

# BİR KLİMA TASARIMINDA ŞARTLANDIRILMIŞ HAVANIN DAĞITIMINDA HAVA HIZLARININ MENFEZ SEÇİMİNE ve BOYUTLANDIRILMASINA ETKİSİ

Yusuf SEZEN

## ÖZET

İnsan yaşamında özellikle toplu çalışma alanlarında, sinema ve tiyatro gibi yerlerde uygun bir hava ortamının sağlanması insan sağlığı açısından bir gerekliliktir. Çünkü ortamdaki bulunan havanın kalitesinin düşük olması başta solunum gücünü olmak üzere, eğer hava iyi filtre edilmiyorsa kanallarda biriken diğer zararlı maddeler ve tozu da içerdiğinden insan sağlığı açısından bir tehdit oluşturmaktadır.

Bu çalışmada, toplu yerlerde bir klima tasarımı göz önüne alınması gereken ilkeler ve kavramlar verilmiş daha sonra örnek bir proje üzerinde uygulamaya geçilmiştir. İklimlendirme çalışması yapılan bir yerde havanın ısıtılması ya da soğutulmasının yanısıra havanın filtre edilmesi ve neminin ayarlanması gerekir. Özellikle bu tip tasarımlarda klima santralında kullanılacak olan ısıtıcı, soğutucu

ve hava yıkayıcı gibi cihazların seçimi önemli olup bu cihazların seçiminde gözetilecek kriterler verilmiştir.

Klima santrallarıyla irtibatlandırılan kanalların ve menfezlerin seçimi ise daha büyük bir önem taşımaktadır. İklimlendirilmesi planlanan mahal ortamına şartlandırılmış havanın verilmesinde kullanılan menfezlerde havanın çıkış hızı ve mahal içerisindeki yerleştirilmesi düşünülen konumları incelenerek uygun çözümler üretilmiştir.

## GİRİŞ

İnsan yaşamında, konforun önemini gün geçtikçe arttıran bir gerçektir. Çalışma alanlarında insanların rahat olabilmeleri için gerekli koşullar sağlanmalıdır. İklimlendirme çalışmaları bu aşamada önemli bir görev üstlenmektedir. Çünkü ortamda bulunan havanın kalitesinin düşük olması, aktivitesi az bir solunuma, baş ağrısı, yorgunluk ve

### Yusuf SEZEN

1955 yılında İskenderun'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini İzmir'de tamamladı. İzmir Atatürk Lisesi'nde 1972 yılında mezun oldu. Aynı yıl TÜBİTAK tarafından düzenlenen Liselerarası Matematik yarışmasında İzmir Atatürk Lisesini temsil etti ve dereceye girerek teşvik ödülü aldı. Daha sonra İstanbul Teknik Üniversitesi Makina Fakültesini 1977 yılında bitirdi. Söğüt Seramik, Edremit Sunta Sanayi ve Kordsa gibi çeşitli firmalarda Makina Mühendisi olarak çalıştı. 1979 yılında Milli Eğitim Bakanlığı burslusu olarak Makina Mühendisliği alanında doktora yapmak üzere Amerika Birleşik Devletleri'ne gitti.

Case Western Reserve Üniversitesinde "Akışkanlar Mekaniği ve Isı Bilimleri" alanında Yüksek Lisans yaptıktan sonra 1985 yılında "Termodinamik" alanında Brown Üniversitesinden doktora derecesini aldı.

1986 yılı başlarında yurda dönen Yusuf Sezen Eskişehir Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümünde Yard. Doçent olarak göreve başladı. Bölümde Termodinamik ve Akışkanlar Mekaniği başta olmak üzere birçok ders verdi. 1992 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi'ne tayin olarak İzmir Meslek Yüksekokulu Teknik Programlarda Y. Doçent ünvanıyla göreve başladı. Termodinamik Anabilim dalında 1994 yılında Doçent oldu. 1996 yılında Yüksekokul Müdür yardımcısı oldu. Halen İzmir Meslek Yüksekokulunda bu görevi sürdürmekte olup Makina Resim Konstrüksiyon, Makina ve İklimlendirme Soğutma Programlarında dersler vermektedir.

\* TESKON '99 Bildiriler Kitabından alınmıştır.

rın çalışma veriminin düşmesine nedeni olarak işgücü kaybına yol açar. Ortam havasını değiştirmek ve sıcaklığı dengelemek için açılan pencere ve buna benzer havalandırma açıklıklarından ısı kaybı ya da kazanç söz konusu olduğundan klima tesisatı ile ekonomik olmayan bu durumun önüne geçilmesi gerekmektedir.

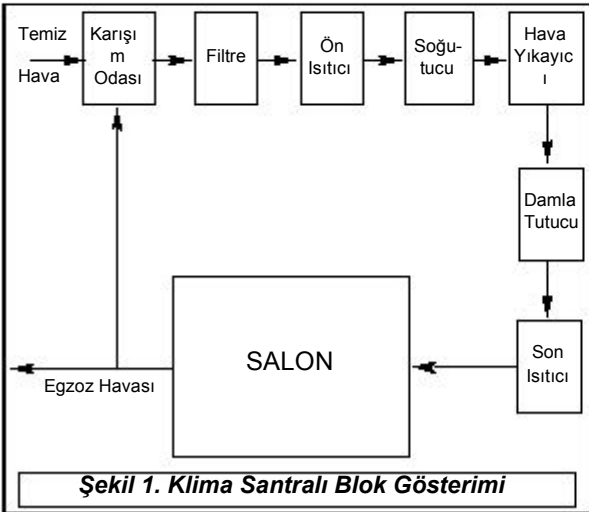
İklimlendirme çalışması yapılan ortamda, havanın ısıtılması veya soğutulması, havanın filtre edilmesi ve neminin ayarlanması başlıca temel hedeflerdir. Şekil 1'de bir klima santralının blok olarak gösterimi verilmiştir. Burada salondan gelen dönüş havasının bir kısmı dış hava ile karıştırılarak filtre edilir. Ön ısıtıcı kış aylarında havanın ilk ısıtılmasında kullanılır. Soğutucu ise yaz mevsiminde havayı soğutur. Hava yıkayıcı ile havanın nemi azaltılır ya da artırılır. Yazın havanın neminin azaltılması, kışın ise nemin artırılması söz konusudur. Damlatıcı yıkayıcıdan gelen su damlalarını engeller. Son ısıtıcı ise salona verilecek havanın ısıtılmasında ve bağıl neminin ayarlanmasında kullanılır.

