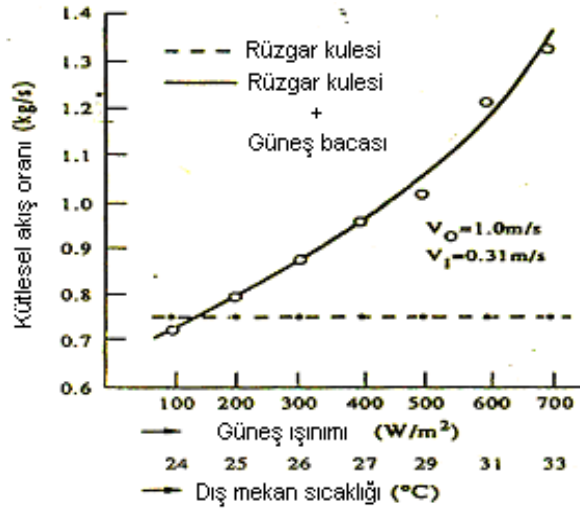
Çatı kullanılarak elde edilen sonuçlarda geniş hava boşluğunda, geniş ve eşit açıklıklarda en yüksek hava akış oranı meydana gelmektedir. **Khedari ve diğ. (2000b)**

Rüzgar kulesi yardımcı çatı güneş bacası örneğinde;

Güneş bacası konseptinin bir rüzgar bacası ile (Şekil 3.24) birlikte kullanılarak doğal havalandırma yaratma çalışmaları incelenmiştir. Güneş bacası etkilerinin hesabında rüzgar hızlarından çok daha yüksek hızlara ulaşılmıştır. Örnek olarak (Şekil 3.25); çevre rüzgar hızı 1,0 m/s iken rüzgar bacası kendi başına 0,75 kg/s lik kütleli akış oranı yaratmıştır. Güneş bacası yardımcı bir sistemde 700 W/m² lik güneş ışınlamada 1,4 kg/s lik hava akışı oluşmuştur. **Bansal ve diğ. (1994)**



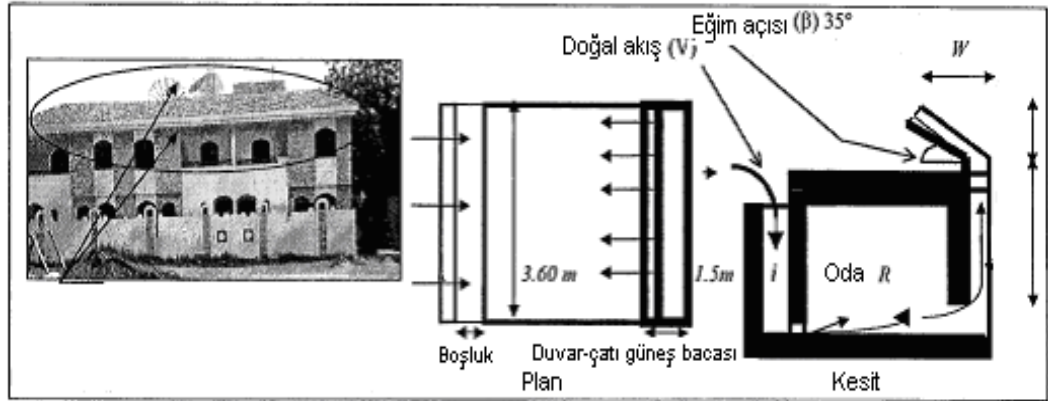
Şekil 3.24 Rüzgar kulesi-güneş bacası şematik sistemi. Bansal ve diğ. (1994)



Şekil 3.25 $V_0 = 1,0 m/s$ çevre rüzgar hızında kütlesel akış oranı. Bansal ve diğ. (1994)

Hem duvar hem de çatıda kullanılan güneş bacası örneğinde;

Duvar ve çatı konumlarının ikisinin beraber kullanılması daha iyi sonuçlar doğurmaktadır (Şekil 3.26). Sonuçlar göstermiştir ki, hava akış oranı sadece çatı güneş bacasının verdiği sonuçlara göre ($0,81$ den $2,3 m^3/s$ ye) 3 kat artmıştır. **AboulNaga and Abdrabboh (2000)**



Şekil 3.26 Hem duvar hem de çatıda kullanılan güneş bacası örneği.

AboulNaga and Abdrabboh (2000)

3.3. Güneş Bacasının Diğer Kullanım Alanları

Güneş bacasının havalandırma dışında kurutma ve elektrik elde etme gibi başka amaçlı kullanım alanları da olabilmektedir.

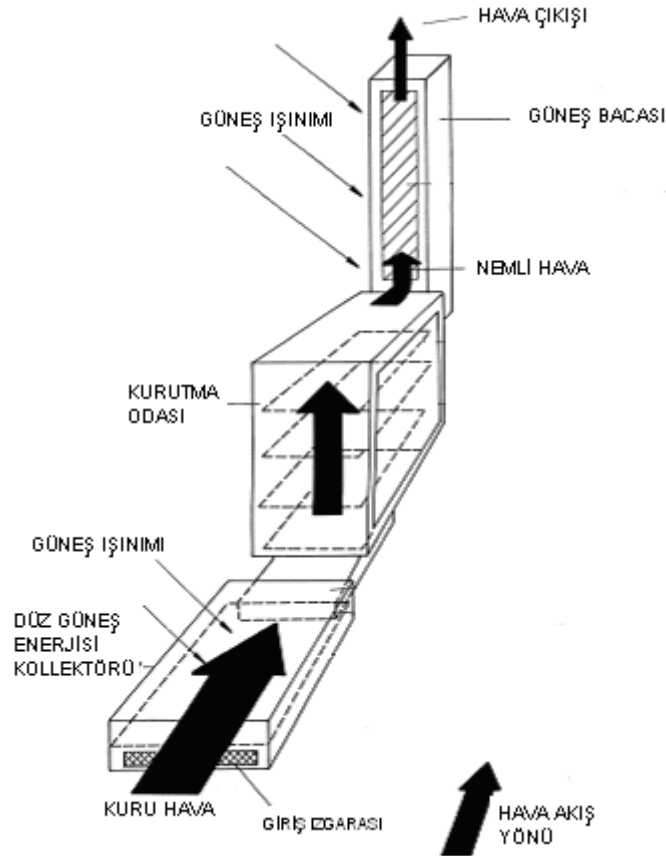
3.3.1. Güneş Bacasının Kurutmada Kullanılması

Güneş bacaları hem direkt hem de indirekt pasif ve aktif kurutma sistemlerinde kullanılabilir. Her birinin de ortak amacı, hava akış hızında artma meydana getirmek ve böylelikle nemin daha çabuk olarak dışarı atılmasını sağlamaktır.

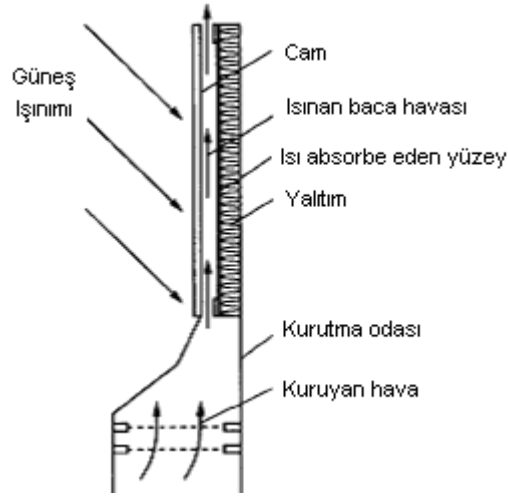
Şekil 3.27 deki indirekt tipli-doğal sirkülasyonlu-güneş enerjili kurutmada mahsuller opak yalıtılmış kurutma odasında tepsi ya da raflar üzerine yerleştirilir. Buradaki ürünler düz şeklindeki güneş kolektörü yolu ile ısıtılır. Bu tip kurutmaya genellikle direkt güneş ışınlarının zararlı olabileceği çabuk bozulabilecek yiyecekler, meyvalar v.b konulur. **Ekechukwu and Norton (1999)**

Bu tip kurutma aşağıdaki ana ünitelerden oluşur.

1. Hava ısıtmalı güneş enerjili kolektör
2. Uygun şekilde yalıtılmış kanallar
3. Kurutma odası
4. Güneş bacası (Şekil 3.28). **Ekechukwu and Norton (1997)**



Şekil 3.27 İndirekt tipli-doğal sirkülasyonlu-güneş enerjili kurutmanın özellikleri. **Ekechukwu and Norton (1999)**



Şekil 3.28 Kurutma amaçlı güneş bacasının kesiti. Ekechukwu and Norton (1997)

3.3.2. Güneş Bacasının Elektrik Üretiminde Kullanılması

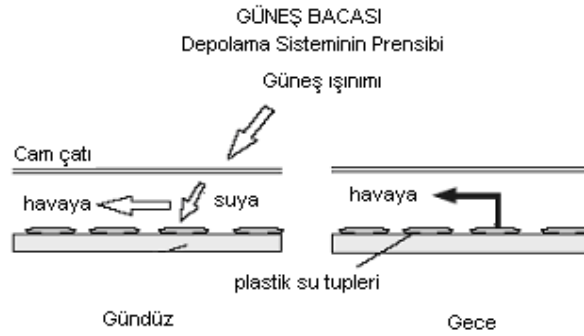
Güneş bacaları iyi bilinen üç teknolojidendir; sera, baca ve türbin. Gelen güneş ışınımı geniş saydam kollektör çatısının altındaki havayı ısıtır. Sıcaklık farkı bacanın en yüksek seviyesinde basınç düşüşüne sebep olur, bu da türbinler yolu ile mekanik enerjiye ondan sonra da konvansiyonel jeneratörler ile elektrik enerjisine çevrilir. (Schlaich, 1999)

Eğer düz bir alan cam ile kaplanarak güneşe maruz bırakılırsa, altındaki toprak ve hava ısısı sera etkisi ile dışarıdaki sıcaklığın yaklaşık 35°C kadar daha üstüne çıkar. Eğer oluşturulan bu cam alan merkeze doğru hafif bir eğimle yüksek bir bacaya bağlanırsa, sıcak hava hızı baca girişinde 15m/s ye kadar ulaşacaktır. Bu hava akışı yatay olarak dönen rüzgar jeneratörü yardımıyla elektrik üretiminde kullanılabilir. Oluşturulan bu kollektör dağınık ve direkt güneş ışınımının kullanılmasına izin verir. Isı deposu olarak hareket eden şeffaf kaplamanın altındaki toprak, günbatımından sonraki birkaç saat için santralin çalışmasını olanaklı kılar. Güneş bacalı elektrik santrali 30-100 MW lık bir güç için dizayn edilebilir. (Schlaich, 1994)

İlk 50 Kw lık elektrik güçlü deneysel santral, İspanya'nın Union Electrica Fenosa kuruluşu ile birlikte Alman hükümetinin sponsor olarak 1981-1982 tarihlerinde Manzanares / İspanya'da inşa ettikleri santraldir (Şekil 3.30). Burada baca 200 m yüksekliğinde, kollektör alanı ise 45000 m² ye sahip idi. Derin tecrübe 1982 ile 1989 yılları arasında yedi senelik operasyon sonucunda kazanılmıştır. 1986 ve 1989 seneleri arasında bu santral elektrik şebekesine bağlanmıştır. 1987 de bu sistem

gündüz 3157 çalışma saatine, gece de 244 saate ulaşmıştır. Manzanares prototipi deneysel periyottan sonra kaldırılmıştır. **Trieb ve diğ. (1997)**

Güneş bacaları için optimum bir fiziksel boyut yoktur. Baca çok büyük olsa bile az kollektör alanı ile yine aynı sonucu aynı sonucu gösterebilir. Bu yüzden bacanın optimum boyutlarına karar verirken kollektör yarıçapının ve ortaya çıkacak yapının maliyetinin de etkili olduğunu da unutmamak gereklidir. Açıkça; 1000 W/m^2 lik ışınlımda 30-200 MW lık bir başarı elde etmek için 2200-4000 m çaplı çatı kollektör alanına ve 750-1500 m yüksekliğinde bacaya ihtiyaç vardır diyebiliriz. Eğer su dolu siyah tüpler çatının altındaki toprağın üstüne yerleştirilirse ve çatı çapı 7200 m ye çıkartılırsa 24 saat boyunca sürekli olarak 200 MW lık bir sonuç elde edilebilir (Şekil 3.29). Bu güneş bacasından şimdi; $2300 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ lık güneş ışınlımında yaklaşık 1500 GWh /a lık bir sonuç elde edilmektedir.



Şekil 3.29 Çatının altındaki ısı depolayan su dolu siyah tüpler. (Schlaich, 1999)

Mümkün olduğu kadar ekonomik olması düşünülen toplam maliyetin hemen hemen %50 si kollektör çatı maliyeti olarak görülmüştür. Cam paneller ise 1m'lik latalar üzerine oturtulmuştur. Bunlar da 9m de bir çelik tüp ayaklarla desteklenmiştir. Manzanares / İspanya'da yapılan güneş bacası prototipinde bu iskeletin en etkili biçim olduğu görülmüştür (Şekil 3.30) (Şekil 3.31).

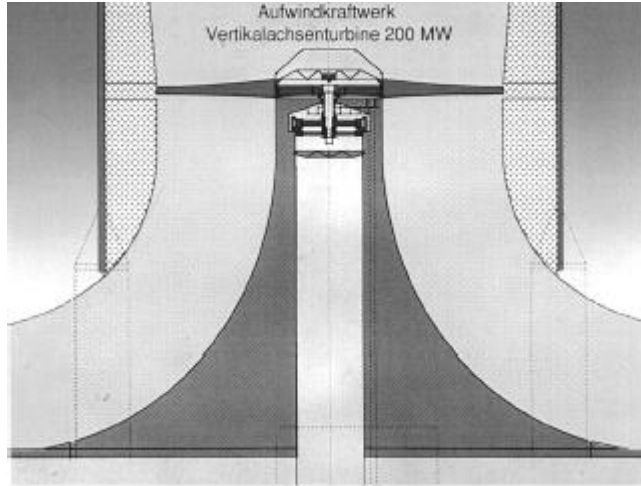


Şekil 3.30 Manzanares / İspanya'daki güneş bacası. (Schlaich, 1999)



Şekil 3.31 Güneş bacasının cam kollektör çatısı. (Schlaich, 1999)

Güneş bacasında kullanılan türbinler; hız ile indüklenmiş doğal rüzgar elektrik santrallerinden çok basınç ile indüklenen su türbinleri ile temel olarak daha yakın ilişkidir. Bu yüzden, kurulum ve hesaplama işlerinde hidroelektrik santrali inşa edenlerden yardım alınmıştır. Bir dikey eksenli 200 MW lık türbin baca merkezinin tabanına yerleştirilmiştir (Şekil 3.32). (Schlaich, 1999)



Şekil 3.32 Dikey şafttaki 200MW lık türbin. (Schlaich, 1999)

Çin'in kuzeybatısında kurulan güneş bacalı elektrik santralinden iki ana sonuç çıkarılmaktadır:

- Güneş tabanlı elektrik santrali bacası 200 m boyunda, 10 m çapında olup; güneş kollektör alanının kapladığı çember ise 500 m çapındadır ve tüm yılın aylık ortalaması olarak ürettiği ise 110~190 kW enerjidir. Bu miktar yakındaki köylerin tüm ihtiyacı için yeterli olmaktadır. Santraldaki güneş kollektörü tarımda sera etkisi yaratacak şekilde de kullanılabilir.
- Enerji üretiminin kapasitesi güneşin ışınlarına ve dış sıcaklığa vb. bağlıdır. Ayrıca bu sistemin performansı için güneş bacasının yüksekliği, kollektör

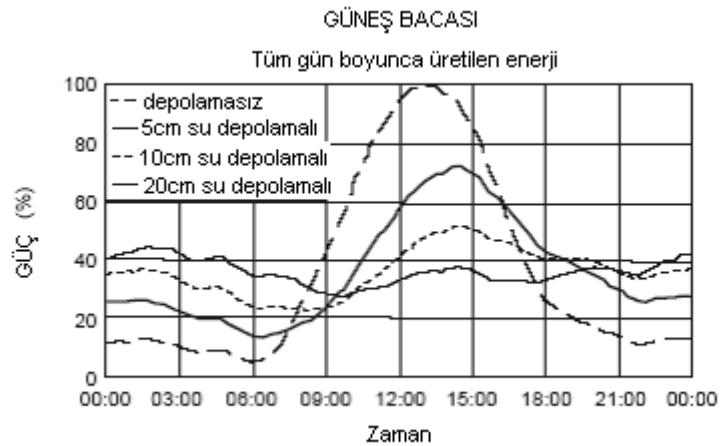
etkisi, türbin randımanı ve baca içindeki yüzey pürüzsüzlüğü önemli etkenlerdir. Elektrik üretimi kapasitesi baca yüksekliği ve kollektör alanının artması ile artar. **Dai ve diğ. (2003)**

Elektrik üretiminde güneş bacası konseptinin dezavantajları:

1. Karma sistemler kullanılması mümkün değildir.
2. Kollektör için tam olarak düz bir alana ihtiyaç duyulmaktadır.
3. Baca ve kollektör için oldukça fazla materyal ihtiyacı vardır.
4. Yüksek elektrik gücü için oldukça yüksek bacalar gereklidir. (30 MW lık santral için 750 m boyunda baca gereklidir)

Elektrik üretiminde güneş bacası konseptinin avantajları:

1. Gökyüzünün kapalı olduğu zamanlarda bile dağınık ışınlama oldukça iyi bir başarı göstermiştir.
2. Toprakla doğal depolama oluşturulduğunda, gecenin karanlık saatlerine kadar sabit bir elektrik üretimi oranı yakalanmaktadır. Fakat çatının altındaki zeminin üstüne siyah su dolu tüpler yerleştirilir ise (Şekil 3.29) 24 saat boyunca elektrik üretimi başarılı olabilmektedir (Şekil 3.33).
3. Jeneratör ve türbinden başka yoğun bakım gerektiren hareket eden parçası yoktur.
4. Güneş bacası sistemi, düşük maliyetli dizaynı ve materyalleri (cam, beton, çelik) olduğundan dolayı daha az endüstrileşmiş ülkelerde uygulanabilir. **(Schlaich, 1999)**



Şekil 3.33 Su tabakasının kalınlığına göre 24 saat boyunca elektrik üretimi.

(Schlaich, 1999)

3.4. Bölüm Sonuçları

- * Eğimli güneş bacalarında 45 derecede maksimum akış oranı gözlenmiştir.
- * Her durumda duvar sıcaklığı genelde sırayla cam sıcaklığından ve baca içi hava sıcaklığından daha yüksektir. Beklendiği gibi daha dar kesitli bacalardaki ısı absorbe eden duvarlar hava sıcaklığı dağılımından daha fazla etkilenmektedirler. Daha geniş kesitli bacalarda hava sıcaklığı dağılımı oldukça düzdür.
- * Baca içindeki ortalama hava sıcaklıkları ve sıcaklık artışı güneş ışınlamıyla birlikte artmaktadır. Aynı zamanda ortalama sıcaklıklar ve sıcaklık artışları da baca kesiti derinliğinin artması ile birlikte azalmaktadır.
- * Duvar tipi güneş bacasında, 30 cm baca kesiti derinliğine kadar yapılan ölçümlerde baca içinde hiçbir tersine akış (aşağıya doğru) gözlenmemiştir.
- * Isı depolayan duvarda daha fazla kalınlık daha fazla enerji stoklanmasını sağlamaktadır ve bu güneşin etkin olduğu saatlerde az kalınlıkta olan duvara göre akış oranında azalmalar meydana getirmekle birlikte, gece periyodu esnasında bu akış oranında diğerine göre ters bir durum görülmektedir. Sonuçta, duvar kalınlıkları binadaki iç mekanın kullanım tipine göre uyum sağlayacak şekilde seçilmelidir diyebiliriz. Daha az kalınlıklar gündüz havalandırmasında tercih edilirken, daha fazla kalınlıklı olanlar ise gece havalandırmasında tercih edilebilir. Mamafih, 10 cm den daha fazla kalınlıklarda, zamana yayılmış olan akış oranında önemli bir fark görülmez.
- * İzolasyonsuz bir güneş bacasında, ideal sonuçla karşılaştırıldığında %60 tan daha fazla kayıp vardır. Bu yüzden bacayı yalıtımlı hale getirmek gereklidir.
- * Baca yüksekliği ve bacanın cam yüzey alanı, hava akış oranını arttırıcı faktörler olmasına rağmen; ufak çaplı güneş bacası dizaynında yüksekliğe oranla bacanın genişliğinin de sağlanabilmesi daha iyi sonuçlar vermiştir.
- * Tek camlı güneş bacası kış koşulları için yetersiz görülmektedir. Çift camda dahi yoğuşma sorunları gözükse bile, üç camlı güneş bacasında bu sorunlar en aza inmektedir.
- * Trombe duvar kışın ısıtma amaçlı olmasına rağmen, yazın soğutma amacı ile güneş bacası gibi de kullanılabilir. Yaz soğutması için vantilasyon oranını arttırmak için trombe duvarın iç mekan yüzeyi yalıtılmalıdır. Bu aynı zamanda duvardan

radyasyon ısı transferi ve de konveksiyondan dolayı oluşabilecek oda sıcaklığındaki istenmeyen aşırı ısınmayı önleyecektir.

* Eğer amaç maksimum ventilasyon yada oda-dış mekan arasındaki ısı farkını minimuma indirmek ise dış mekana bakan yüzeylerde sadece pencere ve kapıları açmak güneş bacasının sağladığı etkiden daha azdır.

* Güneş bacasının bina çatısında kullanılması durumlarında eğer çatı şeffaf malzemeden oluşturuluyorsa hava değişiminin arttırılması ile birlikte mekan içi aydınlatma seviyesi de arttırılabilmektedir. Bu sıcak-nemli iklim bölgelerinde daha fazla yarar sağlar. İki ünitenin 25 m³ hacimli tek odalı güneş evinin çatısına güneye bakacak şekilde 1×1,5m² yüzeyler olarak yerleştirilmesi sonucunda iç mekan aydınlığı yaz döneminde 300; kış döneminde 140 lx olmuştur. ACH (hava değişim sayısı) ise yazın 13-14, kışın 5-7; yani kışa göre yazın iki kat fazla olmuştur.

* Güneş bacasının tekil kullanımında rüzgar etkisi bacayı olumsuz etkilemekle birlikte, rüzgar kulesi yardımcı güneş bacası örneğinde; bacanın çıkış yönü negatif basınç bölgesinde, rüzgar kulesinin giriş tarafı da rüzgarın pozitif basınç bölgesi tarafında olduğu durumlarda güneş bacasının tekil kullanıldığı durumlardan daha yararlı sonuçlar elde edilmiştir. Rüzgar kulesi yardımcı güneş bacası hesabında rüzgar hızlarından çok daha yüksek hızlara ulaşılmıştır. Örnek olarak; çevre rüzgar hızı 1,0 m/s iken rüzgar kulesi kendi başına 0,75 kg/s lik kütleli akış oranı yaratmıştır. Fakat güneş bacasının da içinde bulunduğu bir sistemde ise 700 W/m² lik güneş ışınlamada 1,4 kg/s lik hava akışı meydana gelmiştir.

* Hem duvar hem de çatıda kullanılan güneş bacası örneğinde; duvar ve çatı konumlarının ikisinin beraber kullanılması daha iyi sonuçlar doğurmaktadır. Sonuçlar göstermiştir ki, hava akış oranı sadece çatı güneş bacasının verdiği sonuçlara göre (0,81 den 2,3 m³/s ye) 3 kat artmıştır.

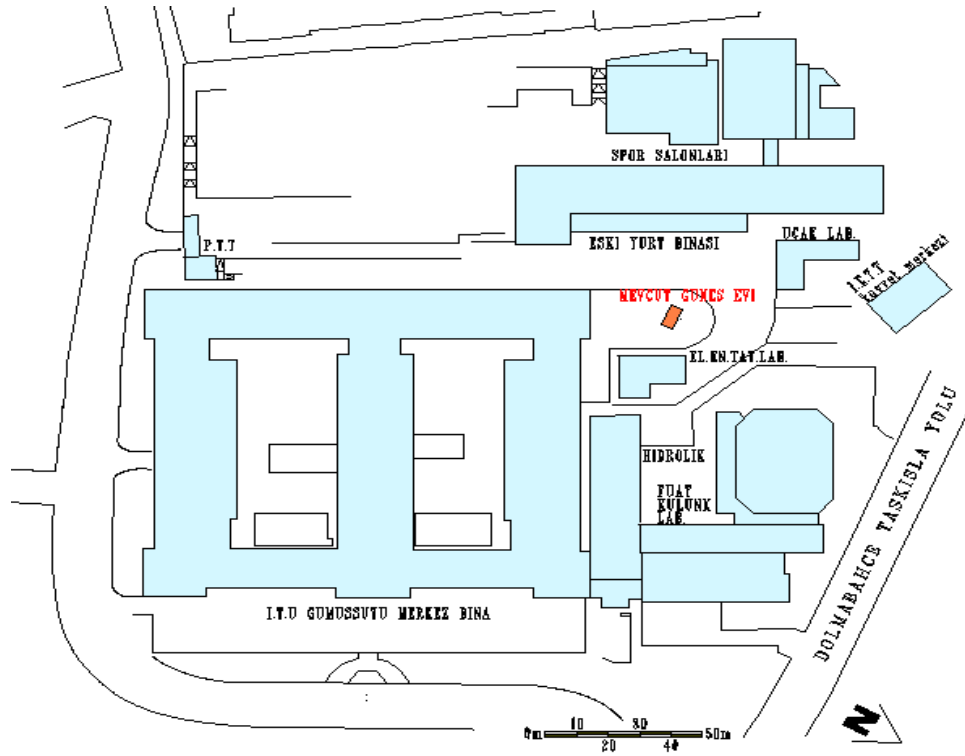
* Güneş bacası bilindiği üzere tarım ürünlerinin kurutulması ve elektrik enerjisi elde etme gibi farklı alanlarda da kullanılabilmektedir. Güneş bacaları için optimum bir fiziksel boyut yoktur. Örnek olarak; elektrik üreten güneş bacasında baca çok yüksek olsa bile az kollektör alanı ile yine aynı sonuç ortaya çıkabilir. Elektrik üretimi düzeneğinde hava hızı 15 m/s ye kadar ulaşabilmektedir. Açıkça; 1000 W/m² lik ışınlamada 30-200 MW lık bir başarı elde etmek için 2200-4000 m çaplı çatı kollektör alanına ve 750-1500 m yüksekliğinde bacaya ihtiyaç vardır diyebiliriz.

4. GÜNEŞ ENERJİSİ KAZANIMLARINA DAYALI GÜNEŞ BACALARININ DOĞAL HAVALANDIRMA VE SOĞUTMA SİSTEMİNE ETKİLERİNİN DENEYSEL YOLLA İNCELENMESİ

Deneysel çalışma İstanbul Teknik Üniversitesi, Makine Fakültesi, Gümüşsuyu Kampüsünde bulunan önceden yapılmış trombe duvarlı güneş evinin üç odalı hacminin bir odacığına bir adet güneş bacası ve kontrol amaçlı bir adette normal yani konvansiyonel baca ekleyerek meydana getirildi.

4.1. Deney Düzeneği

Mevcut sistem kampüs içinde etrafında çeşitli kampüs binaları bulunmasına rağmen güney güneşine tamamen hakim olacak şekilde güneş alacak kısımları tam olarak güneye konumlandırılmış bir vaziyettedir. Mevcut yapının vaziyet planı Şekil 4.1’te görülmektedir.