Bu noktada klima sistemiyle iç ortam arasındaki irtibatı kanallar ve menfezler sağlarlar. Özellikle menfezlerin konulduğu nok-

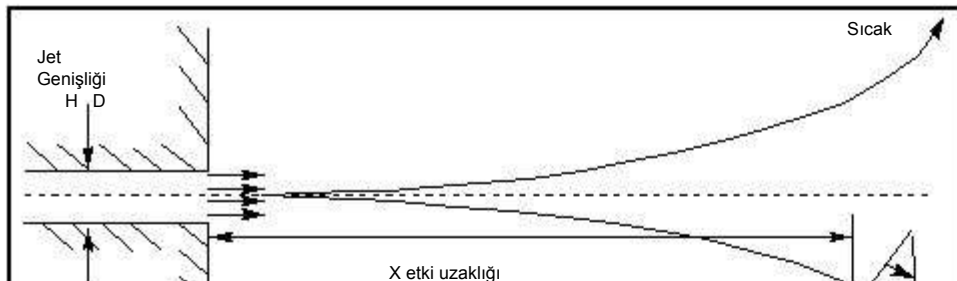
ta ölçüde değiştirir. Hava hızının insanların bulunduğu bölgede 0.25-0.30m/s yi geçmemesi konfor şartlarının oluşması için gereklidir. Ayrıca klima tasarımında ses ve gürültü seviyeleri de ele alınmalıdır. Ses değerleri örneğin bir konferans salonu ve dersane için 35-40dB, bir radyo stüdyosunda 15-25dB arasında olmalıdır[3].

Havanın menfezlerden dağıtımı esnasında ortama verilen hava, ortam sıcaklığından daha soğuksa aşağıya doğru, daha sıcaksa yukarıya doğru bir akış gösterir. Kısaca soğuk havanın aşağıya düşmesi etkisi vardır.

Dikey üflemede soğuk havanın aşağıya doğru düşme eğilimi var iken sıcak havanın aşağıya indirilmesi zor olur. Soğuk havanın da üflendikten sonra yüksek sıcaklık gradyeni ve hızda düşmesi ortamda bulunan insanların rahatsız eder. Dolayısıyla havanın aşağıya belirli uzaklığa indikten sonra (ki biz bu uzaklığa etki uzaklığı adı vereceğiz), hava hızının insanların rahatsız etmeyecek bir hızda olması gerekir. Bu hız genellikle  $U=0.25$  ile  $0.30$  m/s olarak kabul edilmektedir. Diğer bir olgu da Şekil 3'de Coanda tesiri denilen havanın tavana belli bir uzaklıkta yatay ve tavadan belli bir açıda üflendiğinde tavana yapışma özelliğinden yararlanarak havayı mümkün olduğu kadar yukarıda tutup iç hava ile karışmasını sağlamaktır. Romen mühendisi olan Coanda jet uçakları üzerinde çalışmaktayken rahatsız edici bir olayla karşılaşmış ve motoru terkeden gaz jetinin yakınından geçtiği yüzeylere yapıştığını gözlemlemiştir. Bu olay, bir musluktan akmakta olan suya eğimli olan bir yüzey değiştirildiğinde suyun düşey hareketi terk edip yüzeyi izlemesine sebep olan olayla aynıdır. Bunun nedeni jet ile yüzey arasında bir vorteks(girdap) oluşması ve orada basıncı düşürmesidir[6].



Şekil 1. Klima Santral Blok Gösterimi



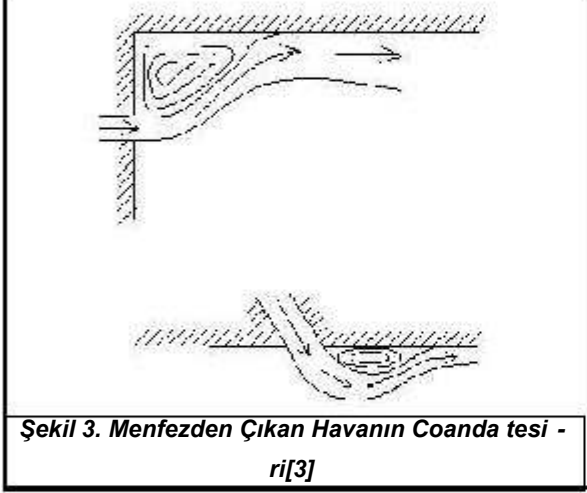
standart oluşturmak üzere ENV 1752 kodlu taslak hazırlanmakta olup bu taslak ASHREA 62 R Amerikan

standardına ya -  
kın bir taslaktır.

## MENFEZ TA - SARIMINA

Şekil 2. Menfezden Çıkan Soğuk Havanın Aşağıya Düşmesi[3]

Menfezlerden çıkışta bir diğer konu da girdap etkisi olup menfez şekli dairesel ve kanatçıklı tasarlanır. Bu etkiden yararlanarak



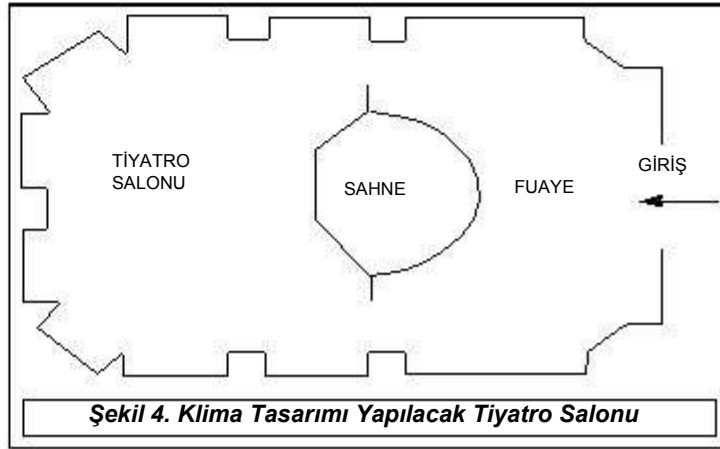
bir dönme, girdap hareketi oluşturulabilir. İç ortamdaki hava ile çabuk bir şekilde karışım sağlanmış olur. Ayrıca Coanda tesiri oluşturmaya çok yatkındırlar.

Bu temel kavramlar gözönünde tutularak klima tasarımında menfezlerin tipi ve konumları saptanmalıdır. Şartlandırılmış havanın iç ortamda yayılması, karışması ve sıcaklık gradyanlarının elimine edilmesi konforun sağlanması açısından bir gerekliliktir. Bugün konfor konusunda Avrupa'da ortak bir

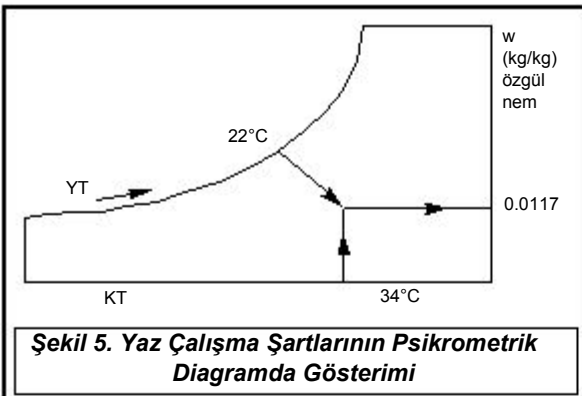
## ESAS OLMAK

## ÜZERE ÖRNEK BİR KLİMA PROJESİ

Klima proje tasarımı uygulanacak bir bina ya da hacim için çok çeşitli çözümler üretilebilir. Karmaşık bir proje yerine daha basit ve ekonomik projeler seçilebilir. Sözgelimi örnek olarak seçilen bir tiyatro salonunun yaz ve kış çalışma tasarımını inceleyelim. Tiyatro salon alanının 280 m<sup>2</sup> ve tavan yüksekliğinin 4.60 m olarak verilsin. Bu hacmin gerek ısıtılması gerek serinletilmesi için temiz havanın klima santrali vasıtasıyla menfezlerden dağıtılması gerekmektedir. Burada klima proje tasarımında önemli olan bu havanın hangi menfez boyutunda ve hangi hızlarla tiyatro salonuna insanları rahatsız etmeyecek şekilde iletilmesidir. Optimal şartları sağlayacak birçok çözüm üretilebilir. Ancak bunlardan biri en ideal konfor şartlarını sağlayacaktır. Her iki çalışma durumunda yani yaz



Şekil 4. Klima Tasarımı Yapılacak Tiyatro Salonu



Şekil 5. Yaz Çalışma Şartlarının Psikrometrik Diagramda Gösterimi

Malzeme Cinsi-Yönü	Alan(m <sup>2</sup> )	<sup>3</sup> T <sub>eş</sub> (°C)	K(kcal/m <sup>2</sup> h°C)	Q <sub>duvar</sub> (kcal/h)
Duvar-Doğu	46.2-13.32	14.4	0.52	246
Duvar-Güney	46.2-13.32	6.7	0.52	115
Duvar-Kuzey	8.25-1.32	0	0.52	0
Duvar-Batı	13.2-1.7	3.3	0.52	20
Duvar-G.Batı	26.4-11.24	3.3	0.52	26

$$Q_{duvar} = 246+115+20+26=407\text{kcal/h}$$

Duyulur ısı herhangi bir maddenin (örneğin hava, su v.b.) sıcaklığını yükseltmek için ve

veya kış çalışması halinde havanın yanal

Malzeme	Alan(m <sup>2</sup> )	Isı yalıtım	Ortalama sıcaklık	Q
---------	-----------------------	-------------	-------------------	---

duvarlardan iletilmesi, tavandan dağıtılması, menfez çeşidi ideal konfor şartlarını etkileyecektir.

Tiyatro salonunun bulunduğu bölgede yaz aylarında dış hava sıcaklığı 34°C (kuru termometre) ve yaş termometre sıcaklığı 22°C olsun. Şekil 5 de görüleceği üzere psikrometrik diagramdan bu sıcaklıklar için bağıl nem  $j = 0.35$  değeri bulunur. Kış aylarında dış ortam sıcaklığını -12°C olarak alalım. Tiyatro salonunun yaz aylarında 26°C sıcaklığında ve  $j = 0.50$  bağıl neminde olmasının uygun olduğunu, ve kış aylarında bu bağıl nemin  $j = 0.50$  olarak korunduğunu ancak sıcaklığın 18°C olması gerektiğini düşünelim. Bu duruma ait psikrometrik diagram Şekil 6'da görülmektedir.

### TİYATRO SALONU YAZ ÇALIŞMASI TASARIMI

Klima proje tasarımı uygulanacak örnek tiyatro salonunda yaz aylarında ortam havasının soğutulması istenir. Kış mevsiminde ise ortam havası ısıtılmaya çalışılır. O halde proje tasarımında yaz ve kış şartlarını dikkate almak gerekir. Sözgelimi, dışarıdan alınan taze hava miktarı yaz için daha fazladır. Ancak kış mevsiminde dış hava menfezi üzerindeki damperler kısılarak hava debisi azaltılabilir.

İklimlendirme yapılacak ortamın ısı kazançlarının bilinmesi gerekir. Bu ısı kazançları duyulur ısı ve gizli ısı olarak ikiye ayrılır.

Malzeme Cinsi-Yönü	Alan(m <sup>2</sup> )	Işınım (kcal/m <sup>2</sup> h)	Çarpım faktörü	Q <sub>cam</sub> (kcal/h)
Cam-Doğu	13.32	30	0.66	265
Cam-Güney	13.32	372	0.90	4460
Cam-Kuzey	1.32	30	0.66	25
Cam-Batı	1.7	239	0.90	365
Cam-G.Batı	11.24	442	0.90	4470

$$Q_{cam} = 265 + 4460 + 25 + 365 + 4470 = 9585 \text{ kcal/h}$$

İlmesi gereken ısı miktarıdır. Gizli ısı ise, herhangi bir maddenin sıcaklığını değiştirmeden yalnızca faz durumunu değiştirmek için verilen veya alınan ısıdır. Şimdi tiyatro salonunun ısı kazançlarını hesaplayalım.