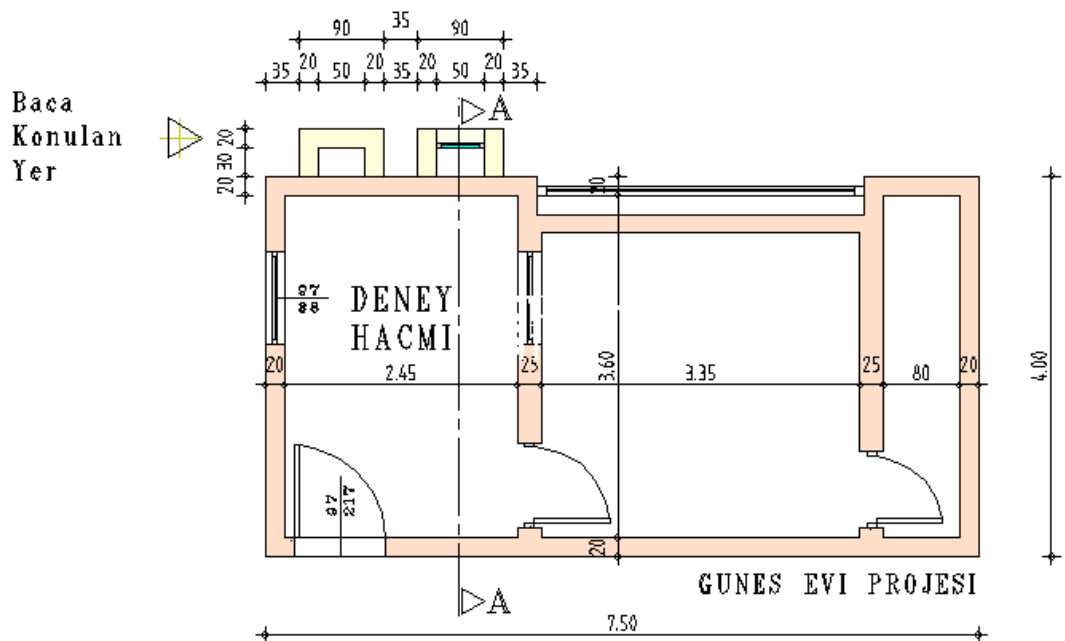


Şekil 4.1. Mevcut güneş evi vaziyet planı

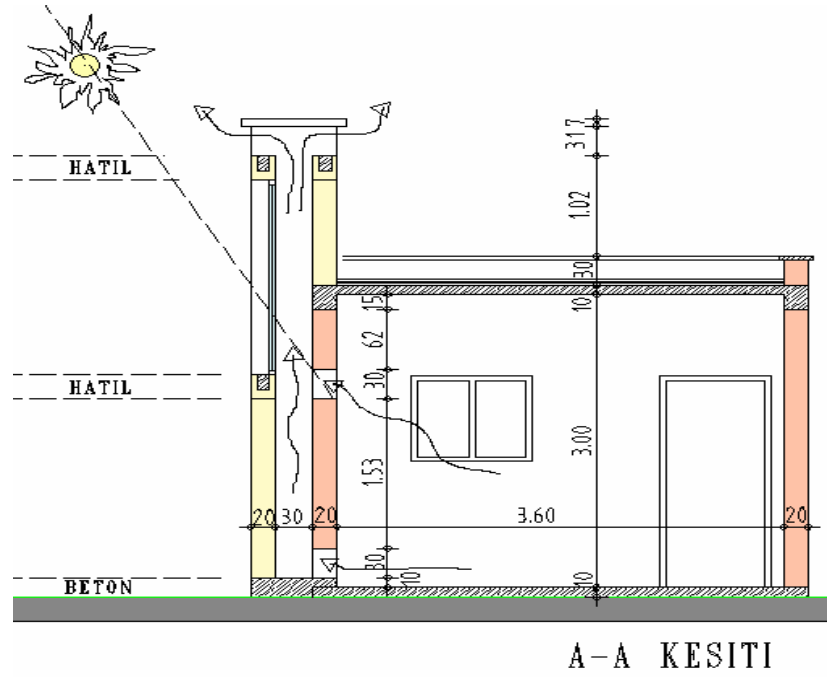
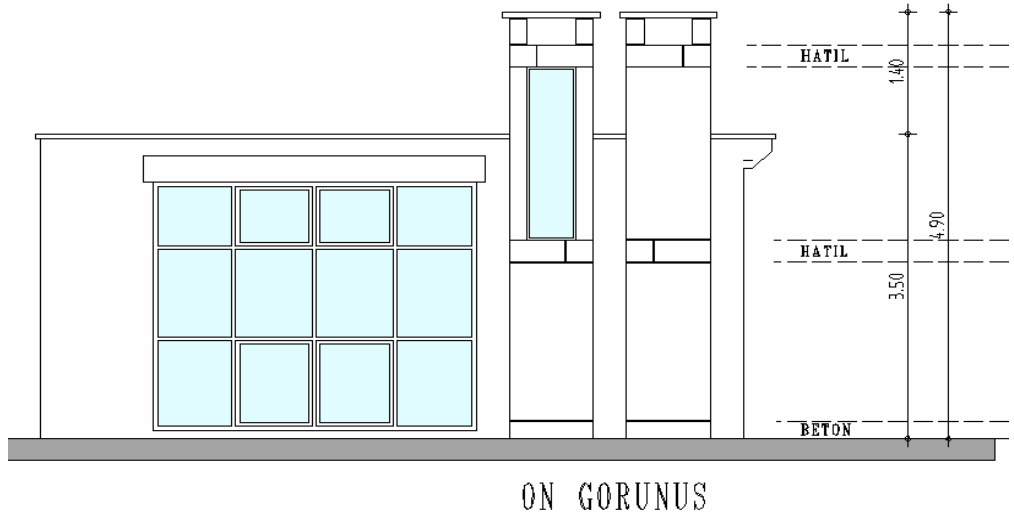
A black and white photograph showing a dark-colored sedan parked on a paved surface in front of a building. The building has a light-colored facade and a large set of glass doors or windows. A person is standing near the front of the car, partially obscured by it. The scene is captured from a side profile of the vehicle.



Kurulan deney ortamında oluşturulan sisteminin detaylarını plan, kesit ve fotoğraf olarak incelersek; deneyin yapıldığı hacim 245×360 cm² taban alanına sahip(Şekil 4.3) ve 300 cm temiz mekan yüksekliğine sahiptir. Toplamda da 26,46 m³ hacme sahiptir.



Her bir bacada altta ve ortalarda olmak üzere baca boşluğu ile aynı ölçülerde (30 – 50 cm) ikişer adet hava akımı geçişini sağlayan dikdörtgen hava kanalları vardır. Bunların yerleri görünüş ve kesitte daha iyi algılanabilir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4 Ön görünüş ve A-A kesiti

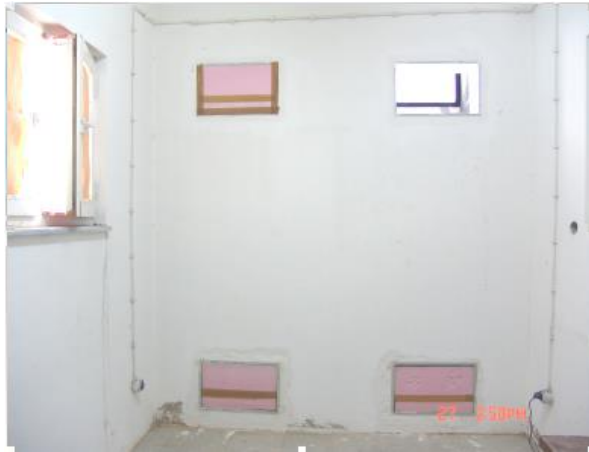
Güneş bacasının kesitte görüldüğü gibi genişliğinin 30 cm yapılması; **Ong and Chow (2003)** kaynağındaki deneylerle bu açıklığın en iyi performans göstermesinden dolayıdır. Güneş bacasının güneşe maruz kalan iç kısımları siyah mat bir boyayla boyanarak ısı performansını artırıcı amaç gözetilmiştir. Bacalar 20 cm demir donatılı bir beton üzerinde bir anlamda ısı yalıtımına da katkısı olan ytong yapı bloğu örülmesiyle oluşturulmuştur. Belirli yüksekliklerde Ytong'un U elemanlarından oluşturulmuş, içine donatılı beton dökülebilen hatıllar oluşturulmuştur. Deney aşamasında da önce tek cam sonrada çift cam konularak deneyler yapılmıştır. Ayrıca deneyler yapılırken baca şapkasındaki dört taraftaki

açıklık hakim rüzgarın çok etkilemesi sebebiyle önce üç yanı kapatılmış, sonra etraftaki binalara da çarpıp dönen rüzgarın deney bacalarına basması sebebiyle açık olan diğer yüzeyde açılma aralığı değiştirilebilen menfez kapakçıkları konulmuştur (Şekil 4.5)



Şekil 4.5 Menfez kapağı

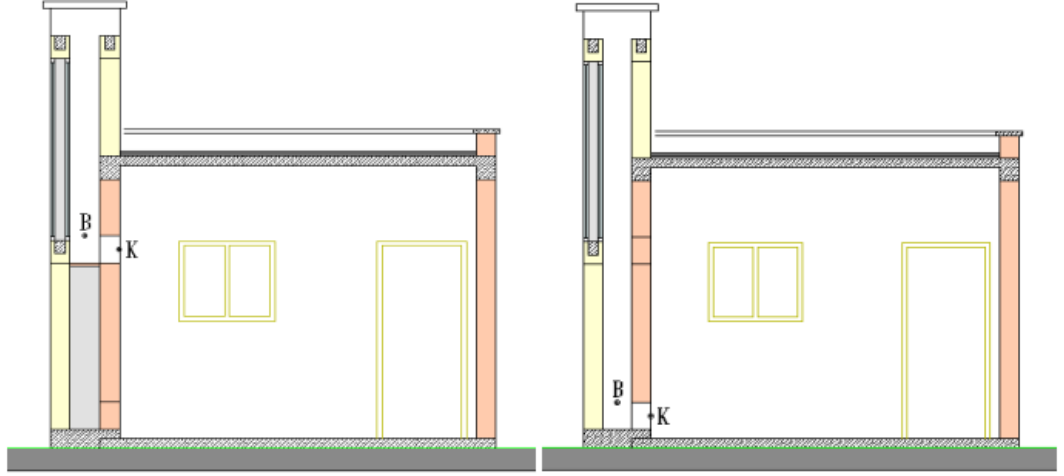
Deney mekanı içinden bacaların eklendiği yüzeye dört adet 30-50 cm ölçülerinde kanal açıklığı düzenlenmiştir. Bu açıklıklardan solda olanları normal bacaya, sağda olan altlı üstlü iki adet kanal açıklığı ise güneş bacasına aittir (Şekil 4.6). Bu açıklıkların alanı ölçümler sırasında özellikle de menfez kapağını ekledikten sonraki aşamada azaltılmıştır.



Şekil 4.6 Deney mekanından baca eklenen yüzeye baktığımızdaki görünüş

Deney ölçümlerinin ilk aşamalarında kanal ağzı açıklığının ve baca iç kanalının alanı kadar yan pencerede Şekil 4.6 da da gösterildiği gibi hakim rüzgarın tersi bir yönde 30×50 cm² açıklık bırakılmıştır ve penceredeki cam yüzeyleri güneş ışımasını önlemek amacıyla kapatılmıştır.

Deney ölçümleri kesitlerden de anlaşılacağı üzere iki noktada yapılmıştır. Bunlardan birisi K ile gösterilen noktadan alınan “kanal ağzı ölçümü” denilen ölçüm, diğeri ise B ile gösterilen noktadan alınan “baca ağzı ölçümü” denilen ölçümdür (Şekil 4.7). Bu ölçümlerde, aynı K noktasında yada aynı B noktasında olmak kaydı ile güneş bacası ve normal bacada aynı zaman süresinde ölçüm yapılmakta veya farklı zaman sürelerinde ayrı ayrı baca veya kanal ağızlarında teker teker ölçüm yapılmıştır.



Şekil 4.7 B ve K ölçüm noktalarının kesitte gösterilmesi

4.2. Ölçümlerin Sınır Koşulları

1. Tek cam takılı iken baca şapkası her yöne açıktı, odadaki pencere kanal ağız açıklık alanı kadar açık bırakılmıştı. Bu durumda iken her bir baca ve kanal ağzında aynı anda ve ayrı ayrı ölçümler yapılmıştır. Gündüz gün boyu yapılan ölçümler kanal ağzında teker teker yapılmıştır.
2. Çift cam olması durumunda baca şapkasında sadece güney yönü açıkken ve pencere açıkken 1. aşamadaki deneylerin hepsi yapılmış, fakat gündüz gün boyu yapılan deneyler gece-gündüz gerçekleştirilmiştir.
3. Baca şapkasında sadece güney yönü açıkken ve pencere kapalıyken, her iki üst kanal ağzında aynı anda gece-gündüz boyunca ölçüm yapılmıştır.
4. Açık olan güney yönüne menfez kapağı takılarak, kanal ağzı açıklıkları azaltılarak ve pencere kapalı iken, iki farklı günde güneş etkisinin etkin olduğu zamanlarda her iki üst kanal ağzında aynı anda ölçüm yapıldı.
5. Kanal ağız açıklıklarının alanları değiştirilerek 4. ile aynı koşullar sabit kalmak kaydıyla sadece güneş bacasının üst kanal ağzında ölçüm yapıldı.

Gerçekleştirilen deney çalışmalarını sistematik olarak sınıflandırırsak Tablo 4.1 ile uygulanan aşamaları anlaşılır bir şekilde göz önüne sermiş oluruz.

Tablo 4.1 Ölçümlerin sınır koşulları sistematığı

ÖLÇÜMLER	Tüm iç mekan ölçümleri (hava akım hızı, sıcaklık) sırasında, dış mekan verileri de (güneş ışınlamı, sıcaklık, rüzgar hızı ve bağıl nem) alınmıştır.
	TEK CAM
	Baca şapkasındaki dört yönde de çıkış serbest ve yandaki pencere alanı kanal ağzı alanı genişliği kadar açıklıkta
	29.07.2004
	Her iki (güneş ve normal baca) alt baca (B) ağzında (12.40-13.10)
	Her iki alt kanal (K) ağzında (13.30-14.00)
	Güneş bacasının alt baca ağzında (14.20-14.40)
	Normal bacanın alt baca ağzında (14.50-15.10)
	Her iki üst kanal ağzında (15.40-16.10)
	Her iki üst baca ağzında (16.30-17.00)
	Güneş bacasının üst baca ağzında (17.20-17.40)
	Normal bacanın üst baca ağzında (17.55-18.15)
	30.07.2004
	Normal bacanın üst kanal ağzı (10.00-17.00)
	31.07.2004
	Güneş bacasının üst kanal ağzı (10.00-17.00)
	01.08.2004
	Güneş bacasının alt kanal ağzı (10.00-17.00)
	02.08.2004
	Normal bacanın alt kanal ağzı (10.00-17.00)
	ÇİFT CAM
	GAPA Baca şapkasında bir yön açık bırakıldı, diğer üç yön kapatıldı. Pencere açık.
	GAPK Baca şapkasında bir yön açık bırakıldı, diğer üç yön kapatıldı. Pencere kapalı.
	GMPK Hakim rüzgara karşı üç yön kapalı iken, açık olan bir yön menfez kapağı ile kapatıldı. Kanal açıklığı ufaltıldı. Pencere kapalı.
	GMPKD Menfez takılı, pencere kapalı iken kanal açıklığı değiştirilerek ölçüm yapıldı.
	GAPA 03-04.08.2004
	Normal bacanın alt kanal ağzı [10.00(03)-09.00(04)]
	GAPA 04-05.08.2004
	Güneş bacasının alt kanal ağzı [10.00(04)-09.00(05)]
	GAPA 05-06.08.2004
	Güneş bacasının üst kanal ağzı [10.00(05)-09.00(06)]
	GAPA 06-07.08.2004
	Normal bacanın üst kanal ağzı [10.00(06)-09.00(07)]
	GAPA 07.08.2004
	Normal bacanın üst baca ağzında (9.30-9.50)
	Güneş bacasının üst baca ağzında (10.00-10.20)
	Her iki üst baca ağzında (10.30-11.00)
	Her iki üst kanal ağzında (11.15-11.45)
	Her iki alt baca ağzında (12.10-12.40)
	Her iki alt kanal ağzında (12.55-13.25)
	Güneş bacasının alt baca ağzında (13.40-14.00)
	Normal bacanın alt baca ağzında (14.10-14.30)
	GAPK 04-05.09.2004
	Her iki üst kanal ağzında [8.15(04)-8.15(05)]
	GMPK 22.09.2004
	Her iki üst kanal ağzında (12.30-15.30)
	GMPKD 30.09.2004
	Güneş bacasının üst kanal ağzındaki alanı değiştirerek
	339,6 cm2 açıklıklı kanal ağzında (14.55-15.05)
	226,4 cm2 açıklıklı kanal ağzında (15.20-15.30)
	113,2 cm2 açıklıklı kanal ağzında (15.40-15.50)
	GMPK 27.10.2004
	Her iki üst kanal ağzında (14.15-16.00)

4.3. Deney Aletleri

4.3.1. Dış Mekan Koşullarını Ölçen Deney Aletleri

Dış mekan koşulları olan güneş ışıınımı, rüzgar hızı, sıcaklık ve bağıl nem yüzdesini ölçmek için Hobo Weather Station (Hobo hava istasyonu) kullanıldı (Şekil 4.8). Bu verilerin ölçümü için birer cihaz bulunmakla beraber, sıcaklık - bağıl nem yüzdesini ölçen sadece bir cihazdır ve bu cihazı da güneşten ve yağmurdan koruyan kalkan amaçlı güneş ışıınımı kalkanı denilen bir örtü söz konusudur. Önceden belirtilen zaman aralıklarında ve ölçüm adımlarında alınan veriler bir kaydedicide toplanmaktadır. Bizde böylece ölçüm bittikten sonra kaydedici ile bilgisayar bağlantısını kurup dijital verilere ulaşabilmekteyiz.



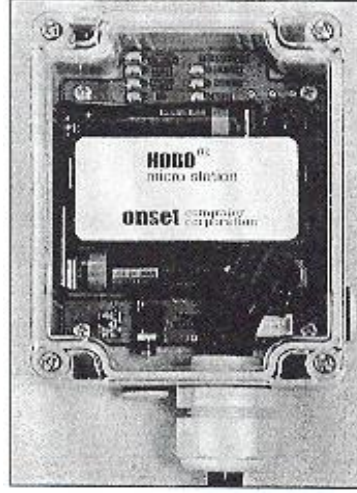
Şekil 4.8 Hobo hava istasyonu

Hobo hava istasyonu bütün ölçümler boyunca iç ölçüm süreleriyle aynı anda Şekil 4.9 da görüldüğü gibi ölçüm mekanının çatısına konularak kayıt alındı.



Şekil 4.9 Hobo aletinin ölçüm sırasında konumlandırıldığı mekan

Şekil 4.10 da gösterilen Hobo kaydedici dört adet alkalın pille çalışmakta olup bilgisayar yardımı ile istenilen tarih aralıklarında istenilen zaman aralıklarında ölçümler alarak kaydetmektedir ve bu veriler ölçüm bittiğinde istenilen formata çevrilip yararlanılabilmektedir.



Şekil 4.10 Hobo Mikro İstasyon Kaydedici

Rüzgar hızını ölçen sensör Şekil 4.11 de gösterilmekte olmakla birlikte; 0 ile 45 m/s ölçüm yapabilmekte ve maksimum 54 m/s' ye kadar ölçüm alabilmektedir, boyutları $19 \times 8,1$ cm olup, +1,1 m/s 'lik ilk başlama hızı vardır.

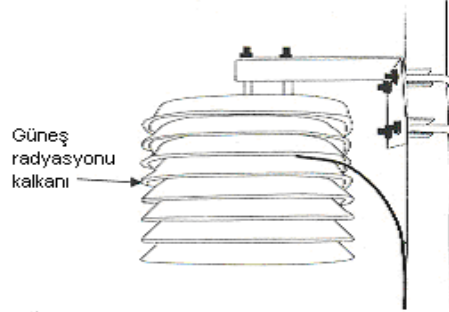


Şekil 4.11 Rüzgar Hızı Akıllı Sensörü

Sıcaklık / RH sensörü Şekil 4.12 de görülmekle birlikte bu sensör yağmurdan ve güneşten korunabilmesi için güneş ışınımı kalkanı içine konulmuştur (Şekil 4.13). Sıcaklık / RH sensörünün özellikleri ise; sıcaklığı -40°C ile 75°C arasında RH'ı 0 ile 50°C arasında 0 ile 100 % RH aralığı içinde ölçmektedir. Doğruluk değerleri sıcaklıkta 25°C de $\pm 0,7^{\circ}\text{C}$, RH değerinde ise ± 3 % tür. Aletin boyutu ise $1,6 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}$ dir.

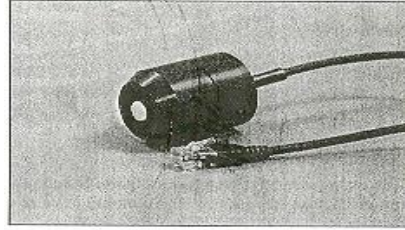


Şekil 4.12 Sıcaklık / RH Akıllı Sensörü



Şekil 4.13 Güneş ışınımı kalkanı

Güneş ışınımını ölçen sensör ise şekil 4.14 te görülmekte olup ölçme aralıkları 0 ile 1280 W/m², doğruluk değeri ± 10 W/m² ve boyutları 4,1 cm yükseklik $\times$ 3,2 cm çapındadır.



Şekil 4.14 Silikon Pyranometer Akıllı Sensör

Dış mekan hava koşullarını ölçen Hobo hava istasyonu aletinin tüm kalibrasyon parametreleri akıllı sensörler içinde ayrı ayrı mevcuttur ve herhangi bir programlamaya, kalibrasyona ya da derin ve kapsamlı kurulumu gerek duymadan tüm konfigürasyon bilgilerini otomatik olarak kaydediciye iletmektedir. **(Hobo, 2003)**

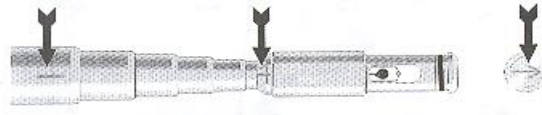
4.3.2. İç Mekan Koşullarını Ölçen Deney Aletleri

İç mekan ölçümlerinde, kanaldan geçen hava akım hızını ve sıcaklığı ölçmek için Şekil 4.15te görülen Testo 350/454 ölçüm aleti kullanılmıştır. Bu alete hava akım hızını ölçen bir adet hot wire(=sıcak tel) prob takılmıştır (Şekil 4.16). Bu prob konumlandırıldığı noktadaki hem sıcaklık hem de hava hızı ölçümünü yapabilmektedir. İki ölçüm noktasında aynı zamanda yapılan ölçümde dolayısıyla iki

adet Testo 350/454 ölçüm cihazı ve bunlarla bağlantılı birer adet prob kullanılmıştır. Bu probun teknik özelliklerinden bahsederek; ölçme aralığı sıcaklıkta -20°C ile $+70^{\circ}\text{C}$, hava akım hızında 0 ile 20 m/s aralığındadır. Doğruluk değeri ise 0-2 m/s de $\pm 0,03$ m/s iken 2-20 m/s de $\pm 0,2$ m/s dir.



Şekil 4.15 Testo 350/454 ölçüm aleti

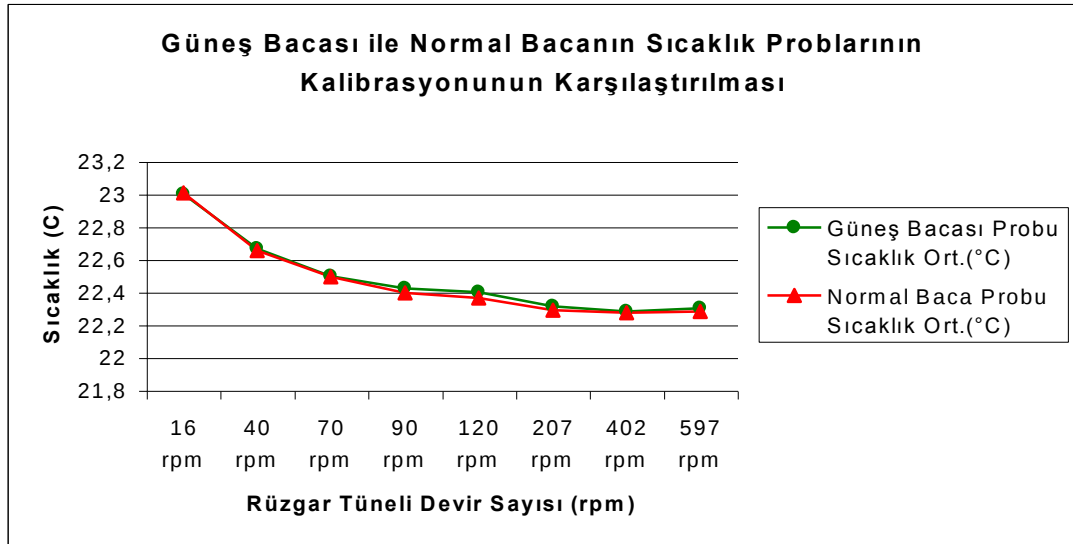


Şekil 4.16 Hot wire anemometre

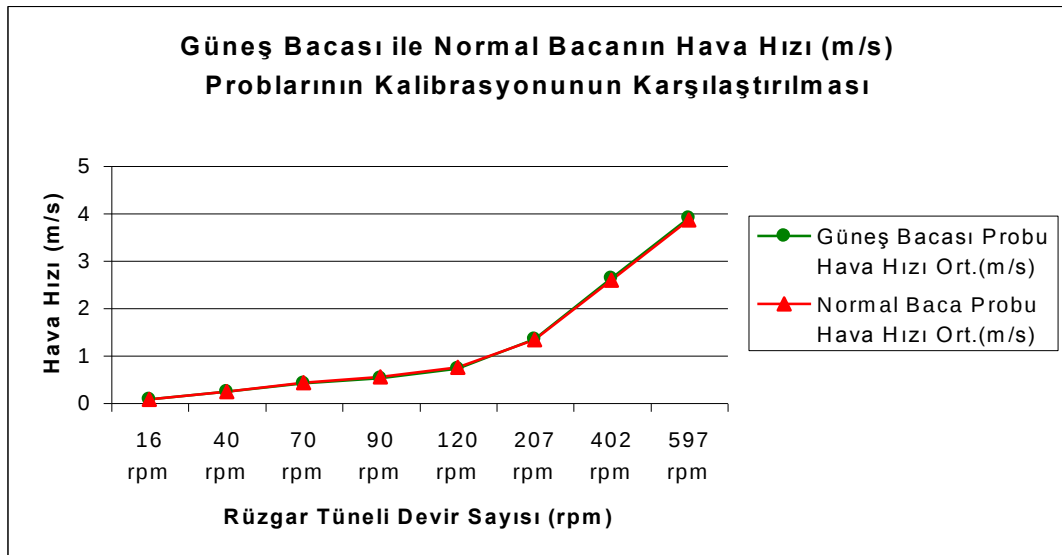
Tüm bu deney aletleri ile yapılan deneylerin güvenilirlik yüzdesi, EK A'da kütleli debi formülünden belirsizlik analizi yapılarak bulunmuştur.

4.3.3. Deney Aletlerinin Kalibrasyonu

Testo cihazları da Hobo cihazlarında olduğu gibi kalibrasyonunu kendi otomatik olarak yapabilmektedir ve her ölçümden önce kalibrasyon işlemlerine gerek kalmamaktadır. İç mekan deneylerinde aynı anda iki ölçüm noktasında yapılan deneylerde ayrı iki adet Testo 350/454 ve prob kullandığımızdan (kullanılan problemin her biri hep aynı Testo cihazında kullanılmıştır), bu cihazlardaki kalibrasyonların birbirine uyup uymadığını belirlemek için motor devir sayısı (rpm) ayarlanabilen bir rüzgar tünelinin orta noktasında birbirine çok yakın tutularak aynı anda verdikleri değerler alınmıştır(Şekil 4.17) (Şekil 4.18). Deney ölçümleri esnasında güneş bacası için sadece onda ölçüm yapılan ve normal baca için de sadece onda ölçüm yapılan Testo aleti kullandığımızdan problemler güneş bacası ve normal baca problemleri olarak adlandırılmıştır.