### 1. Radyasyon (Işınım) Isı Kazancı

Dış duvarlardan ışınım etkisiyle kazanılan ısı miktarının hesabı için gerekli eşdeğer sıcaklık farkı aşağıda tablo halinde verilmiştir.[2] Buna göre duvardan olan ısı ışı-

Malzeme Cinsi	Alan(m <sup>2</sup> )	K(kcal/m <sup>2</sup> h°C)	<sup>3</sup> T <sub>eş</sub> (°C)	Q <sub>iletim</sub> (kcal/h)
Pencere	10 x 1.7	3	8	408
Pencere	12 x 0.66	3	8	190
Pencere	6 x 2.6	3	8	375
Duvar	117	0.52	8	486

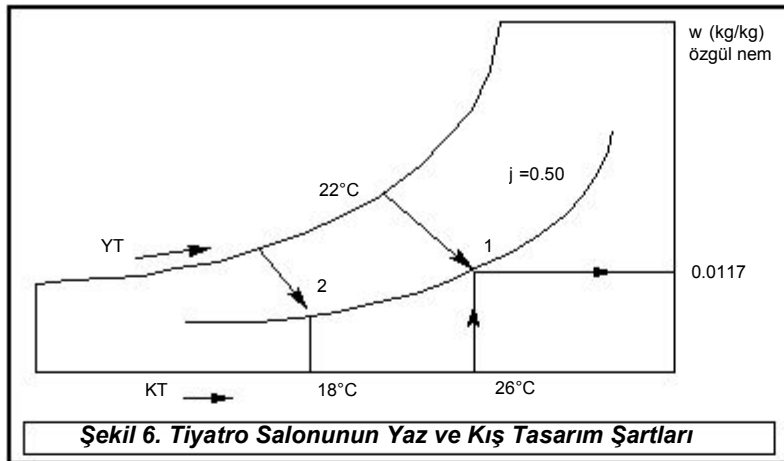
$$Q_{item} = 408 + 190 + 375 + 486 = 1460 \text{ kcal/h}$$

mı miktarı:

$$Q_{rad} = A \cdot K \cdot {}^3T_{eş} \quad (\text{kcal/h})$$

olarak bulunur.

A: Dış duvarın alanı (m<sup>2</sup>)



Burada;

V<sub>h</sub> : İçeri alınan dış hava debisi (m<sup>3</sup>/h)

T<sub>d</sub> : Dış hava sıcaklığı (°C)

T<sub>i</sub> : Salon iç sıcaklığı (°C)

r<sub>h</sub> : Havanın yoğunluğu (kg/m<sup>3</sup>)

C<sub>ph</sub> : Sabit basınçta havanın özgül ısısı,

$$C_{ph} = 0.24 \text{ kcal/kgK}$$

Diğer taraftan gizli ısı,

$$Q_G = V_h r_h (h_d - w_d) \quad (\text{kcal/h})$$

Burada;

w<sub>d</sub> : Dış hava mutlak nemi (kg/kg)

K : Dış duvar ısı iletim katsayısı (kcal/m<sup>2</sup>h°C)

<sup>3</sup>T<sub>eş</sub> : Eşdeğer sıcaklık farkı (°C)

Diğer taraftan pencerelerden ışınım ile ka-

zanılan ısı miktarı aşağıdaki tablo yardımıyla hesaplanır.

Pencereden olan ışınım kazancı ile duvardan olan ışınım kazancı karşılaştırıldığında da pencerelerden gelen ışınım kazancının çok daha büyük olduğu görülür. Pencereden gelen ışınım kazancı o anda ortama etki eder, ancak duvarlardan gelen ışınım kazancı ortama hemen etki etmez.

## 2. Isı Geçişi Kazancı

Pencere ve duvarlardan ısı iletimi ile olan kazançlar toplamıdır.

## 3. Atmosferden Alınan Taze Havadan Gelen Isı Kazancı

Bir klima santralında salondan alınan döşüş havasının bir kısmı atmosfere atılır. Diğer kısmı ise taze hava ile karıştırılarak tekrar salona verilmek üzere şartlandırılır. Böylece ortamdaki insanlar için uygun hava şartları sağlanır. Atmosferden alınan taze havanın sahip olduğu duyulur ısı şu şekilde hesaplanır:

$$Q_D = V_h C_{ph} r_h (T_d - T_i) \text{ (kcal/h)}$$

$$V_{enf} = \square(a.L).R.H = 225 \text{ m}^3/\text{h} \times 0.7 \times 1.4 = 220 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_D = V_{enf} C_{ph} r_h (T_d - T_i) \text{ (kcal/h)} \\ = 220 \text{ m}^3/\text{h} (1.22 \text{ kg/m}^3) (0.24 \text{ kcal/kgK}) (34 - 26) \\ = 510 \text{ kcal/h}$$

Havalandırma ile gelen ısı kazancı çok daha fazla olduğundan enfiltrasyon ısı kazancı gözardı edilebilir.

## 5. İnsanlardan Gelen Isı Kazancı

Tiyatro salonunda bir insanın ortama verdiği ortalama ısı miktarı 90 kcal/h dir.[2]

Bunun %60 ı duyulur ısı ve kalan %40 gizli ısıdır. Dolayısıyla duyulur ısı;

$$Q_D = 0.60 \times 90 \text{ kcal/h} \times 200 \text{ kişi} \\ = 10800 \text{ kcal/h}$$

bulunur.

$w_i$  : İç hava mutlak nemi (kg/kg)

$h_b$  : Su buharının gizli buharlaşma ısısı,

$$h_b = 590 \text{ kcal/kg}$$

Tiyatro salonunun 200 kişilik olduğu varsayılırsa;

$$V_h = 200 \text{ kişi} \times 13 \text{ m}^3/\text{h} = 2600 \text{ m}^3/\text{h}$$

bulunur. Buradan duyulur ısı için,

$$Q_D = 2600 \text{ m}^3/\text{h} (1.22 \text{ kg/m}^3) (0.24 \text{ kcal/kgK}) (34 - 26)$$

$$= 6090 \text{ kcal/h}$$

bulunur.

## 4. Enfiltrasyonla Giren Havadan Olan Isı Kazancı

Binalarda kullanılan yapı elemanlarının aralıklarından veya dışa açılan pencere ve kapılardan giren havaya kısaca enfiltrasyon denir. Enfiltrasyon yoluyla binaya giren havanın da bir ısısı vardır ve ortamın ısı kazancını artırır. Ancak atmosferden alınan havanın ısı kazancı ile enfiltrasyonla giren havanın ısı kazancı karşılaştırılır, hangisi büyük ise o değer esas alınarak ısı kazancı hesaplanır.[2]

Enfiltrasyonla tiyatro salonuna giren havanın debisi;

$$\text{Toplam } Q_D = 1.1 \times 30752 \\ = 33827 \text{ kcal/h}$$

bulunur.