Şekil 4.17 Güneş bacası ve normal bacada kullanılan problemlerin farklı motor devir sayılı rüzgar tünelindeki göstermiş oldukları sıcaklık değerleri



Şekil 4.18 Güneş bacası ve normal bacada kullanılan problemlerin farklı motor devir sayılı rüzgar tünelindeki göstermiş oldukları hava akım hızı değerleri

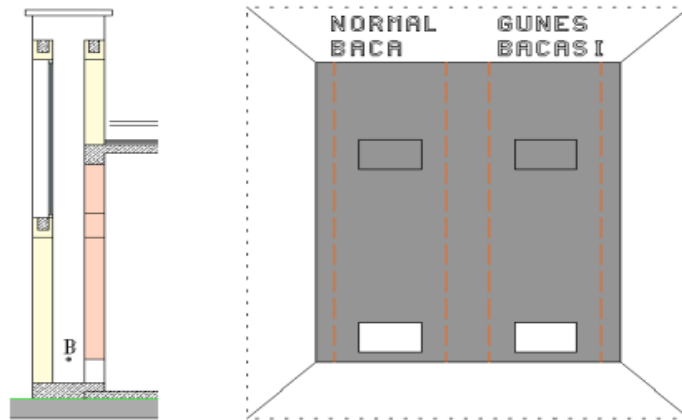
Kalibrasyon sonuçlarından da anlaşılacağı üzere güneş bacası ve normal baca problemlerinin (bunların her biri sadece kendine ait olan Testo350/454 cihazında kullanılmıştır); hava akım hızı (m/s) ölçüm değerlerinde birbiri ile çakıştığı, sıcaklık ölçüm değerlerinde ise 90 ile 207 rpm motor devir sayılı aralıkta önemsenmeyecek derecede ufak bir sapma görülmektedir. Dolayısıyla güneş bacası ve normal baca problemlerinin kalibrasyonu, yani verdiği ölçüm değerlerinin birbiri ile tuttuğu anlaşılmaktadır. (Testo, 2000)

4.4. Deney Bulguları

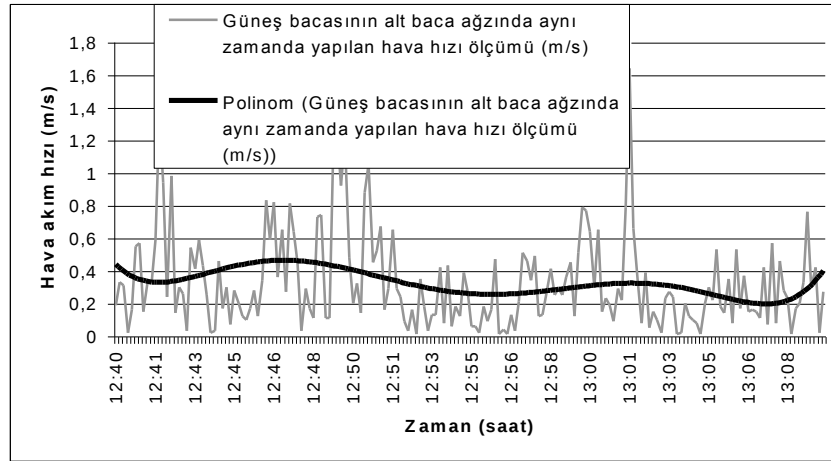
Tablo 4.1 deki deney ölçümlerin sınır koşulları sistematigindeki sıra izlenerek yapılan çalışmalarda özellikle kanal içinden geçen hava hızının bulguları belirtilecek ve bu ölçüm anındaki diğer iç mekan ve dış mekan ölçümlerindeki bulguların ortalamaları yazı ile belirtilecektir. Sadece bir ölçüm gününde (29.07.2004 tarihindeki her iki alt kanal ağzında 13.30 ile 14.00 saatleri arasındaki ölçümde) hem iç hem de dış ölçüm tablolarının hepsi gösterilecektir. Bu sıralama esnasında zaman zaman yorum yapılmakla birlikte bölüm sonuna doğru daha genel yorumlar yapılacaktır. Bu sıralamaya ek olarak 22.09.2004 tarihli deneyde güneş bacasının cam yüzeyine düşen güneş ışıınımı alanlarının saatler bazında üç boyutlu Allplan FT mimari çizim programı yardımı ile İstanbul'un enlem ve boylamındaki güneş durumu hesaplanarak, görünüşleri ve binanın yine aynı gün ve saatler için yaptığı gölgelemeler verilecektir.

Tüm iç mekan ölçümleri (hava akım hızı, sıcaklık) sırasında, dış mekan verileri de (güneş ışıınımı, sıcaklık, rüzgar hızı ve nem oranı) alınmıştır. Sıralamaya göre önce tek cam ölçümleri yapılmıştır ve burada baca şapkasındaki dört yönde de çıkış serbest ve ölçüm mekanı içindeki pencere alanı mekan içindeki baca ile tertibatlı kanal ağız alanı genişliği kadar açıklıktadır.

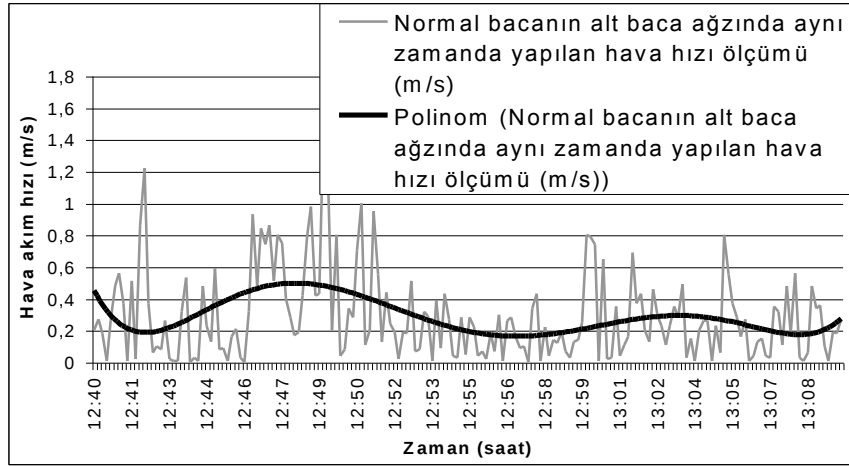
Her iki (güneş ve normal baca) alt baca (B noktası) ağzında 29.07.2004 te 12.40 ve 13.10 saatleri arasında yapılan deneyin ölçüm noktaları ve yerleri Şekil 4.19 da verilmektedir.



Şekil 4.19 Her iki alt baca ağzında 29.07.2004 tarihinde yapılan deneyin ölçüm yerlerini gösteren baca kesiti ve mekan içindeki kanal ağız açıklıkları



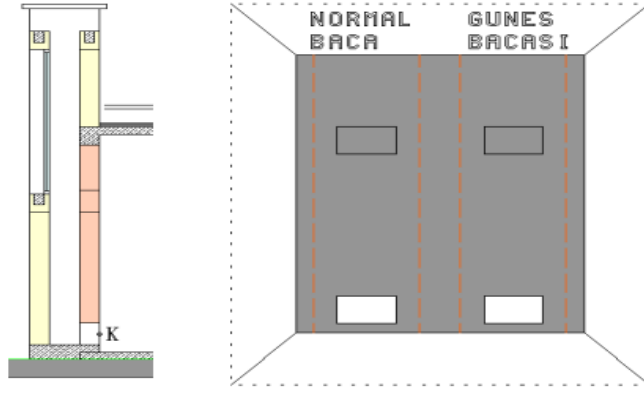
Şekil 4.20 Güneş bacasının alt baca ağzında normal baca ile aynı zamanda, 29.07.2004 tarihinde yapılan hava hızı ölçümü (m/s)



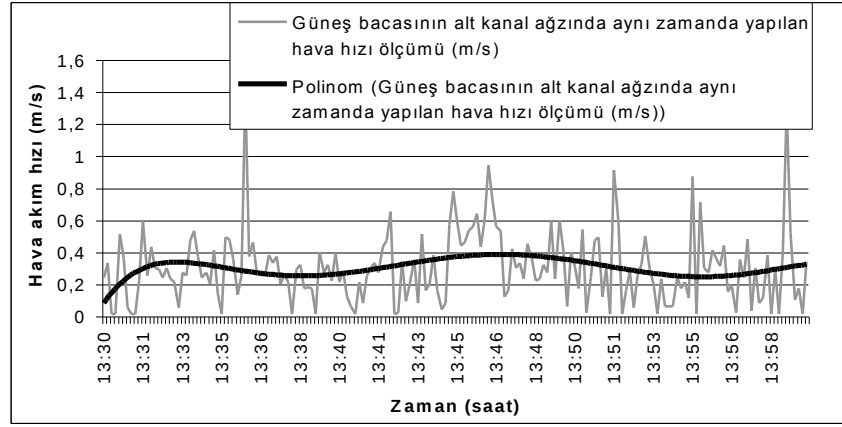
Şekil 4.21 Normal bacanın alt baca ağzında güneş bacası ile aynı zamanda, 29.07.2004 tarihinde yapılan hava hızı ölçümü (m/s)

Aynı zamanda güneş bacası ve normal baca alt baca ağzında 29.07.2004 tarihinde yapılan ölçüm değerlerinin ortalamasında güneş bacası için, hava akımı hızı 0,33 m/s (Şekil 4.20) ve sıcaklık 28,98°C; normal baca için hava akım hızı 0,29 m/s (Şekil 4.21) ve sıcaklık 28,58°C dir. Bu ölçümler sırasındaki dış ortam ortalama değerleri ise güneş ışınlamı için 771,29 W/m², rüzgar hızı için 1,88 m/s, sıcaklık için 28,45°C ve nem oranı için 64,97 RH% değerlerindedir.

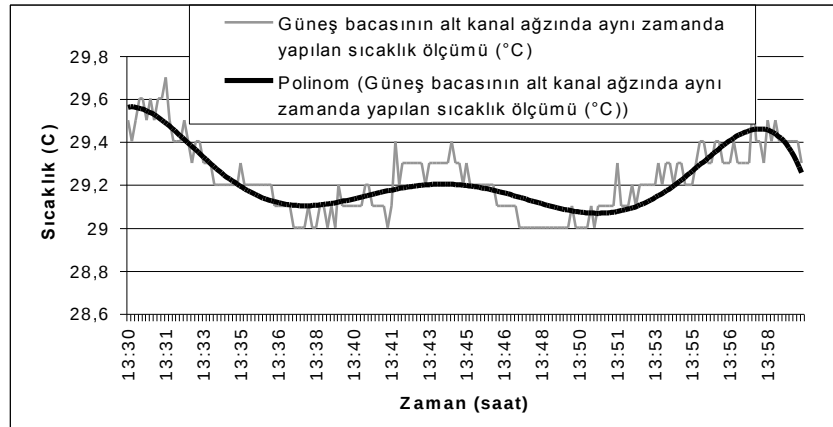
Her iki (güneş ve normal baca) alt kanal (K noktası) ağzında 29.07.2004 te 13.30 ve 14.00 saatleri arasında yapılan deneyin ölçüm noktaları ve yerleri Şekil 4.22 de verilmektedir.



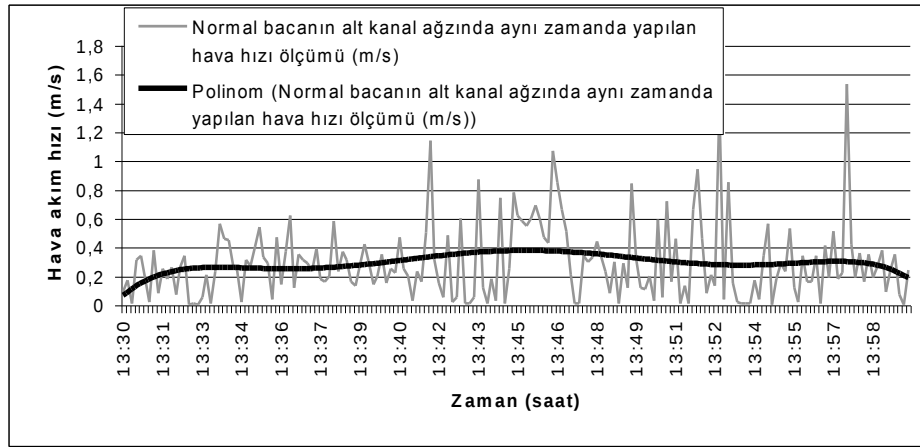
Şekil 4.22 Her iki alt kanal ağzında 29.07.2004 tarihinde yapılan deneyin ölçüm yerlerini gösteren baca kesiti ve mekan içindeki kanal ağzı açıklıkları



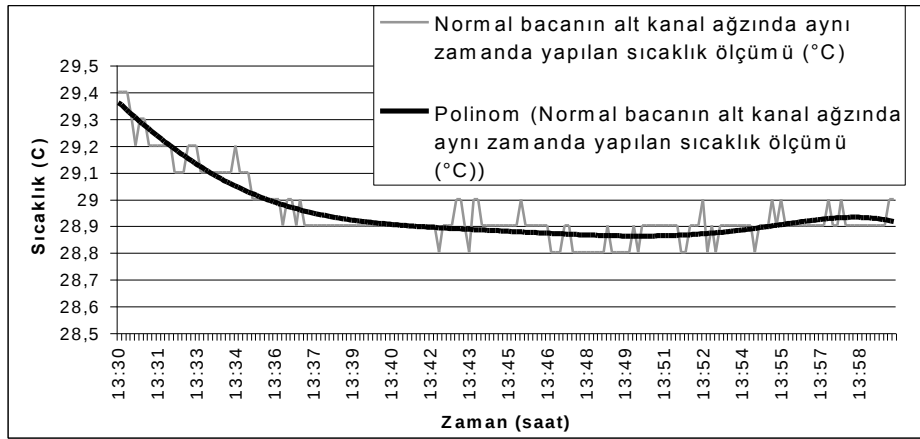
Şekil 4.23 Güneş bacasının alt kanal ağzında normal baca ile aynı zamanda, 29.07.2004 tarihinde yapılan hava hızı ölçümü (m/s)



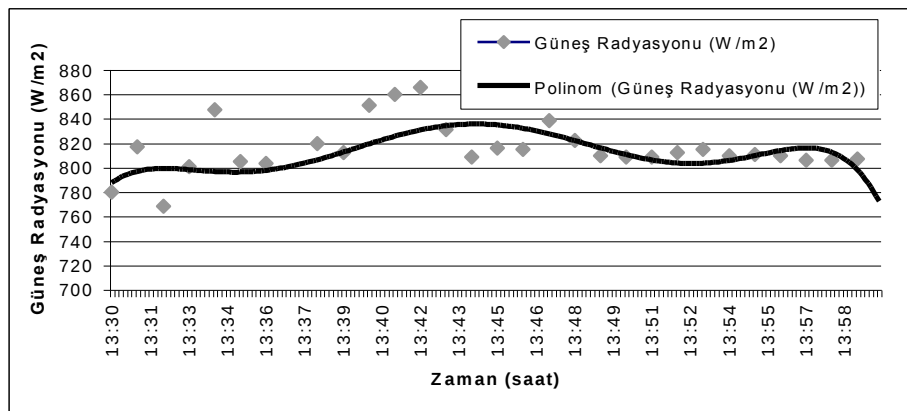
Şekil 4.24 Güneş bacasının alt kanal ağzında normal baca ile aynı zamanda, 29.07.2004 tarihinde yapılan sıcaklık ölçümü (°C)



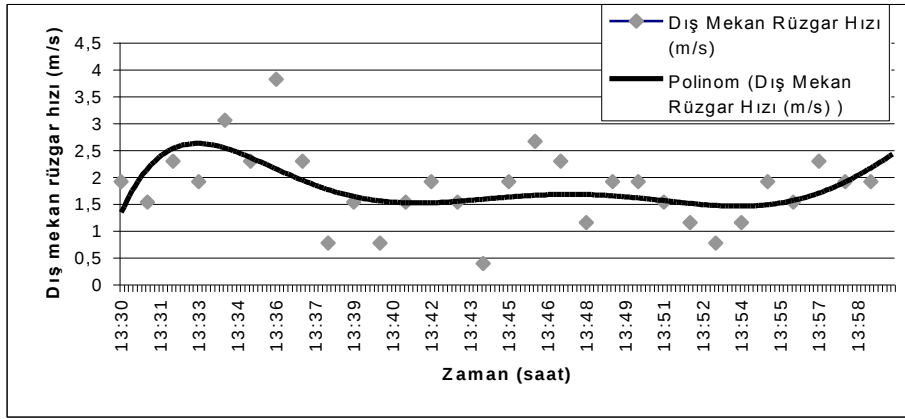
Şekil 4.25 Normal bacanın alt kanal ağzında güneş bacası ile aynı zamanda, 29.07.2004 tarihinde yapılan hava hızı ölçümü (m/s)



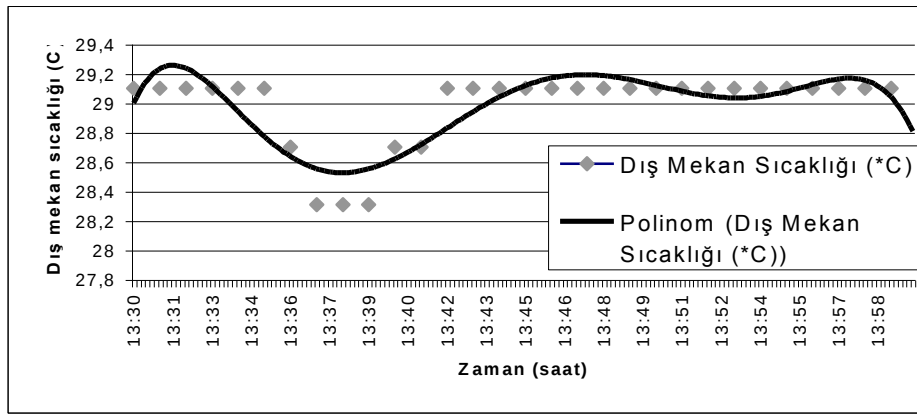
Şekil 4.26 Normal bacanın alt kanal ağzında güneş bacası ile aynı zamanda, 29.07.2004 tarihinde yapılan sıcaklık ölçümü (°C)



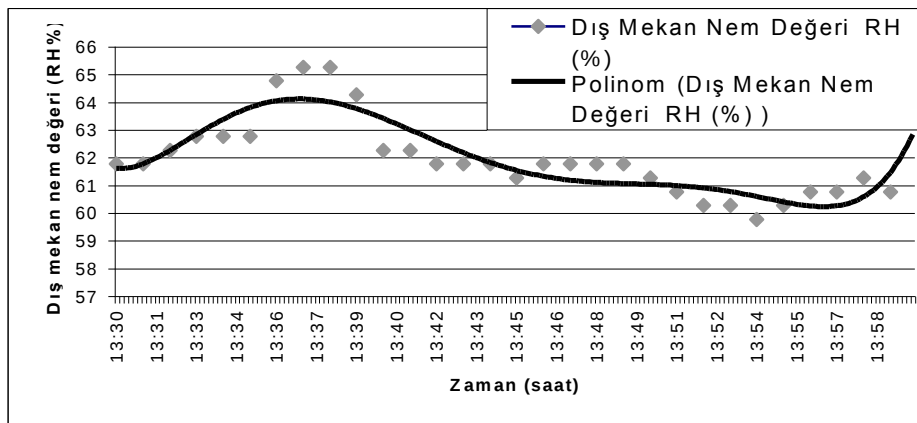
Şekil 4.27 Aynı anda yapılan iç mekan ölçümleri sırasında 29.07.2004 tarihinde yapılan dış mekan güneş ışınlamı ölçümü (W/m²)



Şekil 4.28 Aynı anda yapılan iç mekan ölçümleri sırasında 29.07.2004 tarihinde yapılan dış mekan rüzgar hızı ölçümü (m/s)



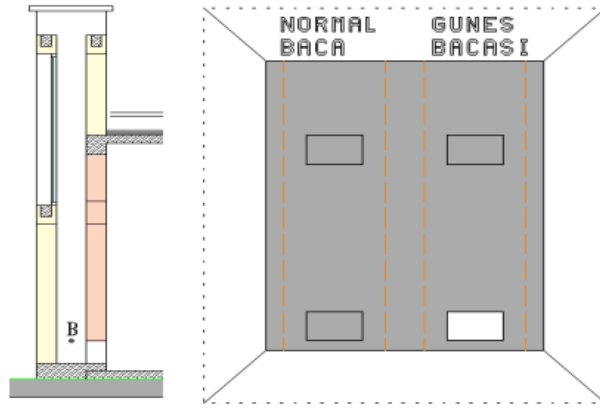
Şekil 4.29 Aynı anda yapılan iç mekan ölçümleri sırasında 29.07.2004 tarihinde yapılan dış mekan sıcaklık ölçümü (°C)



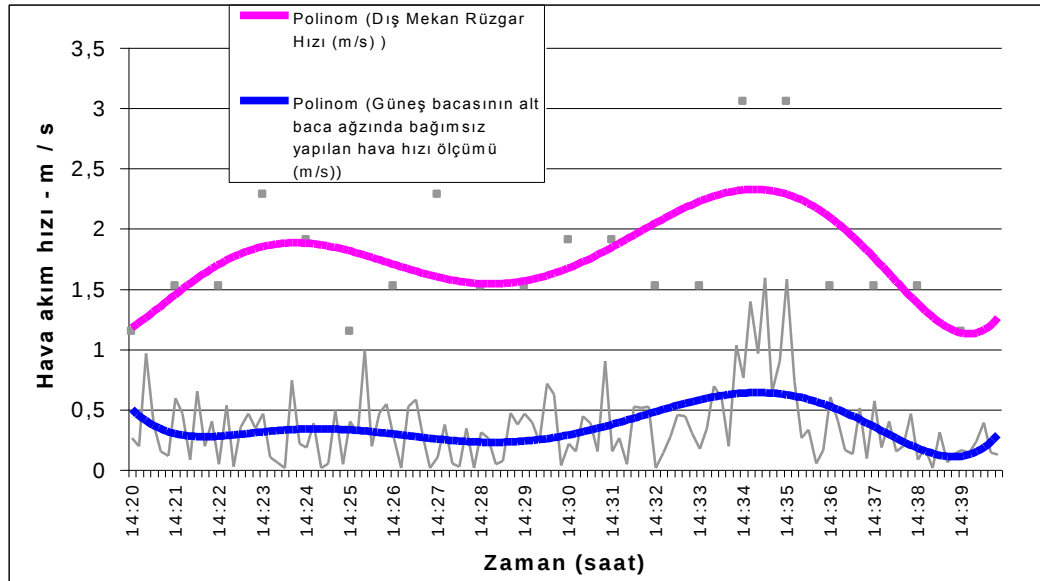
Şekil 4.30 Aynı anda yapılan iç mekan ölçümleri sırasında 29.07.2004 tarihinde yapılan dış mekan nem değeri (RH%)

Aynı zamanda güneş bacası ve normal baca alt kanal ağzında 29.07.2004 tarihinde yapılan ölçüm değerlerinin ortalamasında güneş bacası için, hava akımı hızı 0,30 m/s (Şekil 4.23) ve sıcaklık 29,22°C (Şekil 4.24); normal baca için hava akım hızı 0,29 m/s (Şekil 4.25) ve sıcaklık 28,95°C (Şekil 4.26) dir. Bu ölçümler sırasındaki dış ortam ortalama değerleri ise güneş ışınlamı için 811,46 W/m² (Şekil 4.27), rüzgar hızı için 1,77 m/s (Şekil 4.28), sıcaklık için 28,98°C (Şekil 4.29) ve nem oranı için 61,92 RH% (Şekil 4.30) değerlerindedir.

Güneş bacasının alt baca (B noktası) ağzında 29.07.2004 te 14.20 ve 14.40 saatleri arasında yapılan deneyin ölçüm noktası ve yeri Şekil 4.31 de verilmektedir.



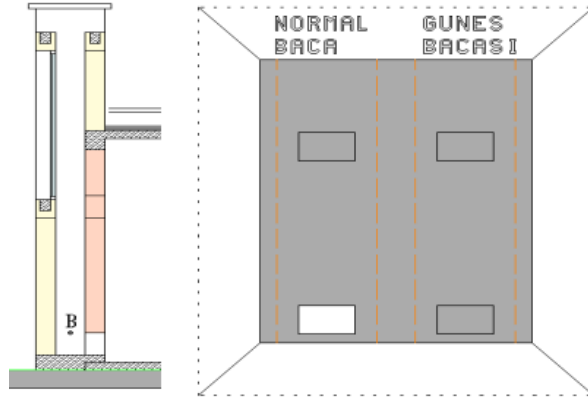
Şekil 4.31 Güneş bacasının alt baca ağzında 29.07.2004 tarihinde yapılan deneyin ölçüm yerlerini gösteren baca kesiti ve mekan içindeki kanal ağzı açıklığı



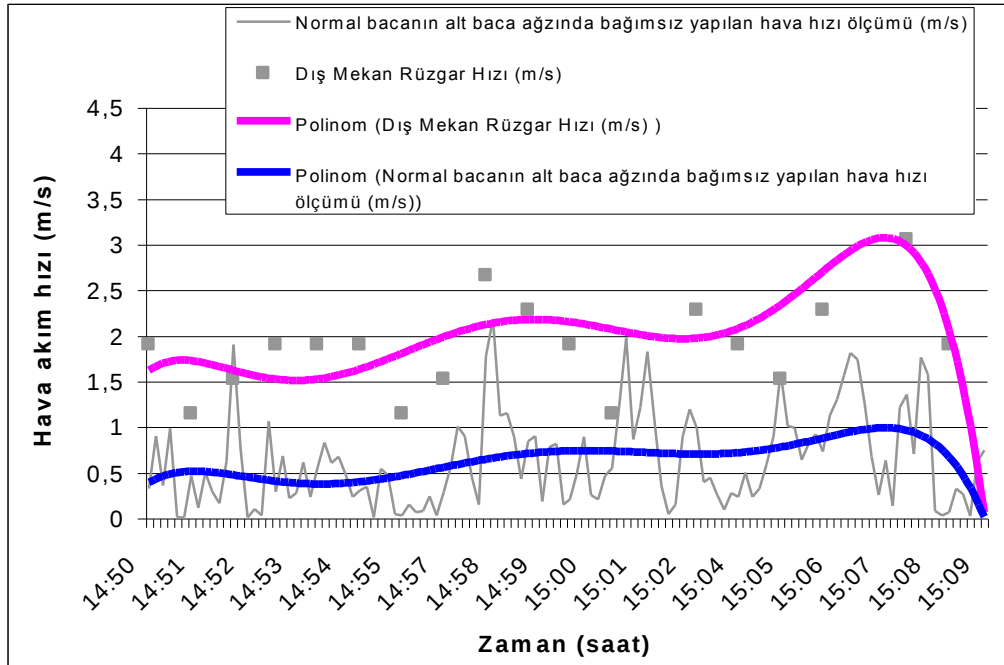
Şekil 4.32 Güneş bacasının alt baca ağzında 29.07.2004 tarihinde yapılan hava hızı ölçümünün dış mekan rüzgar hızı ile karşılaştırılması

Güneş bacasının alt baca ağzında belirtilen zaman aralıklarında 29.07.2004 tarihinde yapılan ölçümlerdeki ortalama değerlerden hava akım hızı 0,35 m/s (Şekil 4.32), sıcaklık 29,30°C olmakla birlikte dış ortamdaki ortalama değerler ise güneş ışınımında 747.94 W/m², rüzgar hızında 1,75 m/s (Şekil 4.32), sıcaklıkta 28,74°C, ve nem oranında 62,65 RH% değerlerini almaktadır.

Normal bacanın alt baca (B noktası) ağzında 29.07.2004 te 14.50 ve 15.10 saatleri arasında yapılan deneyin ölçüm noktası ve yeri Şekil 4.33 te verilmektedir.



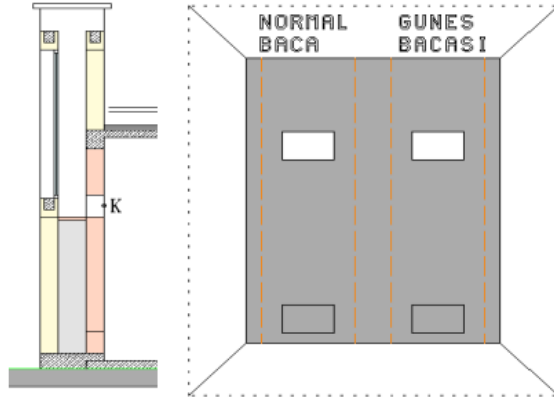
Şekil 4.33 Normal bacanın alt baca ağzında 29.07.2004 tarihinde yapılan deneyin ölçüm yerlerini gösteren baca kesiti ve mekan içindeki kanal ağzı açıklığı



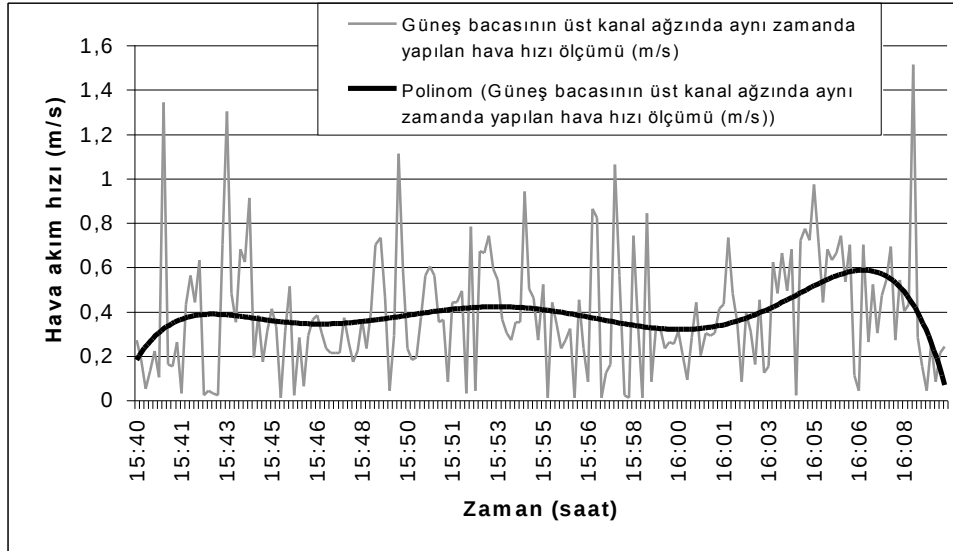
Şekil 4.34 Normal bacanın alt baca ağzında 29.07.2004 tarihinde yapılan hava hızı ölçümünün dış mekan rüzgar hızı ile karşılaştırılması

Normal bacanın alt baca ağzında belirtilen zaman aralıklarında 29.07.2004 tarihinde yapılan ölçümlerdeki ortalama değerlerden hava akım hızı 0,63 m/s (Şekil 4.34), sıcaklık 28,91°C olmakla birlikte dış ortamdaki ortalama değerler ise güneş ışınımında 750.38 W/m², rüzgar hızında 2,05 m/s (Şekil 4.34), sıcaklıkta 28,64°C, ve nem oranında 63,88 RH% değerlerini almaktadır.

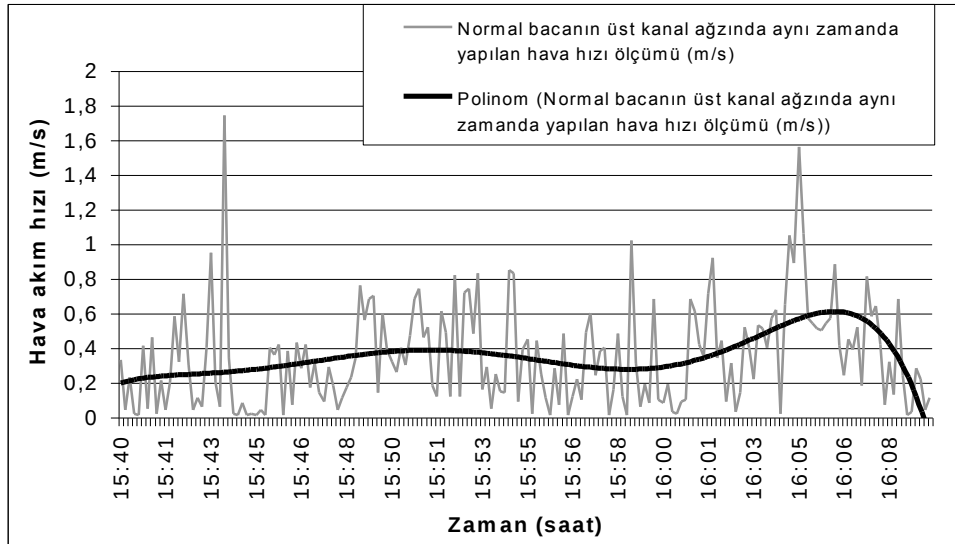
Her iki (güneş ve normal baca) üst kanal (K noktası) ağzında 29.07.2004 te 15.40 ve 16.10 saatleri arasında yapılan deneyin ölçüm noktaları ve yerleri Şekil 4.35 te verilmektedir.



Şekil 4.35 Her iki üst kanal ağzında 29.07.2004 tarihinde yapılan deneyin ölçüm yerlerini gösteren baca kesiti ve mekan içindeki kanal ağzı açıklıkları



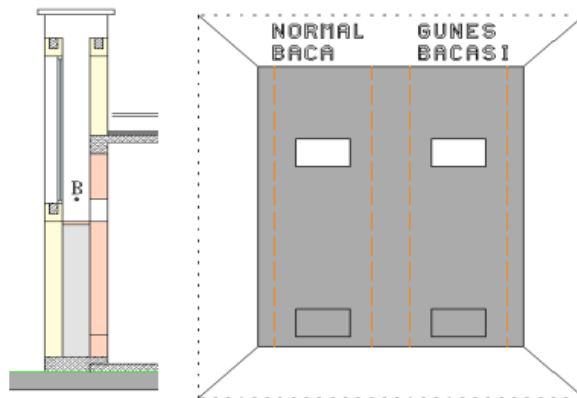
Şekil 4.36 Güneş bacasının üst kanal ağzında normal baca ile aynı zamanda, 29.07.2004 tarihinde yapılan hava hızı ölçümü (m/s)



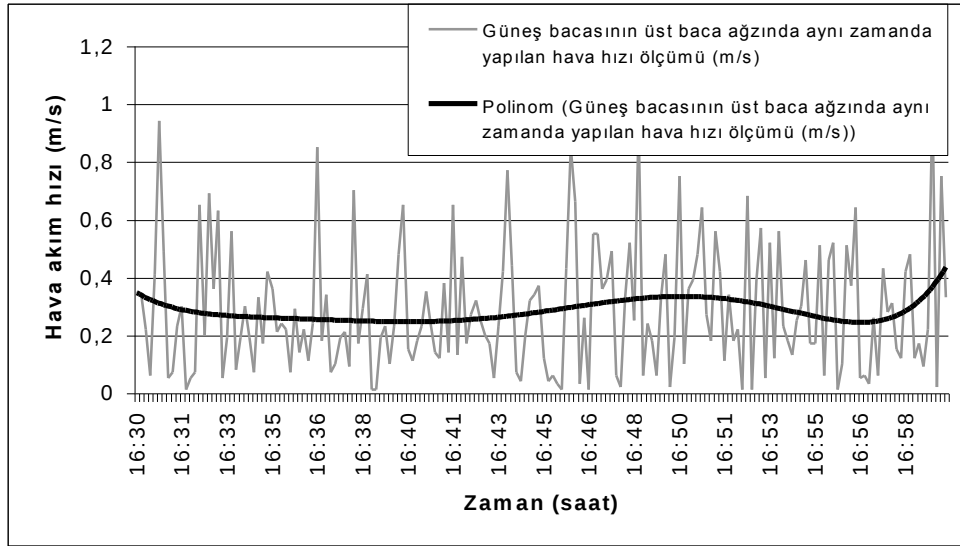
Şekil 4.37 Normal bacanın üst kanal ağzında güneş bacası ile aynı zamanda, 29.07.2004 tarihinde yapılan hava hızı ölçümü (m/s)

Aynı zamanda güneş bacası ve normal baca üst kanal ağzında 29.07.2004 tarihinde yapılan ölçüm değerlerinin ortalamasında güneş bacası için, hava akımı hızı 0,39 m/s (Şekil 4.36) ve sıcaklık 29,85°C; normal baca için hava akım hızı 0,35 m/s (Şekil 4.37) ve sıcaklık 29,34°C dir. Bu ölçümler sırasındaki dış ortam ortalama değerleri ise güneş ışınlımı için 617,33 W/m², rüzgar hızı için 1,86 m/s, sıcaklık için 28,76°C ve nem oranı için 64,02 RH% değerlerindedir.

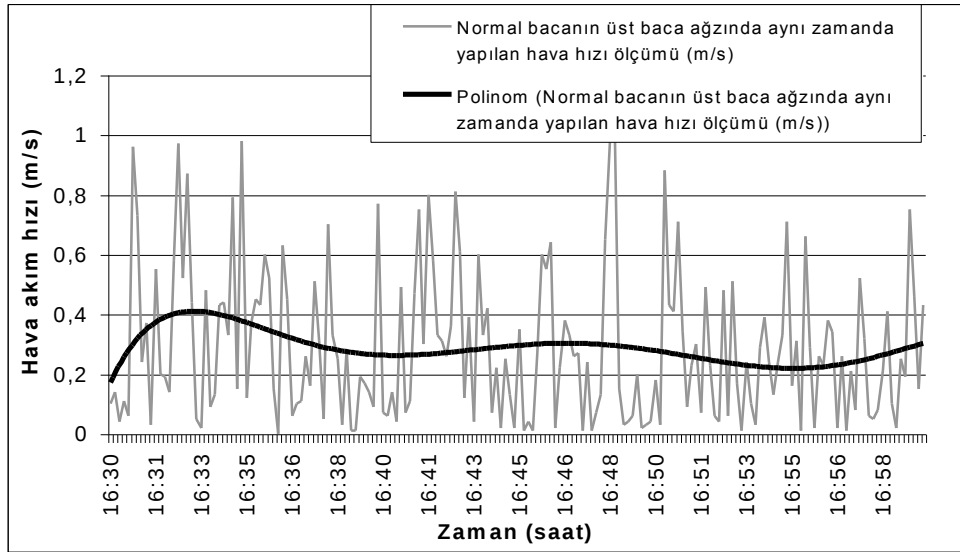
Her iki (güneş ve normal baca) üst baca (B noktası) ağzında 29.07.2004 te 16.30 ve 17.00 saatleri arasında yapılan deneyin ölçüm noktaları ve yerleri Şekil 4.38 de verilmektedir.



Şekil 4.38 Her iki üst baca ağzında 29.07.2004 tarihinde yapılan deneyin ölçüm yerlerini gösteren baca kesiti ve mekan içindeki kanal ağzı açıklıkları



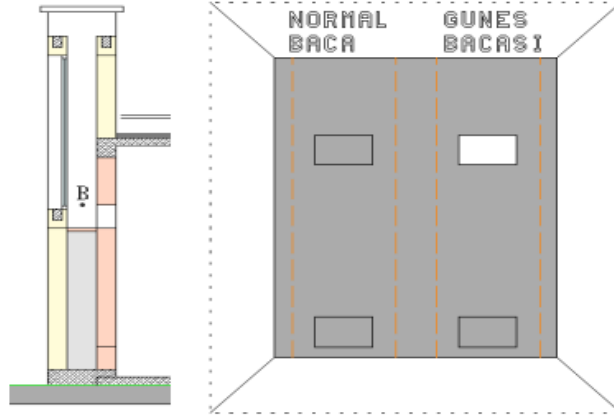
Şekil 4.39 Güneş bacasının üst baca ağzında normal baca ile aynı zamanda, 29.07.2004 tarihinde yapılan hava hızı ölçümü (m/s)



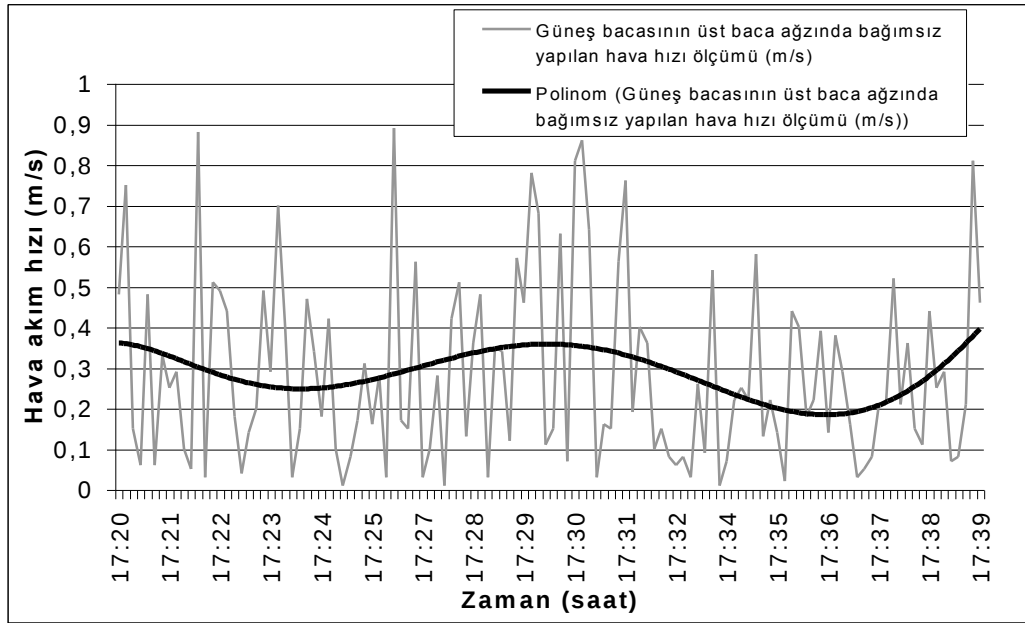
Şekil 4.40 Normal bacanın üst baca ağzında güneş bacası ile aynı zamanda, 29.07.2004 tarihinde yapılan hava hızı ölçümü (m/s)

Aynı zamanda güneş bacası ve normal baca üst baca ağzında 29.07.2004 tarihinde yapılan ölçüm değerlerinin ortalamasında güneş bacası için, hava akımı hızı 0,28 m/s (Şekil 4.39) ve sıcaklık 30,51°C; normal baca için hava akım hızı 0,29 m/s (Şekil 4.40) ve sıcaklık 29,46°C dir. Bu ölçümler sırasındaki dış ortam ortalama değerleri ise güneş ışınlamı için 520,46 W/m², rüzgar hızı için 1,71 m/s, sıcaklık için 28,54°C ve nem oranı için 65,93 RH% değerlerindedir.

Güneş bacasının üst baca (B noktası) ağzında 29.07.2004 te 17.20 ve 17.40 saatleri arasında yapılan deneyin ölçüm noktası ve yeri Şekil 4.41 de verilmektedir.



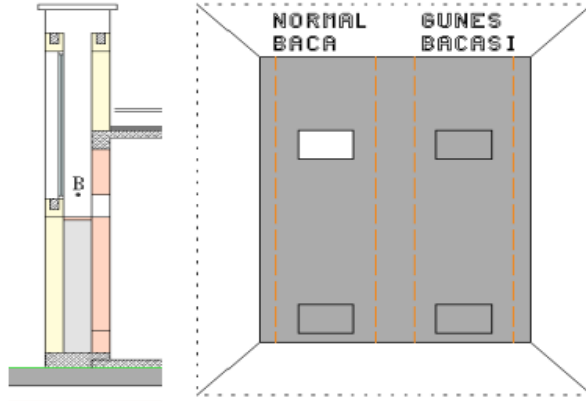
Şekil 4.41 Güneş bacasının üst baca ağzında 29.07.2004 tarihinde yapılan deneyin ölçüm yerlerini gösteren baca kesiti ve mekan içindeki kanal ağzı açıklığı



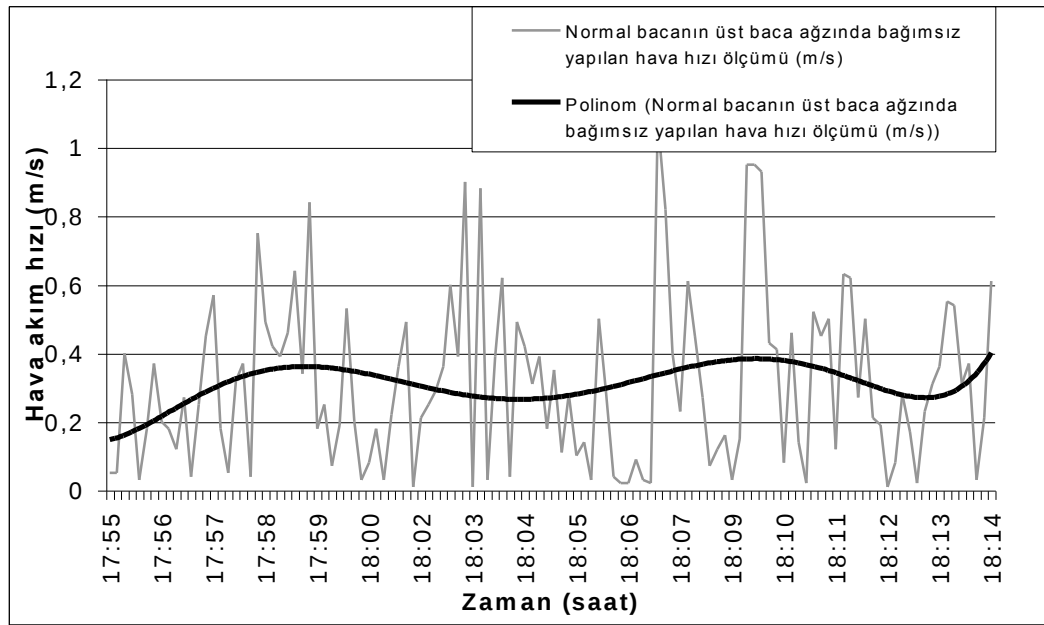
Şekil 4.42 Güneş bacasının üst baca ağzında 29.07.2004 tarihinde yapılan hava hızı ölçümü (m/s)

Güneş bacasının üst baca ağzında belirtilen zaman aralıklarında 29.07.2004 tarihinde yapılan ölçümlerdeki ortalama değerlerden hava akım hızı 0,29 m/s (Şekil 4.42), sıcaklık 30,72°C olmakla birlikte dış ortamdaki ortalama değerler ise güneş ışınımında 412,13 W/m², rüzgar hızında 2,17 m/s, sıcaklıkta 28,23°C, ve nem oranında 66,53 RH% değerlerini almaktadır.

Normal bacanın üst baca (B noktası) ağzında 29.07.2004 te 17.55 ve 18.15 saatleri arasında yapılan deneyin ölçüm noktası ve yeri Şekil 4.43 te verilmektedir.



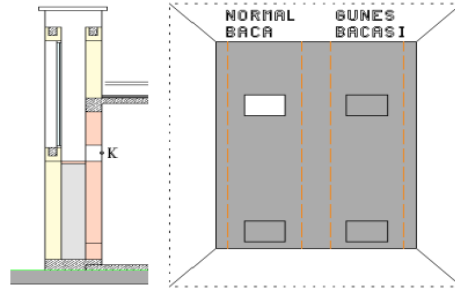
Şekil 4.43 Normal bacanın üst baca ağzında 29.07.2004 tarihinde yapılan deneyin ölçüm yerlerini gösteren baca kesiti ve mekan içindeki kanal ağzı açıklığı



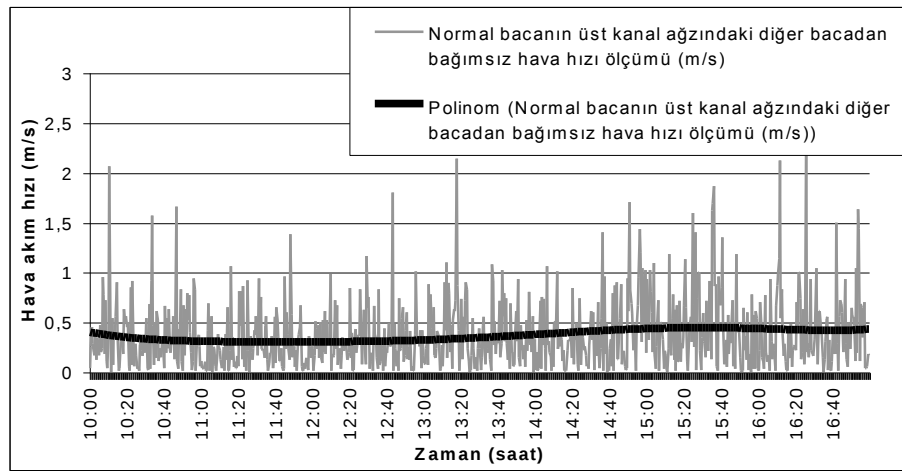
Şekil 4.44 Normal bacanın üst baca ağzında 29.07.2004 tarihinde yapılan hava hızı ölçümü (m/s)

Normal bacanın üst baca ağzında belirtilen zaman aralıklarında 29.07.2004 tarihinde yapılan ölçümlerdeki ortalama değerlerden hava akım hızı 0,31 m/s (Şekil 4.44), sıcaklık 29,70°C olmakla birlikte dış ortamdaki ortalama değerler ise güneş ışınımında 342,75 W/m², rüzgar hızında 1,39 m/s, sıcaklıkta 28,15°C, ve nem oranında 64,63 RH% değerlerini almaktadır.

Normal bacanın üst kanal (K noktası) ağzında 30.07.2004 de 10.00 ve 17.00 saatleri arasında yapılan deneyin ölçüm noktası ve yeri Şekil 4.45 te verilmektedir.



Şekil 4.45 Normal bacanın üst kanal ağzında 30.07.2004 tarihinde yapılan deneyin ölçüm yerlerini gösteren baca kesiti ve mekan içindeki kanal ağzı açıklığı



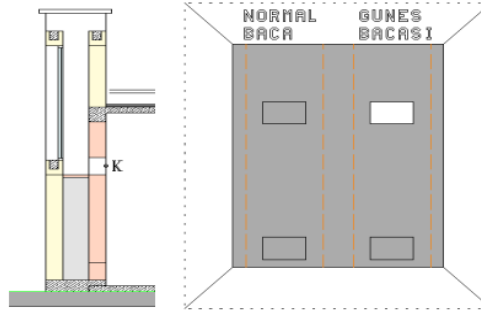
Şekil 4.46 Normal bacanın üst kanal ağzında 30.07.2004 tarihinde yapılan hava hızı ölçümü (m/s)

Tablo 4.2 Normal bacanın üst kanal ağzında 30.07.2004 tarihinde yapılan deneyin belirli saatler arasındaki iç mekan ve dış mekan ölçümlerinin ortalama değerleri

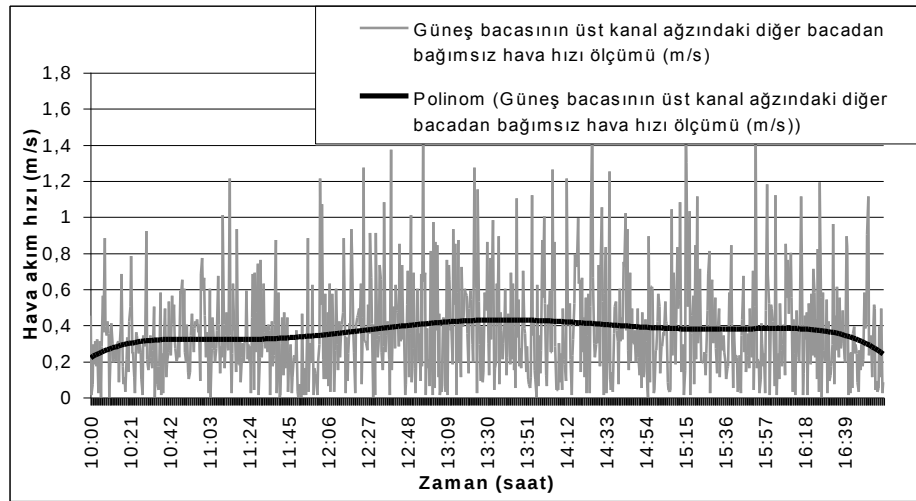
SAATLER ARASINDAKİ ORTALAMALAR	Normal bacanın üst kanal ağzındaki diğer bacadan bağımsız hava hızı ölçümü (m/s)	Normal bacanın üst kanal ağzındaki diğer bacadan bağımsız sıcaklık ölçümü (°C)	Güneş Işınımı (W/m ²)	Dış Mekandaki Rüzgar Hızı (m/s)	Dış Mekandaki Sıcaklık (°C)	Dış Mekandaki Nem Miktarı RH (%)
10.00-17.00	0,37	28,58	614,33	1,72	28,49	57,83
12.00-16.00	0,38	28,72	673,26	1,88	28,80	56,44
12.00-13.00	0,31	28,62	555,96	1,38	28,81	57,68
13.00-14.00	0,37	28,60	637,66	1,94	28,51	57,65
14.00-15.00	0,39	28,85	778,82	2,19	29,09	55,36
15.00-16.00	0,45	28,80	720,37	2,05	28,80	55,06
16.00-17.00	0,42	28,78	599,88	2,23	28,45	59,24

Normal bacanın üst kanal ağzında belirtilen zaman aralıklarında 30.07.2004 tarihinde yapılan ölçümlerdeki ortalama değerlerden hava akım hızı 0,37 m/s (Şekil 4.46), sıcaklık 28,58°C olmakla birlikte dış ortamdaki ortalama değerler ise güneş ışınımında 614,33 W/m², rüzgar hızında 1,72 m/s, sıcaklıkta 28,49°C, ve nem oranında 57,83 RH% değerlerini almaktadır (Tablo 4.2).

Güneş bacasının üst kanal (K noktası) ağzında 31.07.2004 de 10.00 ve 17.00 saatleri arasında yapılan deneyin ölçüm noktası ve yeri Şekil 4.47 de verilmektedir.



Şekil 4.47 Güneş bacasının üst kanal ağzında 31.07.2004 tarihinde yapılan deneyin ölçüm yerlerini gösteren baca kesiti ve mekan içindeki kanal ağzı açıklığı



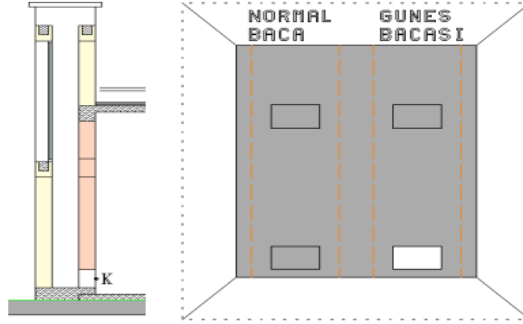
Şekil 4.48 Güneş bacasının üst kanal ağzında 31.07.2004 tarihinde yapılan hava hızı ölçümü (m/s)

Güneş bacasının üst kanal ağzında belirtilen zaman aralıklarında 31.07.2004 tarihinde yapılan ölçümlerdeki ortalama değerlerden hava akım hızı 0,36 m/s (Şekil 4.48), sıcaklık 28,24°C olmakla birlikte dış ortamdaki ortalama değerler ise güneş ışınımında 683,68 W/m², rüzgar hızında 1,60 m/s, sıcaklıkta 26,84°C, ve nem oranında 56,79 RH% değerlerini almaktadır (Tablo 4.3).

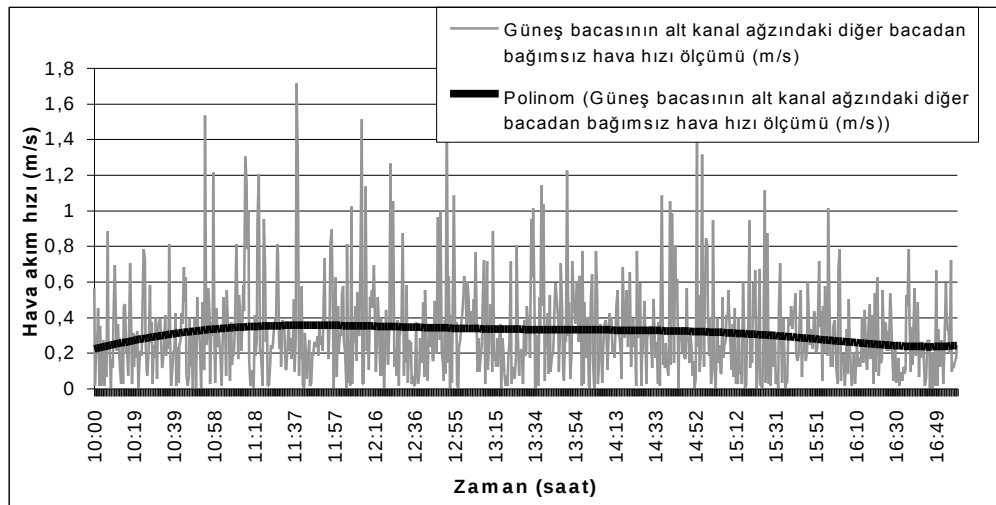
Tablo 4.3 Güneş bacasının üst kanal ağzında 31.07.2004 tarihinde yapılan deneyin belirli saatler arasındaki iç mekan ve dış mekan ölçümlerinin ortalama değerleri

SAATLER ARASINDAKİ ORTALAMALAR	Güneş bacasının üst kanal ağzındaki diğer bacadan bağımsız hava hızı ölçümü (m/s)	Güneş bacasının üst kanal ağzındaki diğer bacadan bağımsız sıcaklık ölçümü (°C)	Güneş Işınımı (W/m ²)	Dış Mekandaki Rüzgar Hızı (m/s)	Dış Mekandaki Sıcaklık (°C)	Dış Mekandaki Nem Miktarı RH (%)
10.00-17.00	0,36	28,24	683,68	1,60	26,84	56,79
12.00-16.00	0,40	28,69	778,00	1,82	27,29	55,84
12.00-13.00	0,41	28,25	824,70	1,77	27,28	57,81
13.00-14.00	0,41	28,84	841,57	1,89	27,17	55,75
14.00-15.00	0,41	28,84	779,43	1,83	27,59	53,04
15.00-16.00	0,38	28,84	668,51	1,79	27,13	56,75

Güneş bacasının alt kanal (K noktası) ağzında 01.08.2004 de 10.00 ve 17.00 saatleri arasında yapılan deneyin ölçüm noktası ve yeri Şekil 4.49 da verilmektedir.