## 8. Toplam Hava Debisi

Salona verilmesi gereken toplam hava debisidir. Toplam hava debisi ortamın duyulur ısı kazancı ile orantılı olarak artar. Kısaca;

$$V_T = \frac{Q_D}{r_h C_{ph} \Delta T} \text{ (m}^3/\text{h)}$$

$$\Delta T = T_i - T_{üf}$$

Burada  $T_i$  iç ortam sıcaklığını,  $T_{üf}$  ortama üflenen hava sıcaklığını temsil etmektedir.

$$V_T = \frac{33827 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}}{1.22 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 0.24 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \cdot 9^\circ\text{C}} \text{ (m}^3/\text{h)}$$

$$V_T = 12836.6 \text{ m}^3/\text{h}$$

bulunur.

## 6. Aydınlatmadan Gelen Isı Kazancı

Ortamda yeterli aydınlatmayı sağlamak için kullanılan armatürlerden kaynaklanan ısı kazancıdır. Her bir m<sup>2</sup> için aydınlatmadan gelen ısı kazancı 10W ise;

$$Q_{ayd} = 10W \times 280m^2 \times 0.860 = 2410 \text{ kcal/h}$$

bulunur.

## 7. Toplam Duyulur Isı

Tüm duyulur ısıların toplanmasıyla elde edilir.

$$Q_{topD} = \sum Q_D = 407 + 9585 + 1460 + 6090 + 10800 + 2410 = 30752 \text{ kcal/h}$$

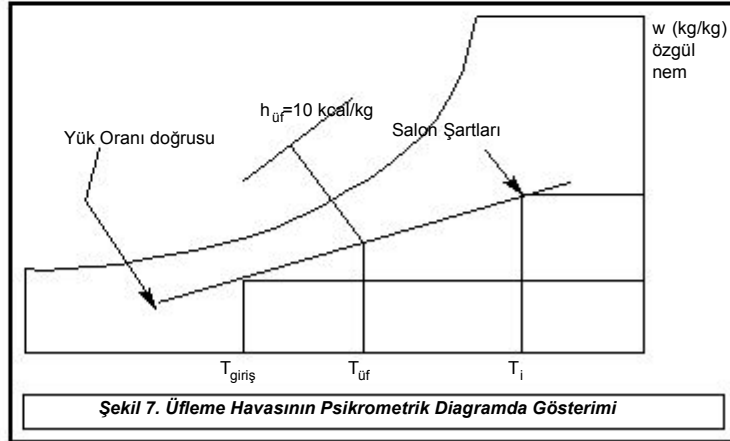
Emniyet faktörü olarak %10 zam eklersek;

## 9. İç hava Debisi

Ortamdan alınan dönüş havasının bir kısmı dışarı atılır. Diğer kısmı ise iç hava debisi olarak taze hava ile karıştırılır ve tekrar salona üflenir. Salon havasının tekrar kullanılan bu miktarı iç hava debisini oluşturur.

$$V_i = V_T - V_D \text{ (m}^3\text{/h)}$$

Burada V<sub>T</sub> toplam hava debisini, V<sub>D</sub> ise



Şekil 7. Üfleme Havaasının Psikrometrik Diagramda Gösterimi

dış hava debisini temsil etmektedir.

İç hava debisi;

$$V_i = 12836 - 2600 = 10236 \text{ m}^3\text{/h}$$

bulunur.

## 10. Yaz Karışım Hava Sıcaklığı

$$T_K = \frac{V_D T_D + V_i T_i}{V_T}$$

$$T_K = \frac{2600 \times (273 + 34) + 10236 \times (273 + 26)}{12836} \text{ Kelvin}$$

$$= 300.6K = 27.5 \text{ }^\circ\text{C}$$

bulunur.

## 11. Üfleme Hava Sıcaklığı

Psikrometrik diagramda, üfleme hava sıcaklığı yük oranı doğrusu üzerinde olmalıdır. Yük oranı doğrusu aşağıdaki denklemi sağlayan iki nokta arasında çizilir. Herhangi bir T<sub>giriş</sub> değeri için w<sub>giriş</sub> değeri hesaplanır.

$$G = \frac{Q_D}{C_{ph}(T_i - T_{giriş})} = \frac{Q_G}{(w_{giriş} - w_i) \cdot h_g}$$

$$T_{üf} = 17 - \frac{(0.1) (42000 \text{ kcal/h})}{12826 \text{ m}^3\text{/h} (1.22 \text{ kg/m}^3) (0.24 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C})}$$

$$= 16^\circ\text{C}, \quad h_{üf} = 9.3 \text{ kcal/kg}$$

bulunur.

## 13. Cihaz Soğutma Kapasitesi

Salona verilecek hava sıcaklığı istenen - den fazla ise klima santralında soğutulur. Soğutma işlemi soğutucu serpantinlerle yapılabilir. Soğutucu kapasitesi aşağıdaki gibi bulunur:

$$Q_S = V_T \cdot r_h \cdot (h_K - h_{üf})$$

Burada;

V<sub>T</sub> : Toplam hava debisi, (m<sup>3</sup>/h)

r<sub>h</sub> : Hava yoğunluğu, (kg/m<sup>3</sup>)

h<sub>K</sub> : Karışım hava sıcaklığının entalpisi, (kcal/kg)

h<sub>üf</sub> : Klima santralinden çıkan havanın entalpisi, (kcal/kg).

$$Q_S = 12826 \text{ m}^3\text{/h} (1.22 \text{ kg/m}^3) (13.1 - 9.3) \text{ kcal/kg}$$

Psikrometrik diagramdan;

$$T_{üf}=17^{\circ}\text{C (KT)}, 14.9^{\circ}\text{C (YT)}$$

$$h_{üf}=10\text{ kcal/kg}$$

bulunur.

## 12. Cihaz Çıkış Havaısı

Klima santralından çıkan hava kanallardan geçerken bir miktar ısı kazanır. Bu ek ısı kazancından dolayı üflenen havanın sıcaklığı artar. Çıkış sıcaklığı  $T_{ç}$ ,

$$T_{ç} = T_{üf} - \frac{Q_K}{V_T h C_{ph}}$$

yazılabilir. Diğer  $Q_K$  kanallardan olan ısı kazancını göstermek üzere  $Q=Q_K$  kabul edilebilir.

$$= 59461\text{ kcal/h}$$

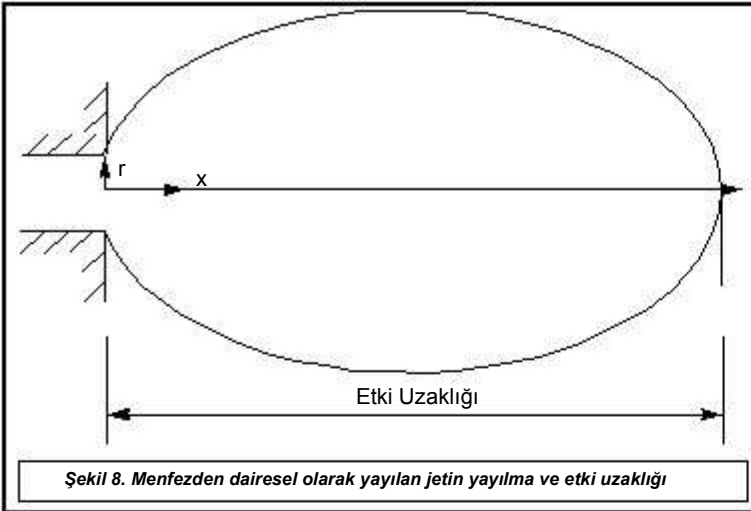
bulunur.

## TİYATRO SALONU KIŞ ÇALIŞMASI TASARIMI

Kış çalışmasında proje tasarım şartlarının değişmesi daha önce verilen tüm kavramların hesaplarının yeniden yapılmasını gerektirir. Burada kış şartlarıyla ilgili kısa bir bilgi verilecektir. Kış çalışmasında karışım havasının sıcaklığı:

$$T_K = \frac{V_D T_D + V_i T_i}{V_T}$$

$$T_{Kv} = \frac{2600\text{ m}^3/\text{h} \cdot (273-12) + 10236\text{ m}^3/\text{h} \cdot (273+22)}{K_{el}}$$



Şekil 8. Menfezden dairesel olarak yayılan jetin yayılma ve etki uzaklığı

$$12836.6\text{ m}^3/\text{h}$$

$$= 288\text{ K}=15^{\circ}\text{C}$$

bulunur.

## Yıkayıcı Çıkış Sıcaklığı

Psikrometrik diagramdan;

$$T_Y=12.1^{\circ}\text{C (KT)}, 12^{\circ}\text{C (YT)}, h_Y=7.9\text{ kcal/kg}$$

bulunur.  $T_Y$  sıcaklığı aynı zamanda ısıtıcı giriş sıcaklığıdır.

## Isıtıcı Kapasitesi

$$\begin{aligned} Q_{\text{ısıtıcı}} &= V \cdot C_{ph} \cdot (T_i - T_Y) \\ &= 12826\text{ m}^3/\text{h} \cdot (0.24\text{ kcal/kg}^{\circ}\text{C}) \cdot (22-12.1)^{\circ}\text{C} \\ &= 30475\text{ kcal/h} \end{aligned}$$

## MENFEZ HAVA HIZLARI ve SERBEST JET TEORİSİ

Klima santralinden kanallarla salona ya da ortama götürülen havanın dağıtımında menfezlerden yararlanır. İnsan yaşamında, gerekli konfor şartlarının sağlanması açısından menfez boyutları ve şekli, tavandan ya da yanıl duvarlardan dağıtım, optimal menfez çıkış hızları bir klima tasarımında birinci derece de önemli rol üstlenirler. Klima

sisteminde genel olarak yüksek hava hızlarına izin verilmez, ancak dağıtılan şartlandırılmış havanın iç ortama penetrasyonu da sağlanması gerektiğinden çok düşük hızlar da gerekli sirkülasyonu sağlayamazlar. Bu nedenle optimal bir hava hızı seçilmesi yoluna gidilir. Şekil 8 de menfezden çıkan bir hava jetinin ortam içerisinde yayılışı görülmektedir.

Konfor hava şartlandırılmasında salon içerisinde belirli bir hava hareketi olması arzu edilmekle birlikte pratikte 0.3 m/s değerinden büyük hızlar, verilen hava sıcaklığının odadaki hava sıcaklığından daha sıcak veya daha soğuk olması halinde rahatsızlık verirler. Büyük işyeri ve hacimlerde insanların çalıştığı bölgede şartlandırma hava jeti vasıta

bulunur.

### Isıtıcı Çıkış Sıcaklığı

$$30475 \text{ kcal/h}$$

$$T_{\text{Ç,ısıtıcı}} = 12.1 + \frac{30475 \text{ kcal/h}}{12836.6 \text{ m}^3/\text{h} \cdot (1.22 \text{ kg/m}^3) \cdot (0.24 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C})}$$
$$= 20.2^\circ\text{C}$$

$$h_{\text{Ç,ısıtıcı}} = 10 \text{ kcal/kg}$$

bulunur.

siyla yapılabılır. Yukarıda duvardan çıkarken önünde bir engel bulunmayan, türbülanslı, eşsıcaklıktaki dairesel bir hava jetinin Şekil 8'de gösterildiği gibi menfezden çıkarak ortam içerisinde yayılışı görülmektedir.

Menfezden çıkarken önünde bir engel bulunmayan, serbest bir ortam içerisinde türbülanslı ve eş sıcaklıktaki dairesel bir jet için Schlichting[1] tarafından dairesel bir jet için deneysel bulgulardan elde edilen türbülanslı hız dağılımı aşağıdaki gibi verilmektedir:

### 30 ■ TESİSAT MÜHENDİSLİĞİ Nisan 2000

$$U = \frac{7.41 \text{ J/r}}{x[1+57.5(r^2/x^2)]^2}$$

Burada ;

U : Hava jetinin x uzaklığındaki hızı (m/s)

U<sub>0</sub> : Havanın menfezden çıkış hızı (m/s)

A<sub>0</sub> : Dairesel jetin menfez kesit alanı (m<sup>2</sup>)

J : Hava jetinin duvardan çıkıştaki toplam momentumu (kgm/s<sup>2</sup>)

$$J = rA_0U_0^2$$

x : Jet etki uzaklığı (m)

r : Jet ekseninden radyal yöndeki uzaklık (m)

Düzlemsel jet halinde ise, bu denklem

$$u = \frac{3}{2} \frac{Ks}{x} [1 - \tanh^2 h]$$

$$v = \frac{3}{4} \frac{K}{sx} \{2h(1 - \tanh^2 h) - \tanh h\}$$

Burada  $h = s \frac{y}{x}$  ve kinematik momentum

$K = \frac{J}{rA_0}$  olarak verilmektedir. H. Reichardt[4]

findan yapılan deneysel çalışmalarda  $s = 7.67$  olarak rapor edilmiştir. Dolayısıyla yukarıdaki denklemler

$$u = \frac{2.40 \text{ J/r}}{x} [1 - \tanh^2(7.67 \frac{y}{x})]$$

$$v = \frac{0.16 \text{ J/r}}{x} \left\{ 15.3 \frac{y}{x} [1 - \tanh^2(7.67 \frac{y}{x})] - \tanh(7.67 \frac{y}{x}) \right\}$$

şeklinde yeniden yazılabilir.