Şekil 4.49 Güneş bacasının alt kanal ağzında 01.08.2004 tarihinde yapılan deneyin ölçüm yerlerini gösteren baca kesiti ve mekan içindeki kanal ağzı açıklığı



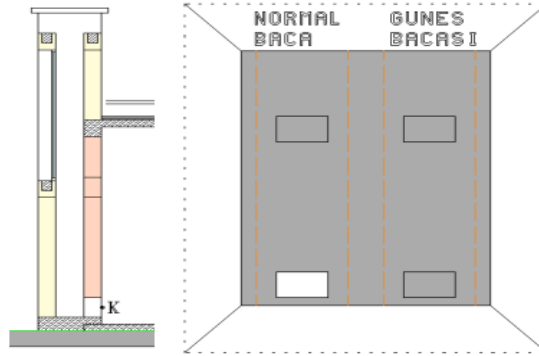
Şekil 4.50 Güneş bacasının alt kanal ağzında 01.08.2004 tarihinde yapılan hava hızı ölçümü (m/s)

Tablo 4.4 Güneş bacasının alt kanal ağzında 01.08.2004 tarihinde yapılan deneyin belirli saatler arasındaki iç mekan ve dış mekan ölçümlerinin ortalama değerleri

SAATLER ARASINDAKİ ORTALAMALAR	Güneş bacasının alt kanal ağzındaki diğer bacadan bağımsız hava hızı ölçümü (m/s)	Güneş bacasının alt kanal ağzındaki diğer bacadan bağımsız sıcaklık ölçümü (°C)	Güneş Işınımı (W/m ²)	Dış Mekandaki Rüzgar Hızı (m/s)	Dış Mekandaki Sıcaklık (°C)	Dış Mekandaki Nem Miktarı RH (%)
10.00-17.00	0,31	26,54	181,83	1,29	25,15	63,09
12.00-16.00	0,32	26,60	186,70	1,38	25,30	61,09
12.00-13.00	0,35	26,54	208,55	1,50	25,27	63,94
13.00-14.00	0,34	26,63	229,56	1,60	25,49	58,98
14.00-15.00	0,32	26,66	193,44	1,27	25,43	60,65
15.00-16.00	0,28	26,58	115,78	1,15	25,00	60,80

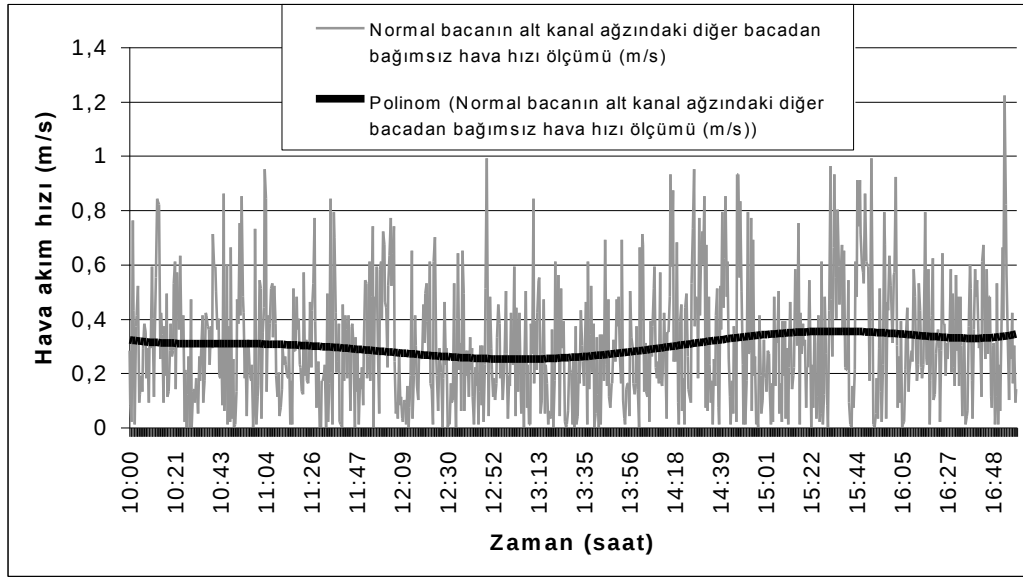
Güneş bacasının alt kanal ağzında belirtilen zaman aralıklarında 01.08.2004 tarihinde yapılan ölçümlerdeki ortalama değerlerden hava akım hızı 0,31 m/s (Şekil 4.50), sıcaklık 26,54°C olmakla birlikte dış ortamdaki ortalama değerler ise güneş ışınımında 181,83 W/m², rüzgar hızında 1,29 m/s, sıcaklıkta 25,15°C, ve nem oranında 63,09 RH% değerlerini almaktadır (Tablo 4.4).

Normal bacanın alt kanal (K noktası) ağzında 02.08.2004 de 10.00 ve 17.00 saatleri arasında yapılan deneyin ölçüm noktası ve yeri Şekil 4.51 de verilmektedir.



Şekil 4.51 Normal bacanın alt kanal ağzında 02.08.2004 tarihinde yapılan deneyin ölçüm yerlerini gösteren baca kesiti ve mekan içindeki kanal ağzı açıklığı

Normal bacanın alt kanal ağzında belirtilen zaman aralıklarında 02.08.2004 tarihinde yapılan ölçümlerdeki ortalama değerlerden hava akım hızı 0,30 m/s (Şekil 4.52), sıcaklık 26,88°C olmakla birlikte dış ortamdaki ortalama değerler ise güneş ışınımında 403,75 W/m², rüzgar hızında 1,14 m/s, sıcaklıkta 27,41°C, ve nem oranında 53,84 RH% değerlerini almaktadır (Tablo 4.5).



Şekil 4.52 Normal bacanın alt kanal ağzında 02.08.2004 tarihinde yapılan hava hızı ölçümü (m/s)

Tablo 4.5 Normal bacanın alt kanal ağzında 02.08.2004 tarihinde yapılan deneyin belirli saatler arasındaki iç mekan ve dış mekan ölçümlerinin ortalama değerleri

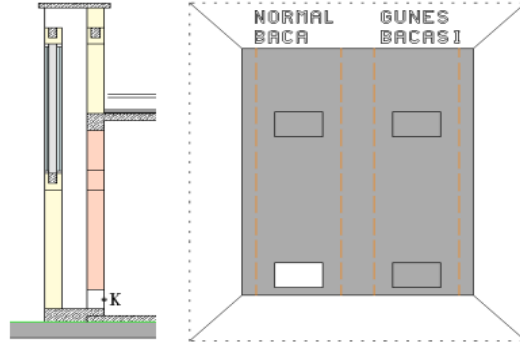
SAATLER ARASINDAKİ ORTALAMALAR	Normal bacanın alt kanal ağzındaki diğer bacadan bağımsız hava hızı ölçümü (m/s)	Normal bacanın alt kanal ağzındaki diğer bacadan bağımsız sıcaklık ölçümü (°C)	Güneş Işınımı (W/m ²)	Dış Mekandaki Rüzgar Hızı (m/s)	Dış Mekandaki Sıcaklık (°C)	Dış Mekandaki Nem Miktarı RH (%)
10.00-17.00	0,3	26,88	403,75	1,14	27,41	53,84
12.00-16.00	0,30	26,97	371,66	1,16	27,54	53,30
12.00-13.00	0,26	26,84	329,91	1,09	27,36	54,19
13.00-14.00	0,24	26,83	366,05	0,91	27,39	54,73
14.00-15.00	0,35	27,09	417,24	1,54	27,64	52,03
15.00-16.00	0,34	27,13	371,35	1,12	27,75	52,24

Tablo 4.1 deki sıralamayı takip edersek devam eden süreçte çift cam ölçümleri yapılmakla birlikte ölçüm verilerinin istenilen düzeye çekilmesi gözetilerek etkileyen ortam koşullarının kaldırılması açısından ölçme düzeneğinde birtakım değişiklikler yapılmıştır. Bu değişiklikler tabloda çeşitli sembollerle gösterilmiş ve açıklamaları yapılmıştır.

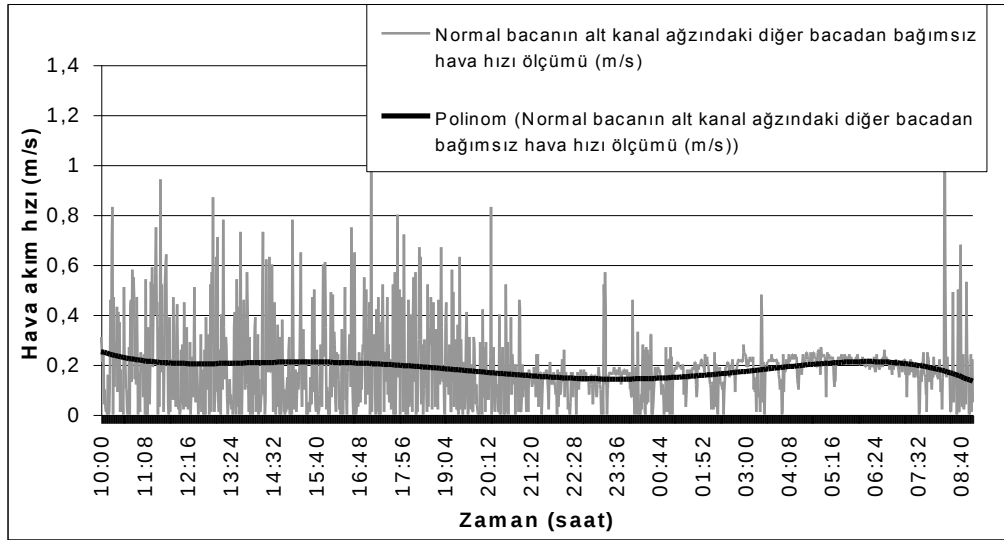
“ **GAPA** ” işareti ile bahsedilen 03-04, 04-05, 05-06, 06-07, 07-08 tarihleri ağustos 2004 te yapılan ölçümlerde hakim rüzgar yönündeki baca şapkasında açık olan üç kenar kapatıldı, hakim rüzgarın tersindeki bir kenar açık bırakıldı. Ayrıca iç

mekandaki ve kanal ağzı açıklığı kadar alanı olan yan pencere de açık bırakıldı.

Normal bacanın alt kanal (K noktası) ağzında 03-04.08.2004 de 10.00(03) ve 09.00(04) saatleri arasında yapılan gündüz ve gece deneyinin ölçüm noktası ve yeri Şekil 4.53 te verilmektedir.



Şekil 4.53 Normal bacanın alt kanal ağzında 03-04.08.2004 tarihlerinde yapılan deneyin ölçüm yerlerini gösteren baca kesiti ve mekan içindeki kanal ağzı açıklığı



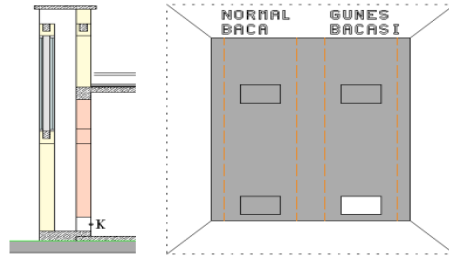
Şekil 4.54 Normal bacanın alt kanal ağzında 03-04.08.2004 tarihlerinde yapılan hava hızı ölçümü (m/s)

Normal bacanın alt kanal ağzında belirtilen zaman aralıklarında 03-04.08.2004 tarihlerinde yapılan ölçümlerdeki ortalama değerlerden hava akım hızı 0,19 m/s (Şekil 4.54), sıcaklık 25,74°C olmakla birlikte dış ortamdaki ortalama değerler ise güneş ışınımında 176,26 W/m² (gece boyunca güneş ışınımının ortalaması da hesaba katılmıştır), rüzgar hızında 0,14 m/s, sıcaklıkta 24,26°C, ve nem oranında 64,32 RH% değerlerini almaktadır (Tablo 4.6).

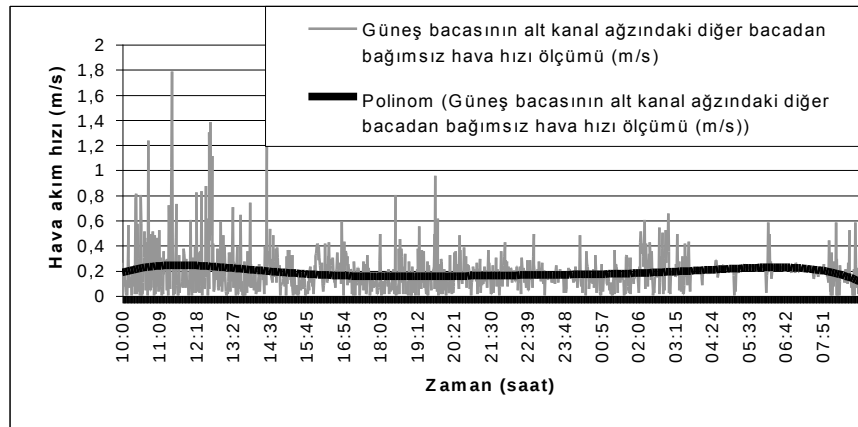
Tablo 4.6 Normal bacanın alt kanal ağzında 03-04.08.2004 tarihlerinde yapılan deneyin belirli saatler arasındaki iç ve dış mekan ölçümlerinin ortalama değerleri

SAATLER ARASINDAKİ ORTALAMALAR	Normal bacanın alt kanal ağızındaki diğer bacadan bağımsız hava hızı ölçümü (m/s)	Normal bacanın alt kanal ağızındaki diğer bacadan bağımsız sıcaklık ölçümü (°C)	Güneş Işınımı (W/m ²)	Dış Mekandaki Rüzgar Hızı (m/s)	Dış Mekandaki Sıcaklık (°C)	Dış Mekandaki Nem Miktarı RH (%)
10.00-09.00	0,19	25,74	176,26	0,14	24,26	64,32
12.00-16.00	0,19	26,42	393,76	0,14	27,30	61,11
12.00-13.00	0,17	26,19	242,57	0,14	26,27	71,85
13.00-14.00	0,21	26,09	319,65	0,08	26,33	66,21
14.00-15.00	0,18	26,62	480,89	0,19	28,16	54,66
15.00-16.00	0,18	26,75	539,02	0,13	28,43	51,88

Güneş bacasının alt kanal (K noktası) ağzında 04-05.08.2004 de 10.00(04) ve 09.00(05) saatleri arasında yapılan gündüz ve gece deneyinin ölçüm noktası ve yeri Şekil 4.55 te verilmektedir.



Şekil 4.55 Güneş bacasının alt kanal ağzında 04-05.08.2004 tarihlerinde yapılan deneyin ölçüm yerlerini gösteren baca kesiti ve mekan içindeki kanal ağzı açıklığı



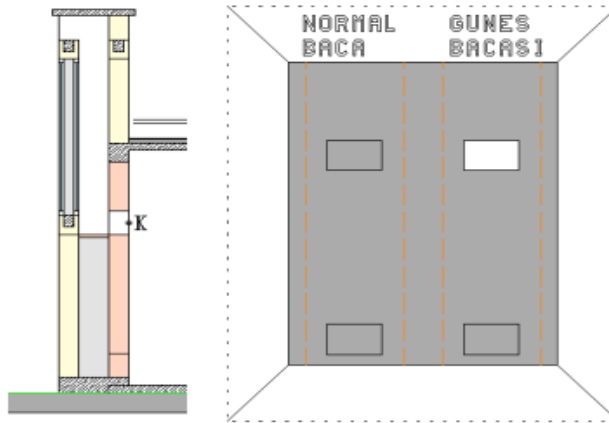
Şekil 4.56 Güneş bacasının alt kanal ağzında 04-05.08.2004 tarihlerinde yapılan hava hızı ölçümü (m/s)

Tablo 4.7 Güneş bacasının alt kanal ağzında 04-05.08.2004 tarihlerinde yapılan deneyin belirli saatler arasındaki iç ve dış mekan ölçümlerinin ortalama değerleri

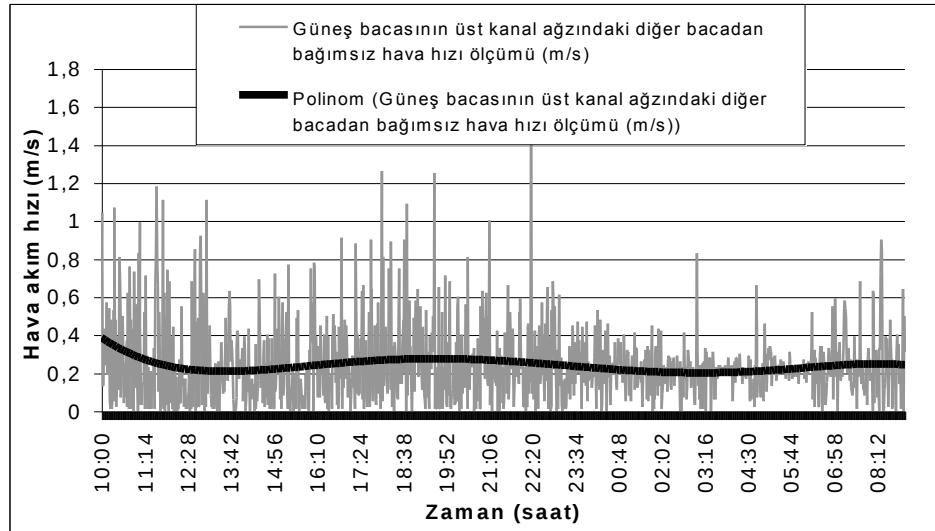
SAATLER ARASINDAKİ ORTALAMALAR	Güneş bacasının alt kanal ağzındaki diğer bacadan bağımsız hava hızı ölçümü (m/s)	Güneş bacasının alt kanal ağzındaki diğer bacadan bağımsız sıcaklık ölçümü (°C)	Güneş Işınımı (W/m ²)	Dış Mekandaki Rüzgar Hızı (m/s)	Dış Mekandaki Sıcaklık (°C)	Dış Mekandaki Nem Miktarı RH (%)
10.00-09.00	0,18	25,93	190,8	0,07	24,31	70,21
12.00-16.00	0,19	27,10	531,72	0,24	28,19	52,39
12.00-13.00	0,27	26,99	730,21	0,29	28,73	51,05
13.00-14.00	0,18	27,41	636,61	0,09	29,03	55,77
14.00-15.00	0,20	26,95	424,35	0,51	26,98	56,58
15.00-16.00	0,11	27,03	341,88	0,06	28,03	46,14

Güneş bacasının alt kanal ağzında belirtilen zaman aralıklarında 04-05.08.2004 tarihlerinde yapılan ölçümlerdeki ortalama değerlerden hava akım hızı 0,18 m/s (Şekil 4.56), sıcaklık 25,93°C olmakla birlikte dış ortamdaki ortalama değerler ise güneş ışınımında 190,80 W/m² (gece boyunca güneş ışınımının ortalaması da hesaba katılmıştır), rüzgar hızında 0,07 m/s, sıcaklıkta 24,31°C, ve nem oranında 70,21 RH% değerlerini almaktadır (Tablo 4.7).

Güneş bacasının üst kanal (K noktası) ağzında 05-06.08.2004 de 10.00(05) ve 09.00(06) saatleri arasında yapılan gündüz ve gece deneyinin ölçüm noktası ve yeri Şekil 4.57 de verilmektedir.



Şekil 4.57 Güneş bacasının üst kanal ağzında 05-06.08.2004 tarihlerinde yapılan deneyin ölçüm yerlerini gösteren baca kesiti ve mekan içindeki kanal ağzı açıklığı



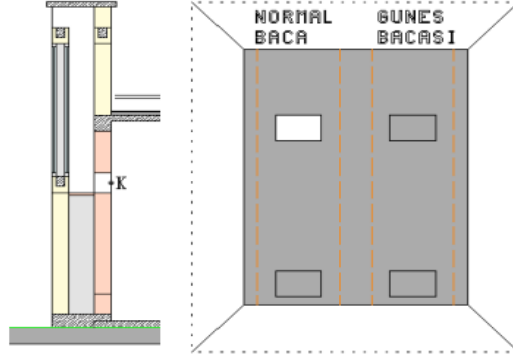
Şekil 4.58 Güneş bacasının üst kanal ağzında 05-06.08.2004 tarihlerinde yapılan hava hızı ölçümü (m/s)

Güneş bacasının üst kanal ağzında belirtilen zaman aralıklarında 05-06.08.2004 tarihlerinde yapılan ölçümlerdeki ortalama değerlerden hava akım hızı 0,24 m/s (Şekil 4.58), sıcaklık 26,77°C olmakla birlikte dış ortamdaki ortalama değerler ise güneş ışınımında 174,28 W/m² (gece boyunca güneş ışınımının ortalaması da hesaba katılmıştır), rüzgar hızında 0,44 m/s, sıcaklıkta 25,26°C, ve nem oranında 71,07 RH% değerlerini almaktadır (Tablo 4.8).

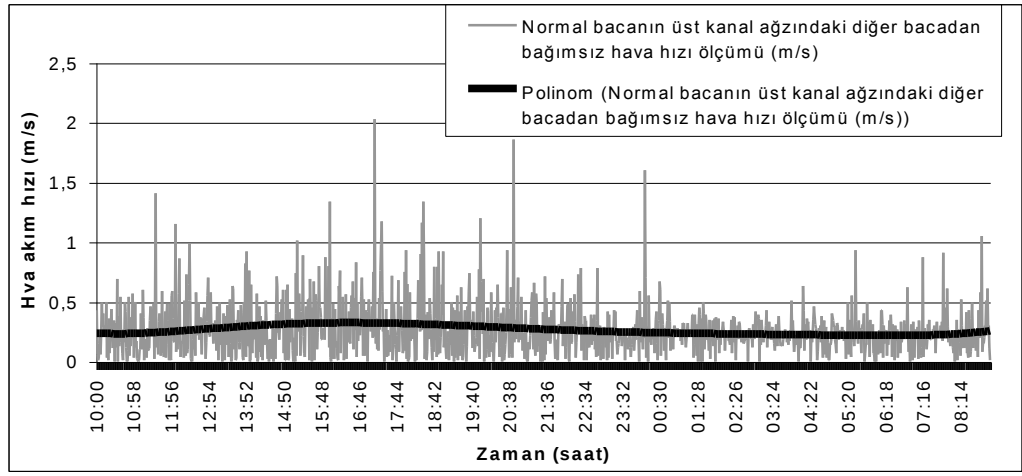
Tablo 4.8 Güneş bacasının üst kanal ağzında 05-06.08.2004 tarihlerinde yapılan deneyin belirli saatler arasındaki iç ve dış mekan ölçümlerinin ortalama değerleri

SAATLER ARASINDAKİ ORTALAMALAR	Güneş bacasının üst kanal ağzındaki diğer bacadan bağımsız hava hızı ölçümü (m/s)	Güneş bacasının üst kanal ağzındaki diğer bacadan bağımsız sıcaklık ölçümü (°C)	Güneş Işınımı (W/m ²)	Dış Mekandaki Rüzgar Hızı (m/s)	Dış Mekandaki Sıcaklık (°C)	Dış Mekandaki Nem Miktarı RH (%)
10.00-09.00	0,24	26,77	174,28	0,44	25,26	71,07
12.00-16.00	0,20	28,41	454,39	0,38	29,19	52,36
12.00-13.00	0,21	28,16	580,03	0,07	28,81	55,62
13.00-14.00	0,22	28,44	420,46	0,39	29,34	49,65
14.00-15.00	0,18	28,54	600,69	0,36	29,82	49,13
15.00-16.00	0,20	28,51	217,16	0,69	28,81	54,92

Normal bacanın üst kanal (K noktası) ağzında 06-07.08.2004 de 10.00(06) ve 09.00(07) saatleri arasında yapılan gündüz ve gece deneyinin ölçüm noktası ve yeri Şekil 4.59 da verilmektedir.



Şekil 4.59 Normal bacanın üst kanal ağzında 06-07.08.2004 tarihlerinde yapılan deneyin ölçüm yerlerini gösteren baca kesiti ve mekan içindeki kanal ağzı açıklığı



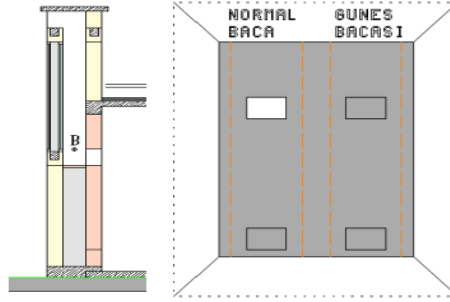
Şekil 4.60 Normal bacanın üst kanal ağzında 06-07.08.2004 tarihlerinde yapılan hava hızı ölçümü (m/s)

Tablo 4.9 Normal bacanın üst kanal ağzında 06-07.08.2004 tarihlerinde yapılan deneyin belirli saatler arasındaki iç ve dış mekan ölçümlerinin ortalama değerleri

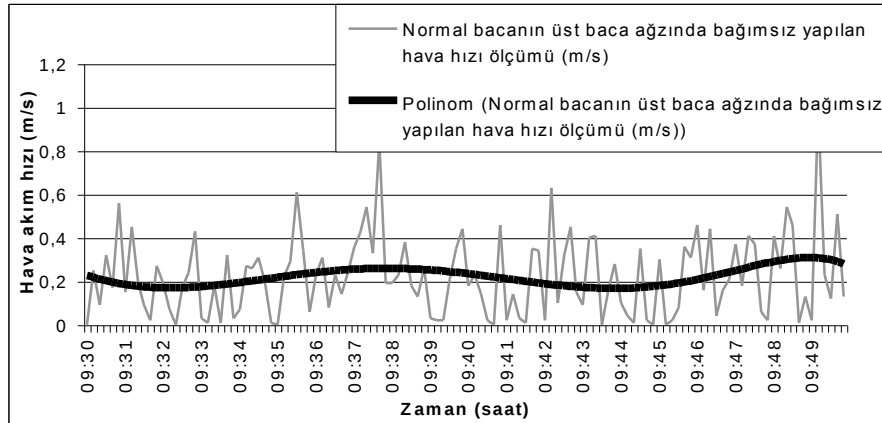
SAATLER ARASINDAKİ ORTALAMALAR	Normal bacanın üst kanal ağzındaki diğer bacadan bağımsız hava hızı ölçümü (m/s)	Normal bacanın üst kanal ağzındaki diğer bacadan bağımsız sıcaklık ölçümü (°C)	Güneş Işınımı (W/m ²)	Dış Mekandaki Rüzgar Hızı (m/s)	Dış Mekandaki Sıcaklık (°C)	Dış Mekandaki Nem Miktarı RH (%)
10.00-09.00	0,26	26,69	247,65	0,68	25,11	68,91
12.00-16.00	0,30	27,97	742,26	0,97	29,43	47,38
12.00-13.00	0,31	27,60	713,50	0,95	28,95	54,32
13.00-14.00	0,26	27,96	788,02	0,83	29,70	47,60
14.00-15.00	0,24	28,20	768,82	0,84	29,94	42,48
15.00-16.00	0,37	28,14	700,03	1,26	29,17	45,03

Normal bacanın üst kanal ağzında belirtilen zaman aralıklarında 06-07.08.2004 tarihlerinde yapılan ölçümlerdeki ortalama değerlerden hava akım hızı 0,26 m/s (Şekil 4.60), sıcaklık 26,69°C olmakla birlikte dış ortamdaki ortalama değerler ise güneş ışınımında 247,65 W/m² (gece boyunca güneş ışınımının ortalaması da hesaba katılmıştır), rüzgar hızında 0,68 m/s, sıcaklıkta 25,11°C, ve nem oranında 68,91 RH% değerlerini almaktadır (Tablo 4.9).

Normal bacanın üst baca (B noktası) ağzında 07.08.2004 te 09.30 ve 09.50 saatleri arasında yapılan deneyin ölçüm noktası ve yeri Şekil 4.61 de verilmektedir.



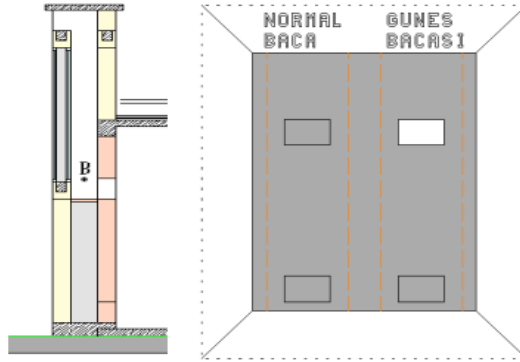
Şekil 4.61 Normal bacanın üst baca ağzında 07.08.2004 tarihinde yapılan deneyin ölçüm yerlerini gösteren baca kesiti ve mekan içindeki kanal ağzı açıklığı



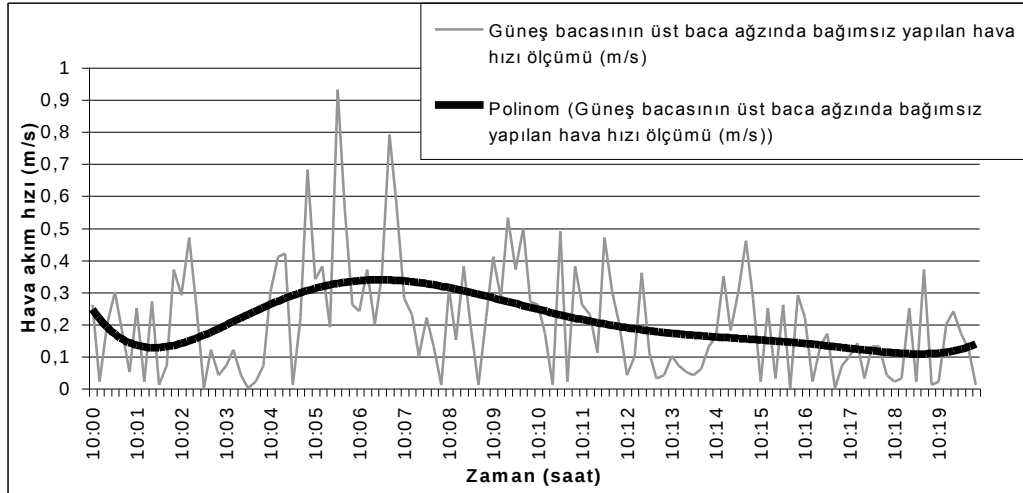
Şekil 4.62 Normal bacanın üst baca ağzında 07.08.2004 tarihinde yapılan hava hızı ölçümü (m/s)

Normal bacanın üst baca ağzında belirtilen zaman aralıklarında 07.08.2004 tarihinde yapılan ölçümlerdeki ortalama değerlerden hava akım hızı 0,22 m/s (Şekil 4.62), sıcaklık 26,68°C olmakla birlikte dış ortamdaki ortalama değerler ise güneş ışınımında 424,44 W/m², rüzgar hızında 1,19 m/s, sıcaklıkta 26,28°C, ve nem oranında 66,81 RH% değerlerini almaktadır.

Güneş bacasının üst baca (B noktası) ağzında 07.08.2004 te 10.00 ve 10.20 saatleri arasında yapılan deneyin ölçüm noktası ve yeri Şekil 4.63 te verilmektedir.



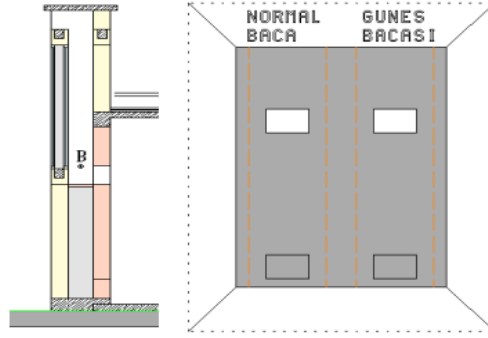
Şekil 4.63 Güneş bacasının üst baca ağzında 07.08.2004 tarihinde yapılan deneyin ölçüm yerlerini gösteren baca kesiti ve mekan içindeki kanal ağzı açıklığı



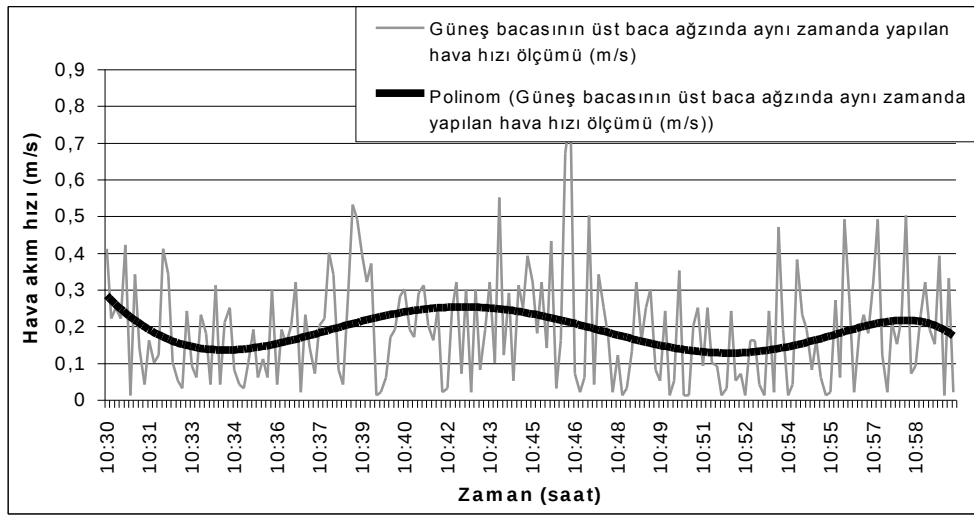
Şekil 4.64 Güneş bacasının üst baca ağzında 07.08.2004 tarihinde yapılan hava hızı ölçümü (m/s)

Güneş bacasının üst baca ağzında belirtilen zaman aralıklarında 07.08.2004 tarihinde yapılan ölçümlerdeki ortalama değerlerden hava akım hızı 0,20 m/s (Şekil 4.64), sıcaklık 27,51°C olmakla birlikte dış ortamdaki ortalama değerler ise güneş ışınımında 497,37 W/m², rüzgar hızında 0,80 m/s, sıcaklıkta 26,84°C, ve nem oranında 62,51 RH% değerlerini almaktadır.

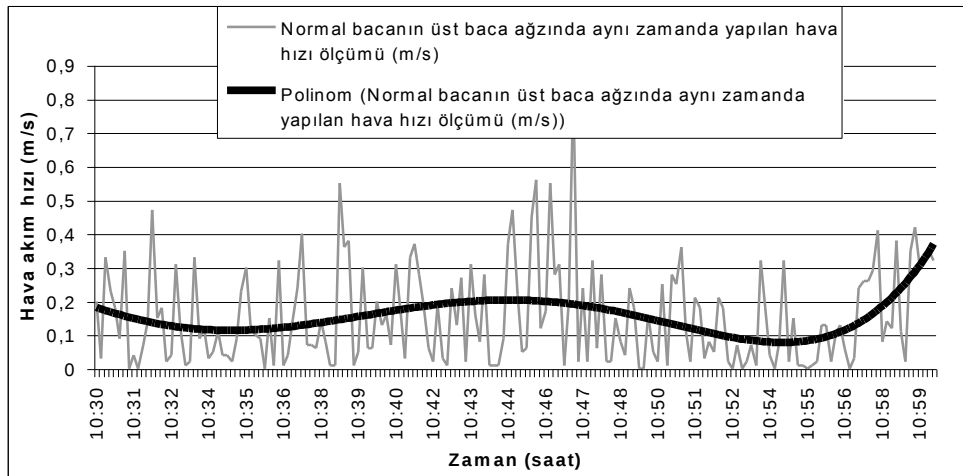
Her iki (güneş ve normal baca) üst baca (B noktası) ağzında 07.08.2004 te 10.30 ve 11.00 saatleri arasında yapılan deneyin ölçüm noktaları ve yerleri Şekil 4.65 te verilmektedir.



Şekil 4.65 Her iki üst baca ağzında 07.08.2004 tarihinde yapılan deneyin ölçüm yerlerini gösteren baca kesiti ve mekan içindeki kanal ağzı açıklıkları



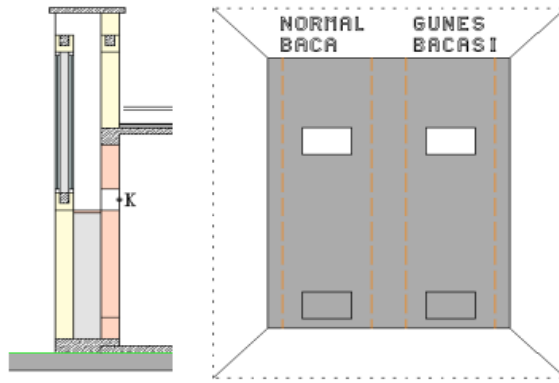
Şekil 4.66 Güneş bacasının üst baca ağzında normal baca ile aynı zamanda, 07.08.2004 tarihinde yapılan hava hızı ölçümü (m/s)



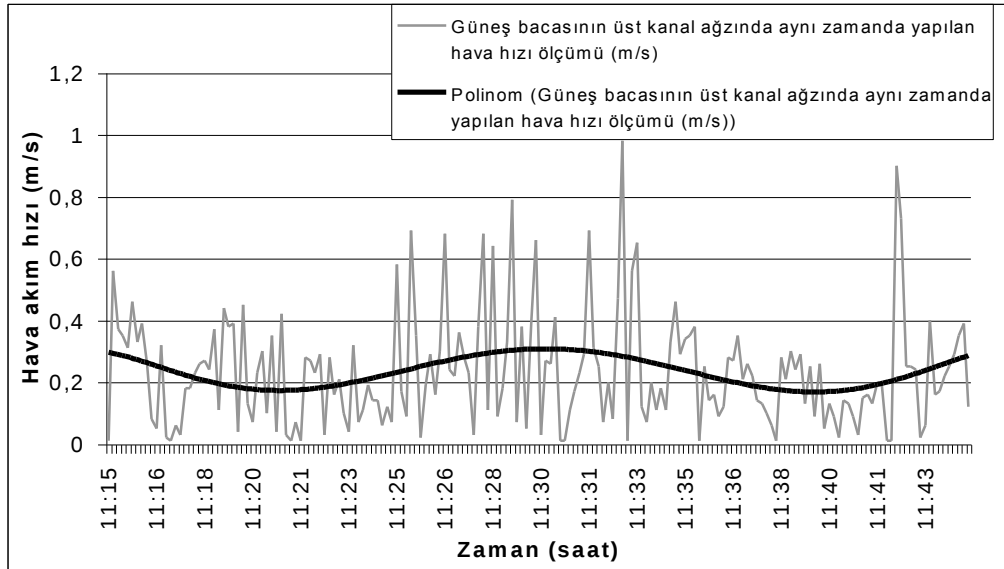
Şekil 4.67 Normal bacanın üst baca ağzında güneş bacası ile aynı zamanda, 07.08.2004 tarihinde yapılan hava hızı ölçümü (m/s)

Aynı zamanda güneş bacası ve normal bacanın üst baca ağzında 07.08.2004 tarihinde yapılan ölçüm değerlerinin ortalamasında güneş bacası için, hava akımı hızı 0,19 m/s (Şekil 4.66) ve sıcaklık 28,17°C; normal baca için hava akım hızı 0,15 m/s (Şekil 4.67) ve sıcaklık 27,46°C dir. Bu ölçümler sırasındaki dış ortam ortalama değerleri ise güneş ışınımı için 576,58 W/m², rüzgar hızı için 0,68 m/s, sıcaklık için 27,57°C ve nem oranı için 61,19 RH% değerlerindedir.

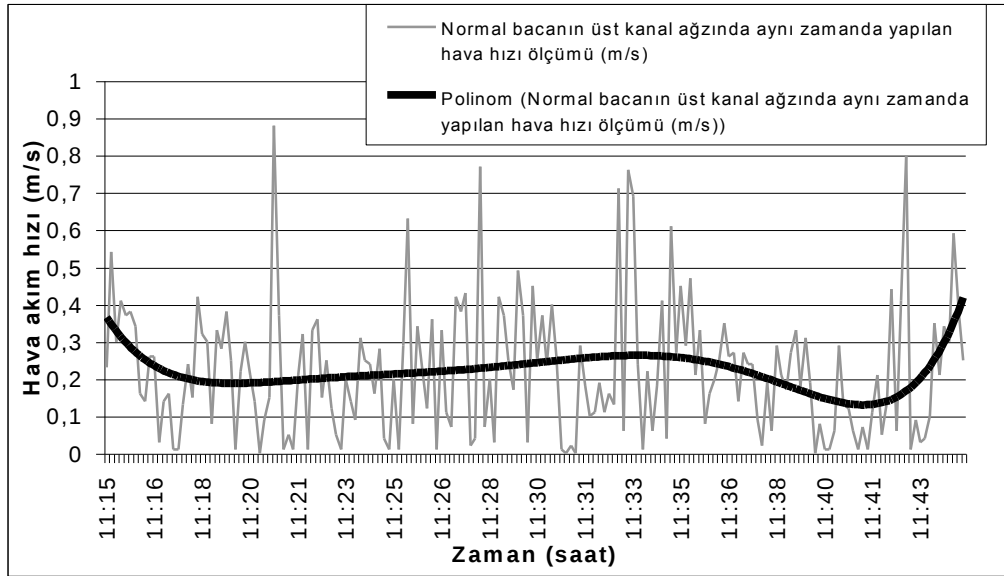
Her iki (güneş ve normal baca) üst kanal (K noktası) ağzında 07.08.2004 te 11.15 ve 11.45 saatleri arasında yapılan deneyin ölçüm noktaları ve yerleri Şekil 4.68 de verilmektedir.



Şekil 4.68 Her iki üst kanal ağzında 07.08.2004 tarihinde yapılan deneyin ölçüm yerlerini gösteren baca kesiti ve mekan içindeki kanal ağzı açıklıkları



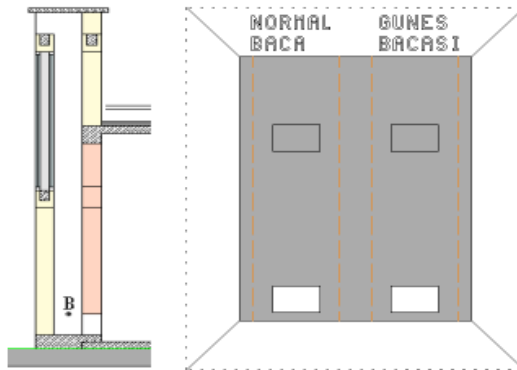
Şekil 4.69 Güneş bacasının üst kanal ağzında normal baca ile aynı zamanda, 07.08.2004 tarihinde yapılan hava hızı ölçümü (m/s)



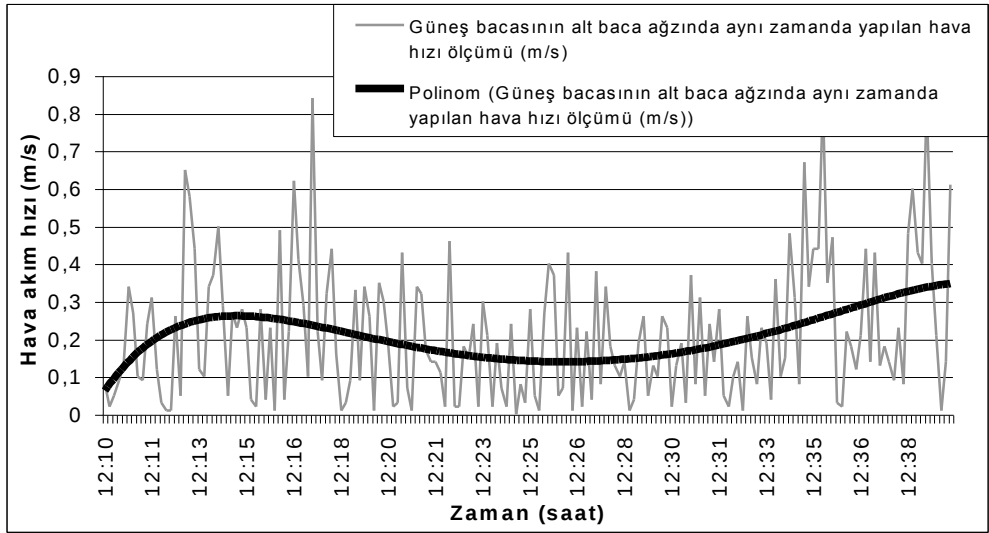
Şekil 4.70 Normal bacanın üst kanal ağzında güneş bacası ile aynı zamanda, 07.08.2004 tarihinde yapılan hava hızı ölçümü (m/s)

Aynı zamanda güneş bacası ve normal bacanın üst kanal ağzında 07.08.2004 tarihinde yapılan ölçüm değerlerinin ortalamasında güneş bacası için, hava akımı hızı 0,23 m/s (Şekil 4.69) ve sıcaklık 28,16°C; normal baca için hava akım hızı 0,22 m/s (Şekil 4.70) ve sıcaklık 27,70°C dir. Bu ölçümler sırasındaki dış ortam ortalama değerleri ise güneş ışınlamı için 603,02 W/m², rüzgar hızı için 0,69 m/s, sıcaklık için 28,31°C ve nem oranı için 57,82 RH% değerlerindedir.

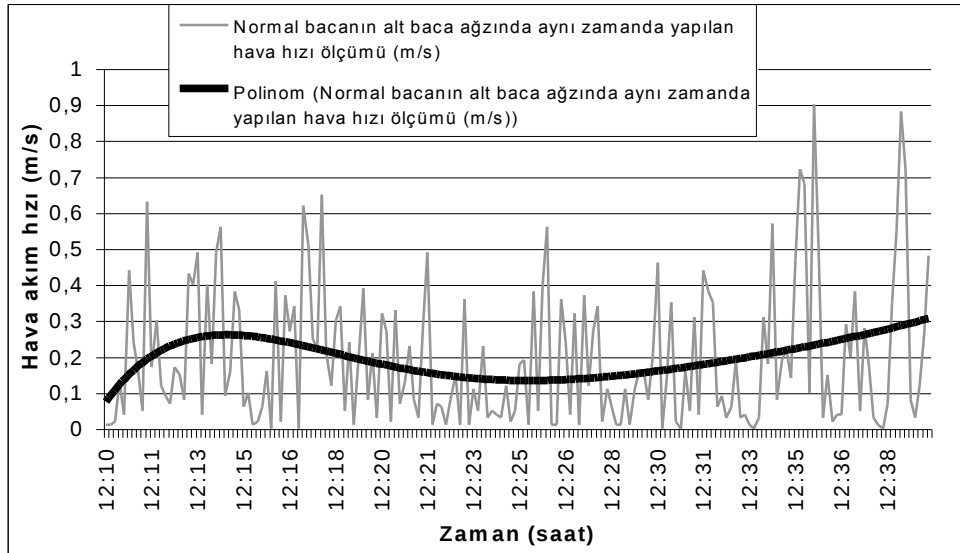
Her iki (güneş ve normal baca) alt baca (B noktası) ağzında 07.08.2004 te 12.10 ve 12.40 saatleri arasında yapılan deneyin ölçüm noktaları ve yerleri Şekil 4.71 de verilmektedir.



Şekil 4.71 Her iki alt baca ağzında 07.08.2004 tarihinde yapılan deneyin ölçüm yerlerini gösteren baca kesiti ve mekan içindeki kanal ağzı açıklıkları



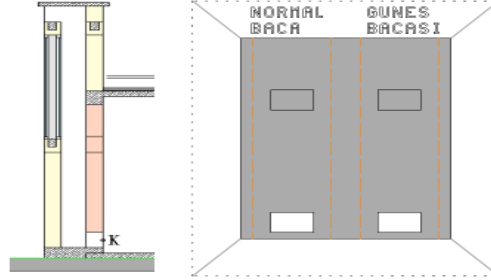
Şekil 4.72 Güneş bacasının alt baca ağzında normal baca ile aynı zamanda, 07.08.2004 tarihinde yapılan hava hızı ölçümü (m/s)



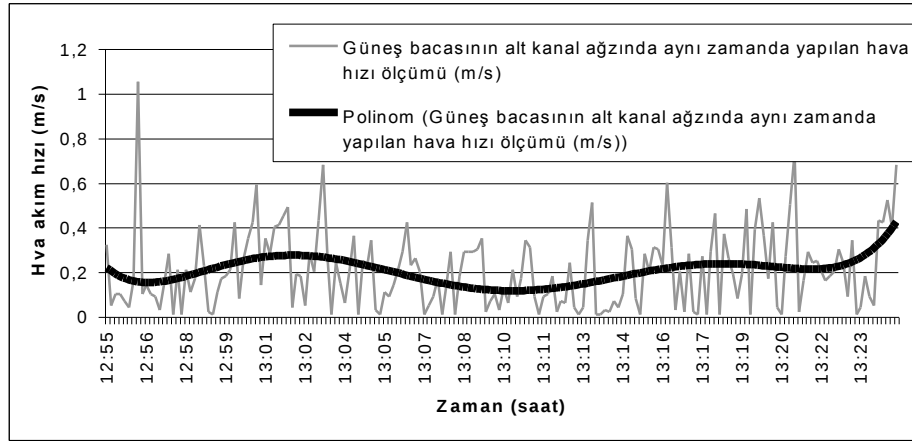
Şekil 4.73 Normal bacanın alt baca ağzında güneş bacası ile aynı zamanda, 07.08.2004 tarihinde yapılan hava hızı ölçümü (m/s)

Aynı zamanda güneş bacası ve normal baca alt baca ağzında 07.08.2004 tarihinde yapılan ölçüm değerlerinin ortalamasında güneş bacası için, hava akımı hızı 0,21 m/s (Şekil 4.72) ve sıcaklık 27,88°C; normal baca için hava akım hızı 0,20 m/s (Şekil 4.73) ve sıcaklık 27,53°C dir. Bu ölçümler sırasındaki dış ortam ortalama değerleri ise güneş ışınlamı için 727,48 W/m², rüzgar hızı için 0,94 m/s, sıcaklık için 29,24°C ve nem oranı için 54,63 RH% değerlerindedir.

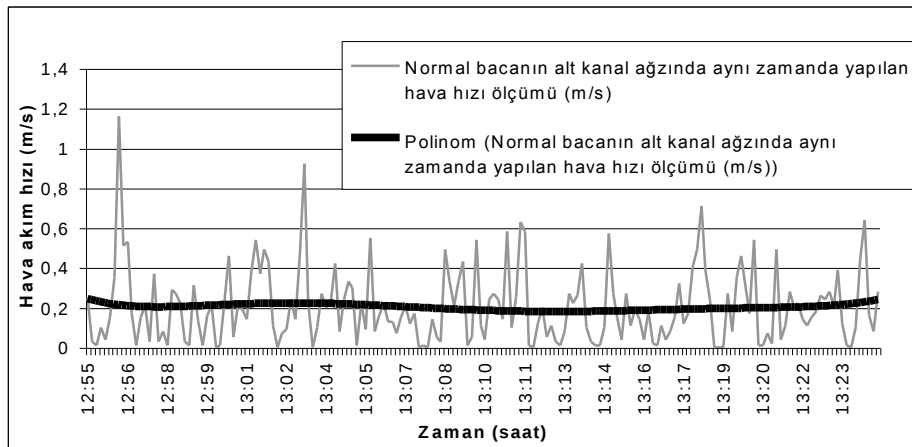
Her iki (güneş ve normal baca) alt kanal (K noktası) ağzında 07.08.2004 te 12.55 ve 13.25 saatleri arasında yapılan deneyin ölçüm noktaları ve yerleri Şekil 4.74 te verilmektedir.



Şekil 4.74 Her iki alt kanal ağzında 07.08.2004 tarihinde yapılan deneyin ölçüm yerlerini gösteren baca kesiti ve mekan içindeki kanal ağzı açıklıkları



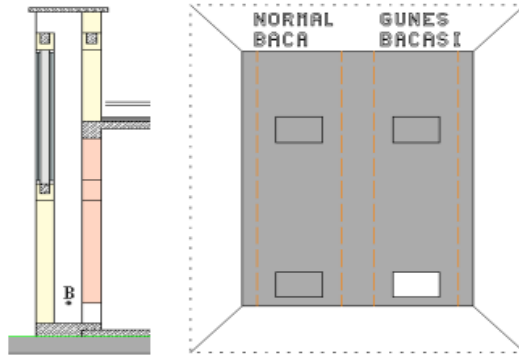
Şekil 4.75 Güneş bacasının alt kanal ağzında normal baca ile aynı zamanda, 07.08.2004 tarihinde yapılan hava hızı ölçümü (m/s)



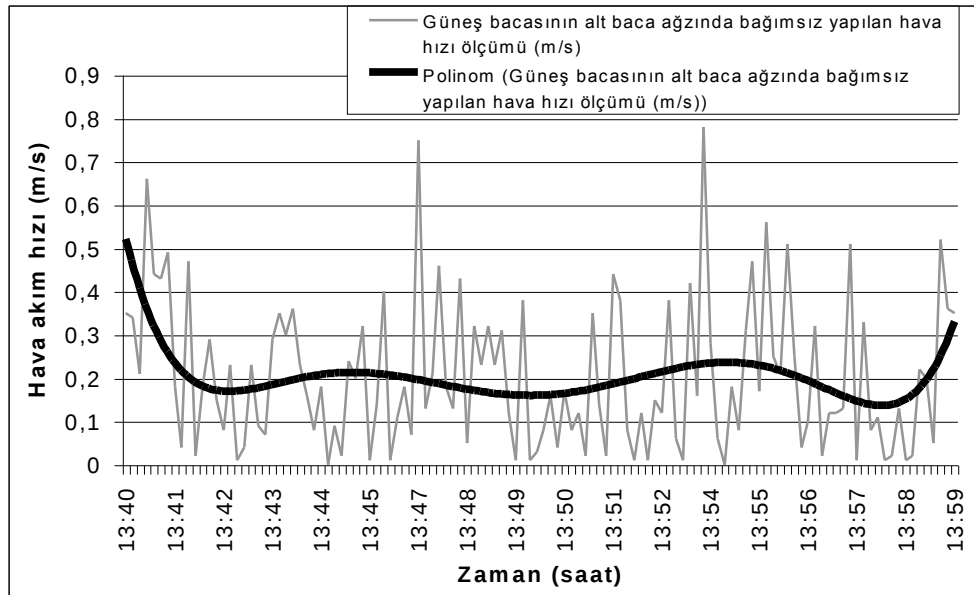
Şekil 4.76 Normal bacadan alt kanal ağzında güneş bacası ile aynı zamanda, 07.08.2004 tarihinde yapılan hava hızı ölçümü (m/s)

Aynı zamanda güneş bacası ve normal baca alt kanal ağzında 07.08.2004 tarihinde yapılan ölçüm değerlerinin ortalamasında güneş bacası için, hava akımı hızı 0,20 m/s (Şekil 4.75) ve sıcaklık 27,99°C; normal baca için hava akım hızı 0,20 m/s (Şekil 4.76) ve sıcaklık 27,75°C dir. Bu ölçümler sırasındaki dış ortam ortalama değerleri ise güneş ışınlamı için 772,53 W/m², rüzgar hızı için 1,10 m/s, sıcaklık için 29,46°C ve nem oranı için 53,40 RH% değerlerindedir.

Güneş bacasının alt baca (B noktası) ağzında 07.08.2004 te 13.40 ve 14.00 saatleri arasında yapılan deneyin ölçüm noktası ve yeri Şekil 4.77 de verilmektedir.



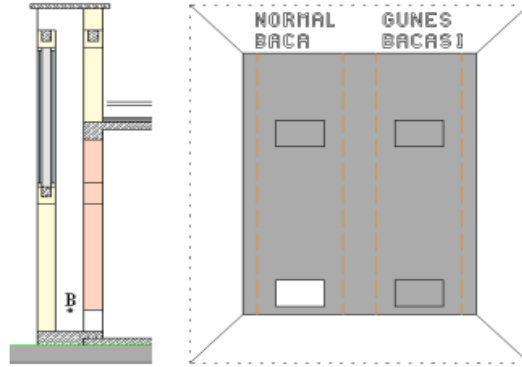
Şekil 4.77 Güneş bacasının alt baca ağzında 07.08.2004 tarihinde yapılan deneyin ölçüm yerlerini gösteren baca kesiti ve mekan içindeki kanal ağzı açıklığı



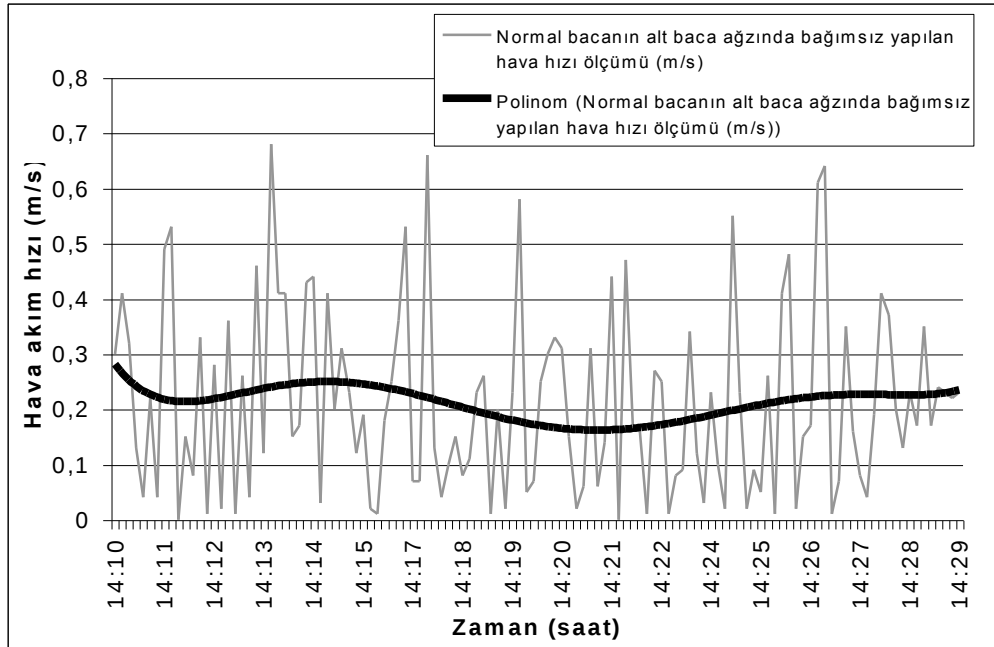
Şekil 4.78 Güneş bacasının alt baca ağzında 07.08.2004 tarihinde yapılan hava hızı ölçümü (m/s)

Güneş bacasının alt baca ağzında belirtilen zaman aralıklarında 07.08.2004 tarihinde yapılan ölçümlerdeki ortalama değerlerden hava akım hızı 0,20 m/s (Şekil 4.78), sıcaklık 28,60°C olmakla birlikte dış ortamdaki ortalama değerler ise güneş ışınımında 777.59 W/m², rüzgar hızında 1,14 m/s, sıcaklıkta 29,54°C, ve nem oranında 52,71 RH% değerlerini almaktadır.

Normal bacanın alt baca (B noktası) ağzında 07.08.2004 te 14.10 ve 14.30 saatleri arasında yapılan deneyin ölçüm noktası ve yeri Şekil 4.79 da verilmektedir.