Uygulamada eğer y yönündeki hızı ihmal

Aşağıda verilen Tablo 1 ve 2'de görüleceği üzere jetin ortama çıkış hızı U<sub>0</sub> ve seçilen etki uzaklığı sonunda, kısaca menfezden 2m ya da 3m uzakta merkez çizgisindeki hava hızının U=0.25-0.30m/s ye düşmesi için gerekli menfez boyutları verilmektedir. Burada n olarak gösterdiğimiz ortam için sağlanması gereken jet miktarıdır. Dolayısıyla bir menfezde sözgelimi 50 adet jet ızgaralardan çıkması isteniyorsa o zaman tablodaki alan değeri 50 adet ile çarpılarak faydalı menfez boyutu ve menfez sayısı m bulunabilir.

Bu tablolar örnek olarak seçtiğimiz Şekil 1 de verilen tiyatro salonunun iklimlendirilme koşulları gözönüne alınarak hazırlanmıştır. Düzlemsel lineer bir menfez seçtiğimizi varsayalım. Yatayda 10 adet ızgarası ve dikeyde 5 adet ızgarası olduğunu düşünürsek; bu menfezin 10x5=50 adet düzlemsel jet çıkışına imkan verecek şekilde boyutlandıracağımızı varsayalım. Aşağıda bazı uygulamalarda menfezler için tavsiye edilen hava çıkış hızları verilmektedir[5]. Örneğimiz bir tiyatro salonu olduğu için tablodan bu mahalle uygun bir değeri seçebiliriz. Ayrıca çıkış hızlarımızın doğruluğu da bir anlamda test edilmiş oluyor. Çünkü bulduğumuz çıkış hızları bu tablolarda verilen değerlerle uyum sağlamaktadır. Dolayısıyla bu değerlerin iklimlendirmesi yapılacak bir mahalde daha önce verilen kriterlere de dikkat etmek şartıyla doğru bir tasarıma imkan verdiği görülmektedir.

Burada konferans salonları için önerilen hava çıkış hızı 5-8m/s olarak önerilmektedir.



edersek ( $x \gg y$  varsayarak)  $v \approx U$  alabiliriz. Öyleyse havanın menfezden çıkışı düzlemsel bir jet olarak ortama yayıldığında merkez çizgisi üzerindeki hız  $u=U$  ile gösterilirse;

$$U = \frac{2.40 \text{ J/r}}{x}$$

olarak bulunur.

hava çıkış hızı  $U=0.25 \text{ m/s}$  olarak belirlenmiştir. Tablo 1 de etki uzaklığı sonunda, yani menfezden çıktuktan 2 m sonra  $U=0.25 \text{ m/s}$  ye düşecek şekilde ikinci sıradaki çıkış hızı  $U_0=5.89 \text{ m/s}$  olarak belirlenir. Buradan jet alanı:

$$A_0=2.5 \times 2.5 \text{ cm}^2 \text{ olarak bulunur.}$$

Menfezin boyutu yatayda

$$L=10 \times 2.5 \text{ cm}=25 \text{ cm}$$

$$\text{düşeyde } H=5 \times 2.5 \text{ cm}=12.5 \text{ cm}$$

Dolayısıyla faydalı alan  $L \times H=312.5 \text{ cm}^2$  olarak bulunur. Doğal olarak çerçeve payları bu boyuta ilave olacaktır. Bu menfezden kaç adet gerektiğini bulalım. Yine Tablo 1 den 968 adet jet alanına gereksinim olduğundan bu sayıyı 50 ye bölersek,

$$\begin{aligned} \text{Menfez Sayısı} &= 968/50 \\ &= 19-20 \text{ adet menfez gerek} \end{aligned}$$

lidir.

Lineer menfezin ızgara sayısı tiyatro salonunda konulacağı noktalara göre arttırılabilir.

Dolayısıyla menfez boyutu değişebilir. Sözelimi yukarıda yatayda 10 adet ızgara yerine 30 adet seçersek, ve düşeyde 10 adet ızgara seçersek bu durumda menfez faydalı boyutu,

$$L=30 \times 2.5 \text{ cm}=75 \text{ cm}$$

$$H=10 \times 2.5 \text{ cm}=25 \text{ cm}$$

olarak bulunur. Bu tip bir menfezden  $30 \times 10$ , yani 300 jet elde edilmiş olur. Dolayısıyla menfez sayısında 3 ya da 5 dağıtıcı menfezle o ortamın iklimlendirilmesi sağlanmış olur. Bu tiyatro salonuyla ilgili örneklemeler çoğaltılabilir. Böylece tiyatro alanı içerisinde belirli hava hızlarında, gürültü seviyesinden uzakta insanların asgari konfor şartları sağlanmış

Tablo 1. Düzlemsel Jet Çıkış Hızları ve Debileri

Düzlemsel Jet					
Jet alanı (cm <sup>2</sup> )	$V_R$ (m <sup>3</sup> /h)	Adedi	$U_s$ (m/s)	S(etki uzak.)	$U_0$ (m/s)
	10.6	1210	0.25	2 m	7.36
2x2	13.25	968	0.25	2 m	5.89
2.5x2.5	15.9	806	0.25	2 m	4.91
3x3	12.7	1008	0.30	2 m	8.83
2x2	15.9	806	0.30	2 m	7.07
2.5x2.5	19.1	672	0.30	2 m	5.89
3x3	21.1	605	0.50	2 m	14.73
2x2	26.5	484	0.50	2 m	11.8
2.5x2.5	31.8	403	0.50	2 m	9.82
3x3	42.4	302	1.0	2 m	29.46
2x2	53	242	1.0	2 m	23.57
2.5x2.5	63.6	201	1.0	2 m	19.64
3x3	12	988	0.25	3 m	9.02
2x2	16.2	790	0.25	3 m	7.21
2.5x2.5	19.5	658	0.25	3 m	6.01
3x3	15.6	823	0.30	3 m	10.82
2x2	19.5	658	0.30	3 m	8.66
2.5x2.5	23.4	548	0.30	3 m	7.22
3x3	26	494	0.50	3 m	18.04
2x2	32.4	395	0.50	3 m	14.43
2.5x2.5	39	329	0.50	3 m	12.03
3x3	52	247	1.0	3 m	36.08
2x2	65	197	1.0	3 m	28.86
2.5x2.5	78	164	1.0	3 m	24.05
3x3					

olur.

## SONUÇ

Menfez seçimi iklimlendirme çalışmaları - rında, içinde insanların bulunduğu ev ve iş - yeri ortamlarında konforun sağlanmasında önemli bir rol üstlenir. Özellikle kimya, tekstil ve lastik endüstrisi gibi ağır iş kollarında ortam havasının uygun şartlarda olması gerekmektedir. Bu durumda havanın nemi ve sıcaklığı genellikle klima santrali ile ayarla -

nır. Ancak klima santralının maliyetinin yüksek olması nedeniyle konfor tesislerinde yaz veya kış şartlarında çalışan klimalar kullanılabılır. Klima tesisatında ne tip bir klima cihazının kullanılacağı veya hangi yöntemle klimatize edileceği önemli olmakla birlikte ortam sıcaklığı ve neme sahip olması da insan sağlığı açısından önem kazanmaktadır.

Menfezden çıkış hızlarının yüksek değerlerde olması bir klima tasarımında ses

**Tablo 2. Dairesel Jet Çıkış Hızları ve Debileri**

Düzlemsel Jet					
Jet çapı (cm)	$V_3$ (m <sup>3</sup> /h)	Adedi	$U_s$ (m/s)	S(etki zak.)	$U_o$ (m/s)
2.0	4.3	2981	0.25	2 m	3.8
2.5	5.38	2385	0.25	2 m	3.04
3.0	6.45	1987	0.25	2 m	2.53
2.0	5.16	2484	0.30	2 m	4.56
2.5	6.45	1987	0.30	2 m	3.65
3.0	7.75	1656	0.30	2 m	3.04
2.0	8.61	1490	0.50	2 m	7.61
2.5	10.76	1192	0.50	2 m	6.09
3.0	12.9	993	0.50	2 m	5.08
2.0	17.22	745	1.0	2 m	15.2
2.5	21.5	596	1.0	2 m	12.2
3.0	25.8	496	1.0	2 m	10.15
2.0	6.45	1987	0.25	3 m	5.71
2.5	8.07	1590	0.25	3 m	4.56
3.0	9.68	1325	0.25	3 m	3.8
2.0	7.75	1656	0.30	3 m	6.85
2.5	9.68	1325	0.30	3 m	5.48
3.0	11.62	1104	0.30	3 m	4.56
2.0	12.91	993	0.50	3 m	11.4
2.5	16.1	795	0.50	3 m	9.13
3.0	19.37	662	0.50	3 m	7.61
2.0	25.83	496	1.0	3 m	22.84
2.5	32.3	397	1.0	3 m	18.27
3.0	38.75	331	1.0	3 m	15.22

**Tablo 3. Bazı uygulamalarda tavsiye edilen Hava Çıkış Hızları ( $U_o$ )**

Radyo ve Film Stüdyosu, Ameliyathane	1.5-2.5 m/s
Hastane, Yatak Odası, Otel Odası, Konut, Cami	2-4 m/s
Dershane, Konser Salonu, Kütüphane, Bankalar	2.5-5 m/s
Konferans Salonu, Mağaza, Balo Salonu, Lobi	5-8 m/s
Market, Fabrika, Jimnastik salonu, Depo	8-10 m/s

azaltımının da gerekli konforun sağlanması açısından önem kazanmaktadır. Ses azaltımının yapılması bazı ekonomik maliyetler getirmekle beraber (ses yalıtımı vb. gibi) menfez hava çıkış hızlarının optimal değerlerde seçilmesi bir çözüm getirebilir ve gürültü, titreşim gibi rahatsız edici etkilerin giderilmesinde önemli bir rol üstlenebilir. Ayrıca menfezlerin şekli ve konumu da ses ve gürültünün artmasına neden olabilir. Gürültünün en aza indirilmesi için menfez çıkış hızlarının olabildiğince düşük seçilmesi, ancak iç ortamda gerekli sirkülasyonu yapabilecek ve durgun bir ortam yaratmayacak bir değer de olması gerekmektedir.

Temiz havanın ortama verilmesi ve aynı zamanda kirli havanın ortamdaki çekilmesi insan sağlığı açısından üzerinde durulması gereken bir konudur. Genellikle temiz ve hijyenik steril hava temininde çoğu tesisler yetersiz kalmakta, uygun menfez seçimi yapılmadığı için havanın sirkülasyon hızı yeterli olamamaktadır veya iklimlendirilecek ortamda eşit klimatizasyon sağlanamamaktadır. Diğer taraftan menfezlerin insanların yoğun olarak çalıştığı noktalara 2m den yakın olması durumunda üfleme hızlarının fazla olması ses ve gürültüye neden olacak, ayrıca o mahalde bulunan insanlar üzerinde baş ağrısı ve halsizlik gibi rahatsızlıklara sebebiyet verecektir. Dolayısıyla menfez kesit alanı, hava çıkış hızı ve çıkış havasının debisinin seçimi konforu sağlanacak ortam açısından büyük önem taşımaktadır.

## KAYNAKÇA

- [1] Wilbert F. Stoecker, "İklimlendirme Esasları", Çeviren: Dr. Osman F. Genceli, İTÜ Matbaası, Gümüşsuyu-İstanbul (1984).  
[2] Hermann Schlichting, "Boundary Layer Theory", McGRAW Hill Book Co., Seventh Edition, Translated by: Dr. J. Kestin, New York (1979).

[3] Hırant Kalataş, "İç Hava Hareketleri ve Menfez Seçimi", Tesisat Mühendisleri Derneği İzmir Toplantıları, İzmir, Şubat (1999).

[4] H.Reichardt, Gesetzmässigkeiten der freien Turbulenz. VDI-Forschungsheft, 414 (1942), 2nd ed. 1951.

[5] İmeksan, "Havalandırma Klima Ekipmanları" kataloğu, İzmir (1999).

[6] Y.Sezen, "Pnömatik Bir Servonun Mekanik ve Fluidik Geri Besleme ile Gerçekleştirilerek Hareketinin İncelenmesi", Anadolu Üniversitesi, Müh.Mim.Fakültesi Dergisi, Cilt III, Sayı 1, Eskişehir (1986).