Şekil 4.79 Normal bacanın alt baca ağzında 07.08.2004 tarihinde yapılan deneyin ölçüm yerlerini gösteren baca kesiti ve mekan içindeki kanal ağzı açıklığı

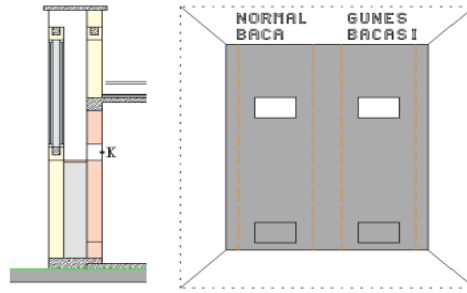


Şekil 4.80 Normal bacanın alt baca ağzında 07.08.2004 tarihinde yapılan hava hızı ölçümü (m/s)

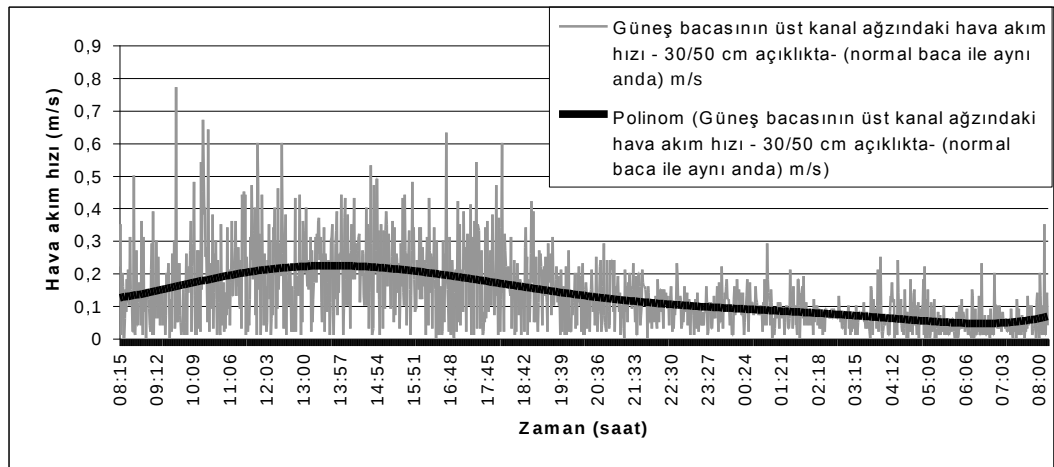
Normal bacanın alt baca ağzında belirtilen zaman aralıklarında 07.08.2004 tarihinde yapılan ölçümlerdeki ortalama değerlerden hava akım hızı 0,21 m/s (Şekil 4.80), sıcaklık 28,23°C olmakla birlikte dış ortamdaki ortalama değerler ise güneş ışınımında 767,19 W/m², rüzgar hızında 1,4 m/s, sıcaklıkta 29,31°C, ve nem oranında 53,65 RH% değerlerini almaktadır.

“ **GAPK** ” işareti ile bahsedilen 04-05.09.2004 te yapılan ölçümde hakim rüzgar yönündeki baca şapkasında açık olan üç kenar kapatıldı, hakim rüzgarın ters tarafında kalan diğer kenar ise açık bırakıldı. Ayrıca iç mekandaki ve kanal ağzı açıklığı kadar alanı olan yan pencere de rüzgar etkisinin çok fazla olmasından dolayı kapatıldı.

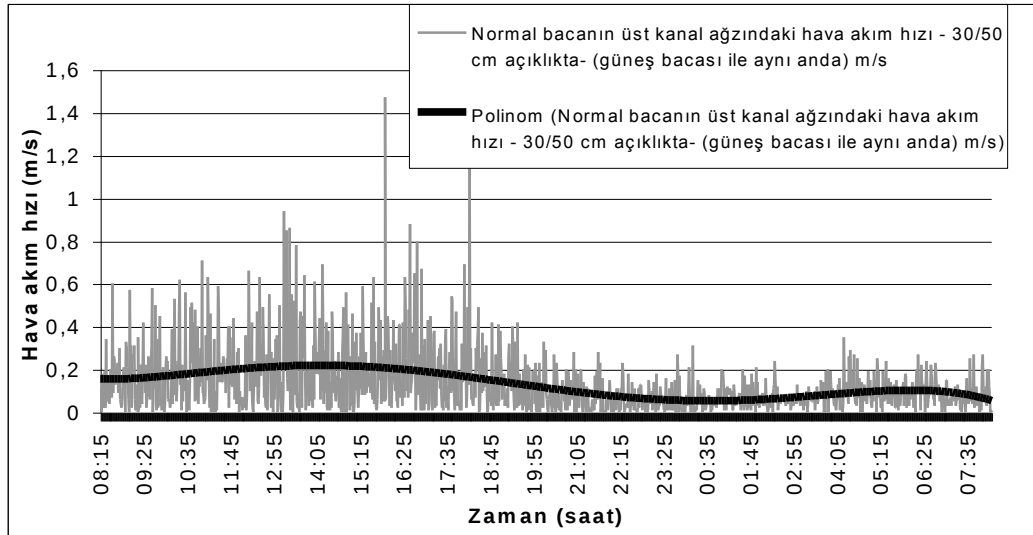
Her iki (güneş ve normal baca) üst kanal (K noktası) ağzında 04-05.09.2004 te 08.15(04) ve 08.15(05) saatleri arasında gündüz ve gece yapılan deneyin ölçüm noktaları ve yerleri Şekil 4.81 de verilmektedir.



Şekil 4.81 Her iki üst kanal ağzında 04-05.09.2004 tarihinde yapılan deneyin ölçüm yerlerini gösteren baca kesiti ve mekan içindeki kanal ağzı açıklıkları



Şekil 4.82 Güneş bacasının üst kanal ağzında normal baca ile aynı zamanda, 04-05.09.2004 tarihinde yapılan hava hızı ölçümü (m/s)



Şekil 4.83 Normal bacanın üst kanal ağzında güneş bacası ile aynı zamanda,
04-05.09.2004 tarihinde yapılan hava hızı ölçümü (m/s)

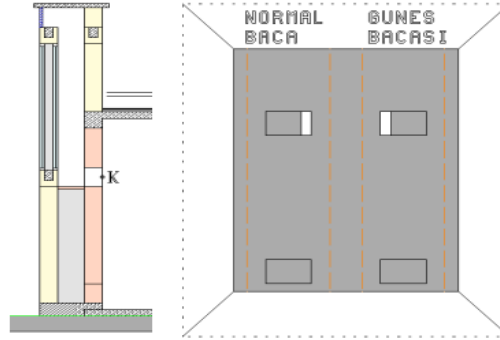
Tablo 4.10 Belirli saatler arasındaki; güneş bacasının ve normal bacanın üst kanal ağzında 04-05.09.2004 tarihlerinde yapılan deneyin ve iç - dış mekan ölçümlerinin ortalama değerleri

SAATLER ARASINDAKİ ORTALAMA	Güneş bacasının üst kanal ağzındaki hava akım hızı - 30/50 cm açıklıkta- (normal baca ile aynı anda) m/s	Güneş bacasının üst kanal ağzındaki sıcaklık - 30/50 cm açıklıkta- (normal baca ile aynı anda) °C	Normal bacanın üst kanal ağzındaki hava akım hızı - 30/50 cm açıklıkta- (güneş bacası ile aynı anda) m/s	Normal bacanın üst kanal ağzındaki sıcaklık - 30/50 cm açıklıkta- (güneş bacası ile aynı anda) °C	Güneş Işınımı (W/m ²)	Dış Mekandaki Rüzgar Hızı (m/s)	Dış Mekandaki Sıcaklık (°C)	Dış Mekandaki Nem Miktarı RH (%)
08.15-08.15	0,13	26,73	0,13	26,31	210,1	1	22,92	63,21
12.00-16.00	0,21	27,45	0,20	26,17	653,32	1,93	26,41	47,53
12.00-13.00	0,20	27,13	0,18	25,91	684,36	1,85	26,43	46,15
13.00-14.00	0,22	27,64	0,21	26,05	705,87	1,73	26,72	45,92
14.00-15.00	0,24	27,72	0,20	26,25	669,35	1,88	26,55	47,36
15.00-16.00	0,22	27,30	0,21	26,48	554,87	2,27	25,96	50,66

Aynı zamanda güneş bacası ve normal bacanın üst kanal ağzında 04-05.09.2004 tarihlerinde yapılan ölçüm değerlerinin ortalamasında güneş bacası için, hava akımı hızı 0,13 m/s (Şekil 4.82) ve sıcaklık 26,73°C; normal baca için hava akım hızı 0,13 m/s (Şekil 4.83) ve sıcaklık 26,31°C dir. Bu ölçümler sırasındaki dış ortam ortalama değerleri ise güneş ışınımı için 210,10 W/m², rüzgar hızı için 1,00 m/s, sıcaklık için 22,92°C ve nem oranı için 63,21 RH% değerlerindedir (Tablo 4.10).

“ **GMPK** ” işareti ile bahsedilen 22.09.2004 ve 27.10.2004 tarihlerinde yapılan ölçümlerde hakim rüzgarın ters tarafında kalan açık olan tek kenar açıklığı rüzgarın etraftaki binalara çarpıp geri dönmesi yüzünden ve yine ölçümleri olumsuz etkilediğinden dolayı, ayarlanabilen menfez kapağı ile kapatıldı. Menfez kapağı ile kapatılan kısımda kapak rüzgarın dışarıdan bacaya girmesini önleyecek şekilde ayarlanarak kapatıldı ama yükselen havanın dışarıya çıkması için $48,5 \times 0,3 \times 7,0 = 101,85 \text{ cm}^2$ lik açıklık bırakıldı. Ölçüm yapılan kanal ağzında ise $339,5 \text{ cm}^2$ lik açıklık bırakıldı. Ayrıca iç mekandaki yan pencerede kapalı tutuldu.

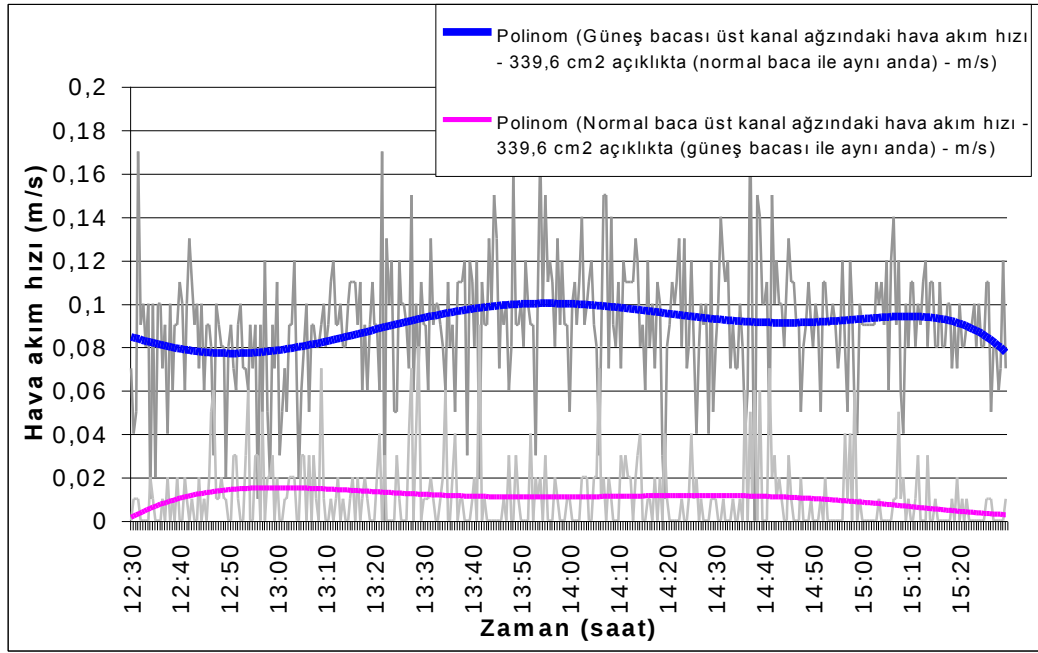
Her iki (güneş ve normal baca) üst kanal (K noktası) ağzında 22.09.2004 te 12.30 ve 15.30 saatleri arasında yapılan deneyin ölçüm noktaları ve yerleri Şekil 4.84 de verilmektedir.



Şekil 4.84 Her iki üst kanal ağzında 22.09.2004 tarihinde yapılan deneyin ölçüm yerlerini gösteren baca kesiti ve mekan içindeki kanal ağzı açıklıkları

Tablo 4.11 Belirli saatler arasındaki; güneş bacasının ve normal bacanın üst kanal ağzında 22.09.2004 tarihlerinde yapılan deneyin ve iç - dış mekan ölçümlerinin ortalama değerleri

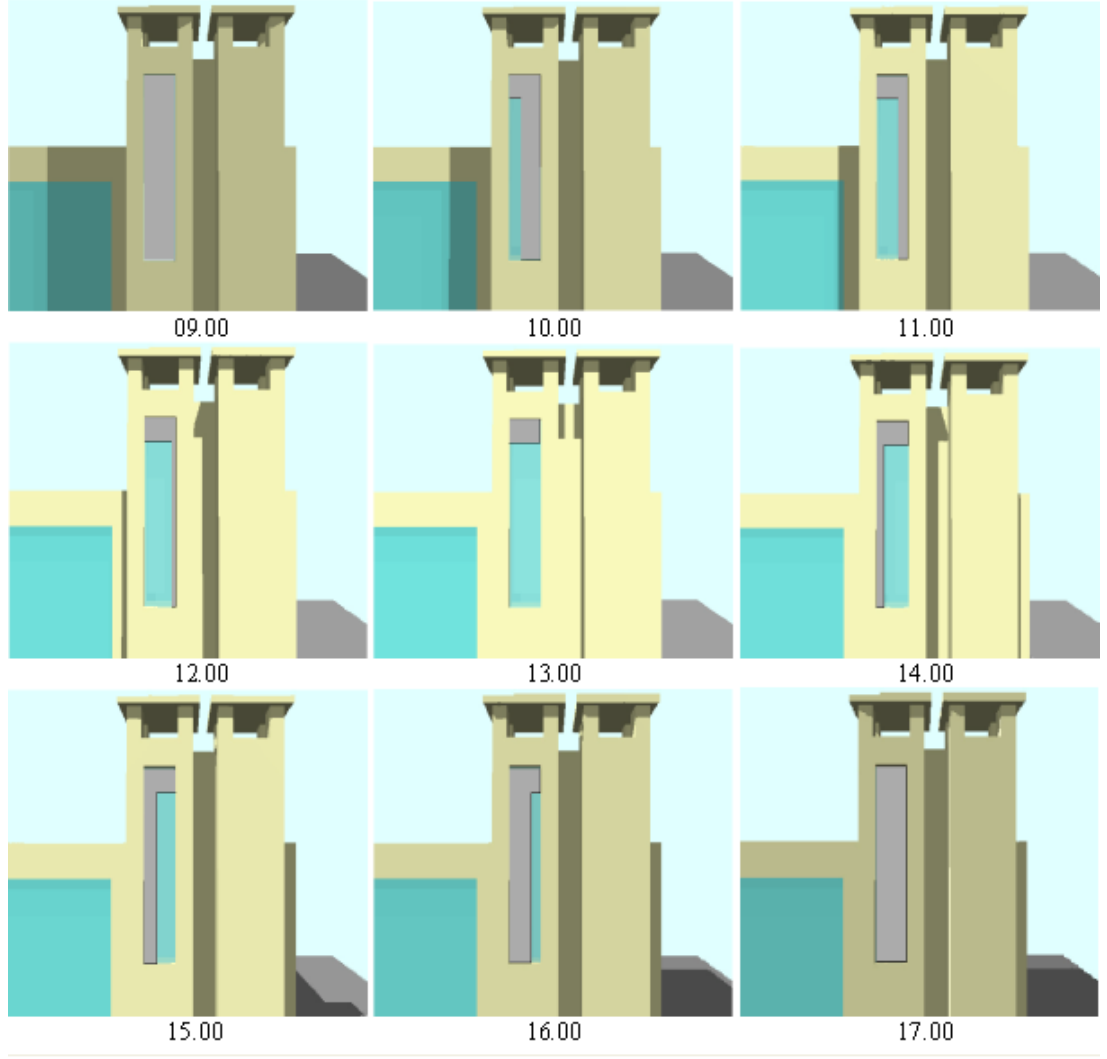
SAATLER ARASINDAKİ ORTALAMALAR	Güneş bacası üst kanal ağzındaki hava akım hızı - $339,6 \text{ cm}^2$ açıklıkta (normal baca ile aynı anda) - m/s	Güneş bacası üst kanal ağzındaki sıcaklık - $339,6 \text{ cm}^2$ açıklıkta (normal baca ile aynı anda) - °C	Normal baca üst kanal ağzındaki hava akım hızı - $339,6 \text{ cm}^2$ açıklıkta (güneş bacası ile aynı anda) - m/s	Normal baca üst kanal ağzındaki sıcaklık - $339,6 \text{ cm}^2$ açıklıkta (güneş bacası ile aynı anda) - °C	Güneş Işınımı (W/m ²)	Dış Mekan Rüzgar Hızı (m/s)	Dış Mekan Sıcaklığı (°C)	Dış Mekan Nem Değeri RH (%)
12.30-15.30	0,09	24,91	0,01	23,88	551,14	0,09	25,38	67,64
12.30-13.30	0,08	24,93	0,01	23,91	592,01	0,06	26,00	64,06
13.30-14.30	0,10	25,12	0,01	23,77	577,31	0,13	25,28	68,32
14.30-15.30	0,09	24,70	0,01	23,96	483,97	0,06	24,85	70,53



Şekil 4.85 Güneş bacasının ve normal bacanın üst kanal ağzında aynı zamanda, 22.09.2004 tarihinde yapılan hava hızı ölçümü (m/s)

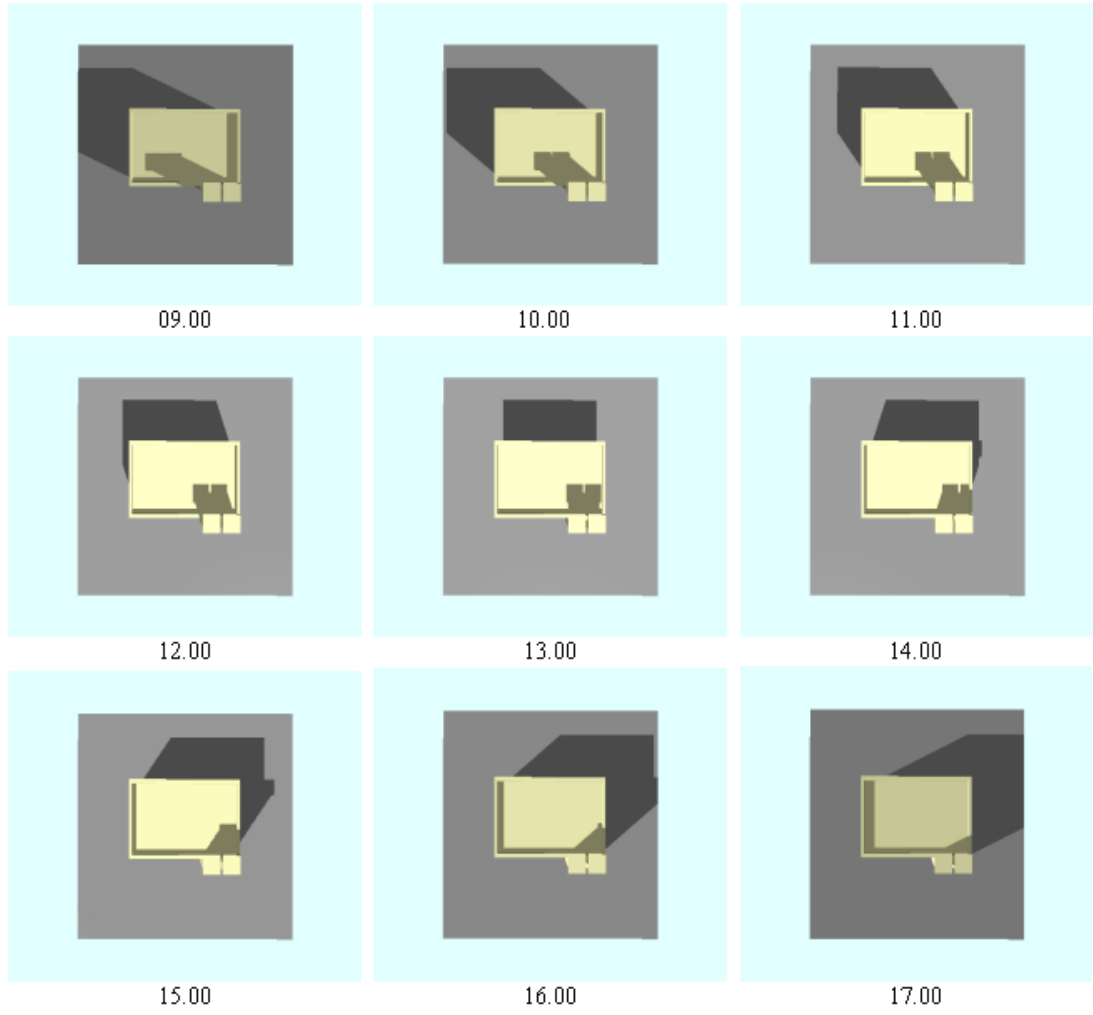
Aynı zamanda güneş bacası ve normal bacanın üst kanal ağzında 22.09.2004 tarihinde yapılan ölçüm değerlerinin ortalamasında güneş bacası için, hava akımı hızı 0,09 m/s (Şekil 4.85) ve sıcaklık 24,91°C; normal baca için hava akım hızı 0,01 m/s (Şekil 4.85) ve sıcaklık 23,88°C dir. Bu ölçümler sırasındaki dış ortam ortalama değerleri ise güneş ışıınımı için 551,14 W/m², rüzgar hızı için 0,09 m/s, sıcaklık için 25,38°C ve nem oranı için 67,64 RH% değerlerindedir (Tablo 4.11).

22.09.2004 tarihli bu deneyde örnek olması açısından güneş bacasının cam yüzeyine düşen güneş ışıınımı alanlarının saatler bazında üç boyutlu Allplan FT mimari çizim programı yardımı ile İstanbul'un enlem ve boylamındaki güneş durumu hesaplanarak, görüşleri (Şekil 4.86) ve binanın yine aynı gün ve saatler için yaptığı gölgelemeler verilecektir (Şekil 4.87).



Şekil 4.86 Güneş bacasındaki cam yüzeyinin 22.09.2004 tarihli ölçümde saatler bazında güneşlenme durumu

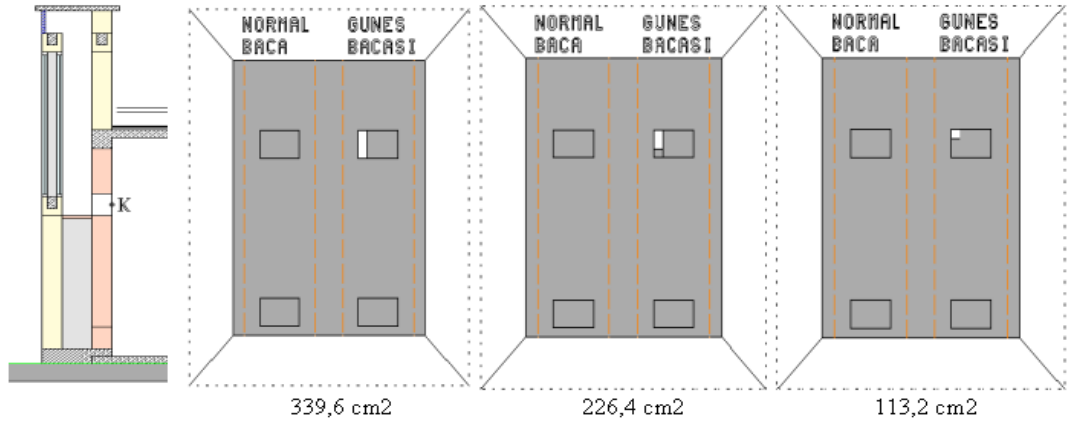
Şekilden de anlaşılacağı üzere özellikle 12.00 ve 14.00 saatleri arasında güneş, baca üzerindeki cam yüzeyde daha etkin rol oynamaktadır.



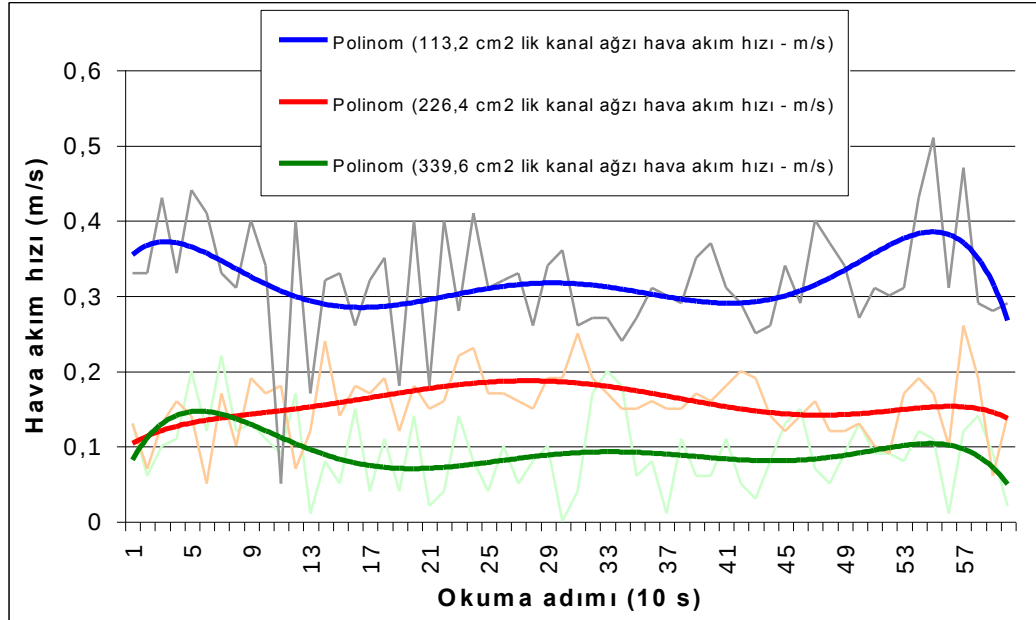
Şekil 4.87 Binaya yukarıdan bakıldığında 22.09.2004 tarihli ölçümde saatler bazında yaptığı gölgeler

“ **GMPKD** ” işareti ile bahsedilen 30.09.2004 tarihinde yapılan ölçümde bacadaki 101,85 cm² açıklıklı menfez kapağı mevcut ve iç mekandaki pencere kapalı iken güneş bacasının üst kanal ağzında 339,6 cm² – 226,4 cm² – 113,2 cm² lik açıklıklar bırakılarak müteakip yakın zamanlarda 10’ar dakikalık iç mekan ölçümleri (kanaldaki hava akım hızları ve sıcaklık) ve o ölçüm sürelerinde dış mekan ölçümleri (güneş ışınımı, sıcaklık, rüzgar hızı, nem oranı) yapıldı.

30.09.2004 tarihinde güneş bacasının 339.6 cm² açıklıklı üst kanal ağzında 14.55-15.05, 226.4 cm² açıklıklı üst kanal ağzında 15.20-15.30, 113.2 cm² açıklıklı üst kanal ağzında 15.40-15.50 saatleri arasında yapılan deneyin ölçüm noktaları ve yerleri Şekil 4.88 de verilmektedir.



Şekil 4.88 Güneş bacasının üst kanal ağzındaki açıklıkların alanları değiştirilerek 30.09.2004 tarihinde yapılan deneyin ölçüm yerlerini gösteren baca kesiti ve mekan içindeki kanal ağzı açıklıkları



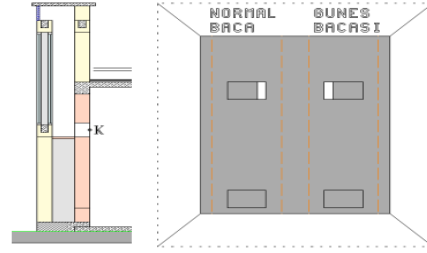
Şekil 4.89 Güneş bacasının üst kanal ağzındaki 339.6, 226.4, 113.2 cm2 lik açıklıklarda 30.09.2004 tarihinde yapılan hava hızları ölçümü (m/s)

Güneş bacasının üst kanal ağzında 339,6 cm² lik 3 birim açıklığındaki kanal boşluğundan geçen hava ölçümlerinin sağladığı ortalama değerler; hava akım hızı 0,09 m/s (Şekil 4.89), kanal ağzındaki sıcaklık 26,41°C, odanın iç mekanındaki sıcaklık 27,38°C dir. Bu ölçümlerin süresi zarfında dış mekan ortalama değerleri ise güneş ışınımında 96,86 W/m², rüzgar hızında 0,41 m/s, dış mekan sıcaklığında 22,48°C, nem oranında 67,56 RH% değerlerindedir.

Güneş bacasının üst kanal ağzında 226,4 cm² lik 2 birim açıklığındaki kanal boşluğundan geçen hava ölçümlerinin sağladığı ortalama değerler; hava akım hızı 0,16 m/s (Şekil 4.89), kanal ağzındaki sıcaklık 26,26°C, odanın iç mekanındaki sıcaklık 26,02°C dir. Bu ölçümlerin süresi zarfında dış mekan ortalama değerleri ise güneş ışınımında 405,22 W/m², rüzgar hızında 0,46 m/s, dış mekan sıcaklığında 23,36°C, nem oranında 63,84 RH% değerlerindedir.

Güneş bacasının üst kanal ağzında 113,2cm² lik 1 birim açıklığındaki kanal boşluğundan geçen hava ölçümlerinin sağladığı ortalama değerler; hava akım hızı 0,32 m/s (Şekil 4.89), kanal ağzındaki sıcaklık 26,76°C, odanın iç mekanındaki sıcaklık 26,18°C dir. Bu ölçümlerin süresi zarfında dış mekan ortalama değerleri ise güneş ışınımında 174,73 W/m², rüzgar hızında 0,81 m/s, dış mekan sıcaklığında 23,95°C, nem oranında 61,49 RH% değerlerindedir.

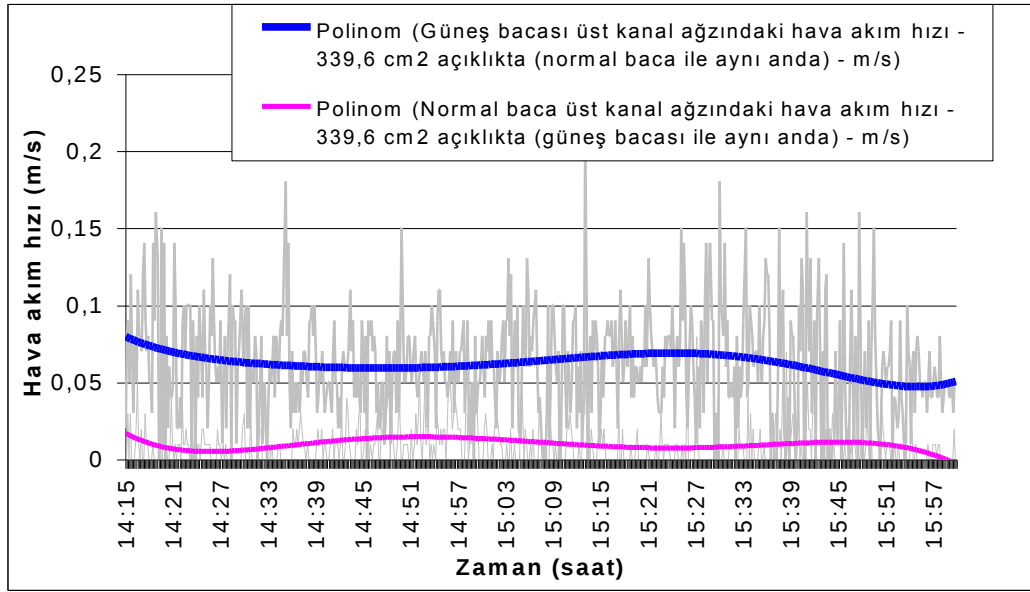
Her iki (güneş ve normal baca) üst kanal (K noktası) ağzında 27.10.2004 te 14.15 ve 16.00 saatleri arasında yapılan deneyin ölçüm noktaları ve yerleri Şekil 4.90 da verilmektedir.



Şekil 4.90 Her iki üst kanal ağzında 27.10.2004 tarihinde yapılan deneyin ölçüm yerlerini gösteren baca kesiti ve mekan içindeki kanal ağzı açıklıkları

Tablo 4.12 Belirli saatler arasındaki; güneş bacasının ve normal bacanın üst kanal ağzında yapılan deneyin ve iç - dış mekan ölçümlerinin ortalama değerleri

SAATLER ARASINDAKİ ORTALAMALAR	Güneş bacası üst kanal ağzındaki hava akım hızı - 339,6 cm ² açıklıkta (normal baca ile aynı anda) - m/s	Güneş bacası üst kanal ağzındaki sıcaklık - 339,6 cm ² açıklıkta (normal baca ile aynı anda) - °C	Normal baca üst kanal ağzındaki hava akım hızı - 339,6 cm ² açıklıkta (güneş bacası ile aynı anda) - m/s	Normal baca üst kanal ağzındaki sıcaklık - 339,6 cm ² açıklıkta (güneş bacası ile aynı anda) - °C	Güneş Işınımı (W/m ²)	Dış Mekan Rüzgar Hızı (m/s)	Dış Mekan Sıcaklığı (°C)	Dış Mekan Nem Değeri RH (%)
14.15-16.00	0,06	18,67	0,01	17,77	240,12	0,09	19,88	76,46
14.15-15.00	0,06	19,11	0,01	18,12	286,19	0,02	20,00	75,30
15.00-16.00	0,06	18,33	0,01	17,51	205,70	0,14	19,79	77,32



Şekil 4.91 Güneş bacasının ve normal bacanın üst kanal ağzında aynı zamanda, 27.10.2004 tarihinde yapılan hava hızı ölçümü (m/s)

Aynı zamanda güneş bacası ve normal bacanın üst kanal ağzında 27.10.2004 tarihinde yapılan ölçüm değerlerinin ortalamasında güneş bacası için, hava akımı hızı 0,06 m/s (Şekil 4.91) ve sıcaklık 18,67°C; normal baca için hava akım hızı 0,01 m/s (Şekil 4.91) ve sıcaklık 17,77°C dir. Bu ölçümler sırasındaki dış ortam ortalama değerleri ise güneş ışıınımı için 240,12 W/m², rüzgar hızı için 0,09 m/s, sıcaklık için 19,88°C ve nem oranı için 76,46 RH% değerlerindedir (Tablo 4.12).

4.5. Bölüm Sonuçları

* 30.09.2004 tarihinde yapılan deneyde; kanal ağız açıklığı azaldıkça hava akım hızının arttığı gözlenmiştir. Burada açıklık oranı arttıkça ters orantılı olarak hava hızı da azalmıştır. Özellikle deney sonuçlarından da anlaşılacağı üzere dış mekandaki güneş ışıınının artması kanal ağzındaki akım hızını tetikleyici rol oynamaktadır.

* Deney mekanındaki dış mekan faktörleri arasında bir genelleme yaparsak; genellikle 12.00 ile 15.00 saatleri arasında güneş ışıınının etkisi arttıkça deniz seviyesinden yamaçla birlikte yükselerek gelen rüzgar hızı da artmaktadır. Güneş ve rüzgar hızı artışları birbiri ile doğru orantılı olarak gelişmektedir. Ayrıca güneş ışıınının etkisi arttıkça nem oranı azalmaktadır. Bunlarda birbiri ile ters orantılı rol oynamaktadır.

* 22.09.2004, 30.09.2004 ve 27.10.2004 tarihlerinde yapılan ölçümlerde rüzgarın bacaya girmesi engellenmiştir. Diğer tüm ölçümlerde (daha eski tarihli ölçümlerde daha fazla olmakla birlikte) dış mekan rüzgarının ölçümlere etkisi olmuştur. Örnek göstermek gerekirse 29.07.2004 tarihli deneyde Şekil 4.32 ve Şekil 4.34 nolu grafiklerde dış mekan rüzgar hızı arttıkça onunla beraber kanal açıklığındaki hava akım hızının da arttığı görülmektedir. Bu sebepten dolayı bahsedilen bu ölçümlerin rüzgarın etki etmediği arazi koşulunda tekrarlanması daha uygun olur. Ya da buradan çıkarılacak sonuç olarak güneş bacasının, sıcak iklimlerde rüzgarın etkilemediği ve hava hareketlerinin az olduğu kısımlarda kurulması ve uygulanması daha doğru olur.

* 22.09.2004 ve 27.10.2004 tarihlerinde yapılan ölçümleri karşılaştıracak ve yorumlayacak olursak güneş bacasının burada ne kadar önemli bir faktör oynadığını ve de havalandırmaya etkisinin rüzgarsız ve sıcak bölgeler için ne kadar büyük olduğunu anlamaktayız. 22.09.2004 teki ölçümlerde güneş ışıının ortalaması 551.14 W/m², rüzgar hızı 0.09 m/s dir. Bu koşullarda güneş bacasında 0.09 m/s lik, normal bacada 0.01 m/s lik bir hava akım hızı gerçekleşmektedir. 27.10.2004 teki ölçümlerde ise güneş ışıının ortalaması 240.12 W/m², rüzgar hızı 0.09 m/s dir. Bu koşullarda ise güneş bacasında 0.06 m/s lik, normal bacada 0.01 m/s lik bir hava akım hızı gerçekleşmektedir. İlkinde güneş bacasının normal bacaya göre üstünlüğü 9 kat iken güneş ışıının daha az olmasından dolayı bu oran 6 kata inmiştir.

* Çift camlı ölçümlerde tek camlı ölçümlere oranla rüzgar etkilerinden korunmaya yönelik çabalara girildiğinden; bunlardan ilk önce yapılanı dört yönde çıkışı olan baca şapkasında çıkışın hakim rüzgar tersinde bir tek yöne indirgenmesidir ve çift cam ölçümleri ilk bu müdahale ile başlamıştır. Dolayısıyla 12.00 ile 16.00 saatleri arasındaki ortalamları baz alırsak çift cam ölçümlerinde kanal ağzındaki hava akım hızlarının değerleri tek cama göre güneş bacasında % 46, normal bacada % 30 daha azalmaktadır.

* Yapılan ölçümlerde güneş bacasının 12.00-16.00 arası saatlerindeki ortalamlarında tek camlı ölçüm periyotlarında alt kanal ağzında 0.32 m/s, üst kanal ağzında 0.40 m/s; çift camlı ölçüm periyotlarında alt kanal ağzında 0.19 m/s, üst kanal ağzında 0.20 m/s hava akım hızları görülmektedir. Normal bacanın 12.00-16.00 arası saatlerindeki ortalamlarında ise tek camlı ölçüm

periyotlarında alt kanal ağzında 0.30 m/s, üst kanal ağzında 0.40 m/s; çift camlı ölçüm periyotlarında alt kanal ağzında 0.19 m/s, üst kanal ağzında 0.30 m/s hava akım hızları görülmektedir. Görüldüğü gibi zemine 10 cm lik yakınlıkta olan alt kanal ağızlarında üst kanal ağızlarına oranla daha az hava akım hızı ortaya çıkmaktadır.

* Normal baca ve güneş bacası ile aynı anda yapılan ölçümlerde alt kanal ve alt baca ağızlarında birbirlerine çok yakın değerler çıkmıştır. Yalnız üst kanal ve üst baca arasında fark görülmüş ve üst baca ağızı değerleri üst kanal ağızı değerlerinden biraz daha düşüktür. Tek camlı ölçüm periyodunda üst baca verilerinin üst kanaldan % 23 daha az olduğu, çift camlıda ise %25 daha az olduğu görülmektedir.

5. SONUÇLAR

1. Hava girişinin olduğu kanal ağız açıklığı azaldıkça hava akım hızının arttığı gözlenmiştir. Burada açıklık oranı arttıkça ters orantılı olarak hava hızı da azalmıştır.
2. Özellikle deney sonuçlarından da anlaşılacağı üzere dış mekandaki güneş ışınımının artması kanal ağızındaki akım hızını tetikleyici rol oynamaktadır.
3. Dış mekan faktörleri arasında bir genelleme yaparsak; genellikle 12.00 ile 15.00 saatleri arasında güneş ışınımının etkisi arttıkça denize yakın ve yamaçta bulunan bölgesel konumda rüzgar hızı da artmaktadır. Güneş ışınımı ve rüzgar hızı artışları birbiri ile doğru orantılı olarak gelişmektedir. Ayrıca güneş ışınımının etkisi arttıkça nem oranı azalmaktadır. Bunlar da birbiri ile ters orantılı faktörlerdir.
4. Eğer baca dış mekanda esen rüzgarın etkisi altındaysa dış mekan rüzgar hızı arttıkça onunla beraber kanal açıklığındaki hava akım hızının da arttığı görülmektedir.
5. Güneş bacasının, sıcak iklimlerde rüzgarın etkilemediği ve hava hareketlerinin az olduğu kısımlarda uygulanması daha verimli olur.
6. Yapılan ölçümlerde güneş ışınımının ortalaması 551.14 W/m², rüzgar hızı 0.09 m/s iken güneş bacasında 0.09 m/s lik, normal bacada 0.01 m/s lik bir hava akım hızı gerçekleşmektedir ve güneş ışınımının ortalaması 240.12 W/m², rüzgar hızı 0.09 m/s olduğu zaman ise güneş bacasında 0.06 m/s lik, normal bacada 0.01 m/s lik bir hava akım hızı gerçekleşmektedir. İlkinde güneş bacasının normal bacaya göre üstünlüğü 9 kat iken güneş ışınımının daha az olmasından dolayı bu oran 6 kata inmiştir.
7. Zemine en yakın olan alt kanal ağızlarında güneş bacasında ve normal bacada üst kanal ağızlarına oranla daha az hava akım hızı ortaya çıkmaktadır.
8. Literatürde incelenmiş eğimli güneş bacalarında 45 derecede maksimum akış oranı gözlenmiştir.

9. Literatürde her durumda duvar sıcaklığı, sırayla cam sıcaklığından ve baca içi hava sıcaklığından daha yüksektir. Beklendiği gibi daha dar kesitli bacalardaki ısı absorbe eden duvarlar hava sıcaklığı dağılımından daha fazla etkilenmektedirler. Daha geniş kesitli bacalarda hava sıcaklığı dağılımı oldukça düzdür.
10. Literatürde baca içindeki ortalama hava sıcaklıkları ve sıcaklık artışı güneş ışınlamıyla birlikte artmaktadır. Aynı zamanda ortalama sıcaklıklar ve sıcaklık artışları da baca kesiti derinliğinin artması ile birlikte azalmaktadır.
11. Literatürün duvar tipi güneş bacasında, 30 cm baca kesiti derinliğine kadar yapılan ölçümlerde baca içinde hiçbir tersine akış (aşağıya doğru) gözlenmemiştir.
12. Literatürde ısı depolayan duvarda daha fazla kalınlık, daha fazla enerji stoklanmasını sağlamaktadır ve bu güneşin etkin olduğu saatlerde az kalınlıkta olan duvara göre akış oranında azalmalar meydana getirmekle birlikte, gece periyodu esnasında bu akış oranında diğerine göre ters bir durum görülmektedir. Sonuçta, duvar kalınlıkları binadaki iç mekanın kullanım tipine göre uyum sağlayacak şekilde seçilmelidir diyebiliriz. Daha az kalınlıklar gündüz havalandırmasında tercih edilirken, daha fazla kalınlıklı olanlar ise gece havalandırmasında tercih edilebilir. Mamafih, 10 cm den daha fazla kalınlıklarda, zamana yayılmış olan akış oranında önemli bir fark görülmez.
13. İzolasyonsuz bir güneş bacasında literatüre göre, ideal sonuçla karşılaştırıldığında %60 tan daha fazla kayıp olduğu için bacayı yalıtımlı hale getirmek gereklidir.
14. Baca yüksekliği ve bacanın cam yüzey alanı, hava akış oranını arttırıcı faktörler olmasına rağmen; ufak çaplı güneş bacası dizaynında yüksekliğe oranla bacanın genişliğinin de sağlanabilmesi literatürde daha iyi sonuçlar vermiştir.
15. Literatürde tek camlı güneş bacası kış koşulları için yetersiz görülmektedir. Çift camda dahi yoğuşma sorunları gözükse bile, üç camlı güneş bacasında bu sorunlar en aza inmektedir.
16. Literatürde trombe duvar kışın ısıtma amaçlı olmasına rağmen, yazın soğutma amacı ile güneş bacası gibi de kullanılabilir. Yaz soğutması için vantilasyon oranını arttırmak için trombe duvarın iç mekan yüzeyi yalıtılmalıdır. Bu aynı zamanda duvardan radyasyon ısı transferi ve de konveksiyondan dolayı oluşabilecek oda sıcaklığındaki istenmeyen aşırı ısınmayı önleyecektir.

17. Eğer amaç maksimum ventilasyon yada oda-dış mekan arasındaki ısı farkını minimuma indirmek ise literatüre göre dış mekana bakan yüzeylerde sadece pencere ve kapıları açmak güneş bacasının sağladığı etkiden daha azdır.
18. Literatüre göre güneş bacasının bina çatısında kullanılması durumlarında eğer çatı şeffaf malzemeden oluşturuluyorsa hava değişiminin artırılması ile birlikte mekan içi aydınlatma seviyesi de arttırılabilmektedir. Bu sıcak-nemli iklim bölgelerinde daha fazla yarar sağlar. İki ünitenin 25 m^3 hacimli tek odalı güneş evinin çatısına güneşe bakacak şekilde $1 \times 1,5 \text{ m}^2$ yüzeyler olarak yerleştirilmesi sonucunda iç mekan aydınlığı yaz döneminde 300; kış döneminde 140 lx olmuştur. ACH (hava değişim sayısı) ise yazın 13-14, kışın 5-7; yani kışa göre yazın iki kat fazla olmuştur.
19. Güneş bacasının tekil kullanımında rüzgar etkisi bacayı olumsuz etkilemekle birlikte, literatürde rüzgar kulesi yardımcı güneş bacası örneğinde; bacanın çıkış yönü negatif basınç bölgesinde, rüzgar kulesinin giriş tarafı da rüzgarın pozitif basınç bölgesi tarafında olduğu durumlarda güneş bacasının tekil kullanıldığı durumlardan daha yararlı sonuçlar elde edilmiştir. Rüzgar kulesi yardımcı güneş bacası hesabında rüzgar hızlarından çok daha yüksek hızlara ulaşılmıştır. Örnek olarak; çevre rüzgar hızı 1,0 m/s iken rüzgar kulesi kendi başına 0,75 kg/s lik kütleli akış oranı yaratmıştır. Fakat güneş bacasının da içinde bulunduğu bir sistemde ise 700 W/m^2 lik güneş ışınlamada 1,4 kg/s lik hava akışı meydana gelmiştir.
20. Literatürde hem duvar hem de çatıda kullanılan güneş bacası örneğinde; duvar ve çatı konumlarının ikisinin beraber kullanılması daha iyi sonuçlar doğurmaktadır. Sonuçlar göstermiştir ki, hava akış oranı sadece çatı güneş bacasının verdiği sonuçlara göre (0,81 den $2,3 \text{ m}^3/\text{s}$ ye) 3 kat artmıştır.
21. Güneş bacası bilindiği üzere tarım ürünlerinin kurutulması ve elektrik enerjisi elde etme gibi farklı alanlarda da kullanılabilmektedir. Güneş bacaları için optimum bir fiziksel boyut yoktur. Örnek olarak; elektrik üreten güneş bacasında baca çok yüksek olsa bile az kollektör alanı ile yine aynı sonuç ortaya çıkabilir. Elektrik üretimi düzeneğinde hava hızı 15 m/s ye kadar ulaşabilmektedir. Açıkça; literatüre göre 1000 W/m^2 lik ışınlamada 30-200 MW lık bir başarı elde etmek için 2200-4000 m çaplı çatı kollektör alanına ve 750-1500 m yüksekliğinde bacaya ihtiyaç vardır diyebiliriz.

KAYNAKLAR

A) Kitap ve Kitap Bölümleri için gösterim

Ashare., 1993. Airflow Around Buildings, Chapter 14

Bowen, A. and Yannas, S., 1985. Passive and Low Energy Ecotechniques, pp. 178-210.

Deriş, N., 1984. Güneş evleri. Özyılmaz Matbaası, İstanbul

Holman, J.P., 1997. Heat transfer, New York: McGraw-Hill

Katsuto, Y., 1964. Heat transfer (in Japanese). Tokyo: Yokendo

Lechner N., 1991. Heating, Cooling, Lighting. Design methods for architects.

Santamouris, M., 1998. Natural ventilation in buildings, A design handbook, London, UK

Sayigh, A.A.M., 1979. Solar Energy Application in Buildings, Academic Press Inc, London.

Uyarel, Y. ve Öz, E.S., 1987. Güneş enerjisi ve uygulamaları. Birsen yayınevi, Ankara

Wachberger, M. ve Wachberger, H., 1988. Etüd+proje, Güneş ve Konut. Maya Matbaası, Ankara

B) Tezler için gösterim

Baytin, T., 1951. Bacalar, tekniği-yapısı-mimarisi ve Türk yapıcılığında baca, Doktora tezi, İ.T.Ü. Yapı Bilgisi Kürsüsü, İstanbul.

C) Süreli Dergilerdeki Makaleler için gösterim

AboulNaga, M.M. and Abdrabboh, S.N., 2000. Improving night ventilation into low-rise buildings in hot-arid climates exploring a combined wall-roof solar chimney, Reneable energy 19, 47-54

Adam ve diğ., 2001. Mathematical model and experimental study of airflow in solar chimneys, Osaka University. Japan, Natural ventilation 5, www.arch.eng.osaka-u.ac.jp

- Alfonso, C. and Olivera, A.,** 2000. Solar chimneys: simulation and experiment, *Energy and buildings* 32, 71-79
- Bansal ve diğ.,** 1993. Solar chimney for enhanced stack ventilation, *Building and environment* 28, 373-377
- Bansal ve diğ.,** 1994. A study of solar chimney assisted wind tower system for natural ventilation in buildings, *Building and environment* 29, 495-500
- Çakmanus, İ.,** 2002. Pasif ve düşük enerjili soğutma sistemlerinin uygulanabilirlik ölçütleri, *Yapı* 251, 89-93
- Çakmanus, İ. ve Böke, A.,** 2001. Binaların güneş enerjisi ile pasif ısıtılması ve soğutulması, *Yapı* 235, 83-88
- Dai ve diğ.,** 2003. Case study of solar chimney power plants in Northwestern regions of China, *Renewable energy* 28, 1295-1304
- Ekechukwu, O.V. and Norton, B.,** 1997. Design and measured performance of a solar chimney for natural-circulation solar-energy dryers, *Renewable energy* 10, 81-90
- Ekechukwu, O.V. and Norton, B.,** 1999. Review of solar-energy drying systems II: an overview of solar drying technology, *Energy Conversion & Management* 40, 615-655
- Gan, G.,** 1998. Aparametric study of Trombe walls for passive cooling of buildings, *Energy and buildings* 27, 37-43
- Gan, G. and Riffat, S.B.,** 1998. A numerical study of solar chimney for natural ventilation of buildings with heat recovery, *Applied thermal engineering* 18, 1171-1187
- Khedari ve diğ.,** 2000a. Ventilation impact of a solar chimney on indoor temperature fluctuation and air change in a school building, *Energy and buildings* 32, 89-93
- Khedari ve diğ.,** 2000b. Field measurements of performance of roof solar collector, *Energy and buildings* 31, 171-178
- Konati ve diğ.,** 2003. Natural ventilation of light well in high-rise apartment building, *Energy and buildings* 35, 427-434

Kumar ve diğ., 1998. Experimental investigation of solar chimney assisted bioclimatic architecture, Energy Convers. Mgmt. 39, 441-444

Lucas ve diğ., 2003. Improved Hydrosolar roof for buildings' air conditioning, Energy and buildings 35, 963-970

Ong, K.S. and Chow, C.C., 2003. Performance of solar chimney, Solar energy 74, 1-17

Schlaich, J., 1994. Solar thermal electricity generation, Structural engng int. 4(2), 76-81

Schlaich, J., 1999. Tension structures for solar electricity generation, Engineering structures 21, 658-668

Trieb ve diğ., 1997. Solar electricity generation- A comparative view of technologies, costs and environmental impact, Solar energy 59, 1-3

Waewsak ve diğ., 2003. Performance evaluation of the BSRC multi-purpose bioclimatic roof, Building and environment 38, 1297-1302

Ziskind ve diğ., 2002. Ventilation by natural convection of a one-story building, Energy and building 34, 91-102

D) Özel Sayılardaki Yayınlar için gösterim

Hobo., 2003. Hobı Micro Station User's Guide. USA.

Testo., 2000. Testo 350-454 Türkçe kullanım klavuzu. İstanbul

E) Akademik Konferanslarda Yayınlanmış Bildiriler için gösterim

Demirbilek, F.N., 1999. Mimarlıkta güneşten pasif yöntemlerle yararlanma ve korunma: Dünyadan ve Türkiye'den örnekler, Güneş günü sempozyumu, Kayseri, Haziran 25-27

Sandberg, M. and Mosfegh, B., 1996. Investigation of fluid flow and heat transfer in a vertical channel heated from one side by PV elements, Proceedings of the fourth renewable energy congress, Denver, USA

Sözen, M.Ş. ve Geçioğlu, E., 1999. Mimaride güneş enerjisinde etken ve edilgen yararlanmada güneşlenme durumları, Güneş günü sempozyumu, Kayseri, Haziran 25-27

EK A. BELİRSİZLİK ANALİZİ

30.09.2004 tarihinde yapılan deneyden alınan verilerin kullanılması durumunda;

güneş bacasının üst kanal ağzı açıklığı $A=226,4 \text{ cm}^2$ 'dir. Yine o kanal ağzında ölçülen hava hızı $V=0,16 \text{ m/s}$ ve sıcaklık $T_{\text{giriş}}=26,26^\circ\text{C}$ 'dir. Bu ölçümler sırasındaki güneş radyasyonu ise 405 W/m^2 olarak ölçülmüştür. Güneş bacasındaki cam yüzeyi ise $2\text{m} \times 0,5\text{m}=1\text{m}^2$ dir.

Kütleli Debi $m' = \rho \cdot V \cdot A \text{ (kg/s)}$

$$\Delta m' = \left[(\delta m' / \delta \rho)^2 (\Delta \rho)^2 + (\delta m' / \delta V)^2 (\Delta V)^2 + (\delta m' / \delta A)^2 (\Delta A)^2 \right]^{1/2}$$

$$\rho_{\text{giriş}} = P_{\text{atm}} / R \cdot T_{\text{giriş}} = 101325 / [287 \cdot (26,26 + 273)] = 1,17 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_{\text{çıkış}} = 320 \text{ K'den } 1,08 \text{ kg/m}^3 \text{ (tablodan)}$$

$$\rho_{\text{ort}} = 1,128 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho = 1,128 \pm 0,048 \text{ kg/m}^3$$

$$V = V_{\text{giriş}} \pm \Delta V$$

$$V = 0,16 \pm 0,01 \text{ m/s}$$

$$A = A_{\text{giriş}} \pm \Delta A$$

$$A = 226,4 \text{ cm}^2 \pm 1 \text{ cm}^2 \rightarrow 0,0226 \text{ m}^2 \pm 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\Delta m' = \left[(V \cdot A)^2 (\Delta \rho)^2 + (\rho \cdot A)^2 (\Delta V)^2 + (\rho \cdot V)^2 (\Delta A)^2 \right]^{1/2}$$

$$\Delta m' = \left[(0,16 \cdot 0,0226)^2 (0,048)^2 + (1,128 \cdot 0,0226)^2 (0,01)^2 + (1,128 \cdot 0,16)^2 (10^{-4})^2 \right]^{1/2}$$

$$\Delta m' = \left[(1,31 \cdot 10^{-5} \cdot 2,3 \cdot 10^{-3}) + (6,5 \cdot 10^{-5} \cdot 10^{-4}) + (0,033 \cdot 10^{-8}) \right]^{1/2}$$

$$\Delta m' = \left[(3 \cdot 10^{-8}) + (0,65 \cdot 10^{-8}) + (0,033 \cdot 10^{-8}) \right]^{1/2} = \left[3,68 \cdot 10^{-8} \right]^{1/2} = 1,92 \cdot 10^{-4}$$

$$m' = \rho \cdot V \cdot A$$

$$m' = 1,128 \cdot 0,16 \cdot 0,0226 = 4,08 \cdot 10^{-3} = 40,8 \cdot 10^{-4}$$

$$\Delta m' / m' = 1,92 \cdot 10^{-4} / 40,8 \cdot 10^{-4}$$

$$\Delta m' / m' = 0,047 = \% 4,7$$

$$= \% 95,3 \text{ güvenirlilik}$$

ÖZGEÇMİŞ

10.06.1977 yılında Ankara’da doğdu. İlk ve orta öğrenimini babasının memuriyeti dolayısı ile Erzurum, Muğla ve Tekirdağ şehirlerinde tamamladı. 1999 senesinde Mimar Sinan Üniversitesi, Mimarlık Bölümünden dört senede *birincilikle* mezun oldu. Tercüman Gazetesi binasıyla mimarlık literatüründe yer alan Günay Çilingiroğlu’ nun yanında 1999 senesinde çalıştı. 2000 senesinde 273. kısa dönem olarak İzmir’de vatani görevini tamamladı. Bu esnada subay gazinosu inşaatında bulundu ve çeşitli rekreasyon projeleri hazırladı. 2003 senesine kadar iki sene boyunca Acarkent (Beykoz) İnşaat şirketinde mimar olarak hizmette bulundu. 2003 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık A.B.D - Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi programında yüksek lisans eğitimine başladı.