

Mustafa Ali ERSÖZ
Abdullah YILDIZ
Ali ALTINER
Tahir Berkay BİLKI

Abstract:

Conditioned air required for buildings and industrial applications is processed in air conditioning systems. The conditioned air is conveyed to the building through the supply ducts and in that place, deteriorated air is removed from building through the return ducts delivering it back to the air conditioning system for filtering and reconditioning. Design of the ducts may be performed with different methods. In this study, the ducts of an air conditioning system are dimensioned with FineHVAC program according to widely used equal friction method; constant velocity method and static regain method and analysis results of these methods are evaluated economically.

Key Words:

Air Conditioning System, Duct Design And Sizing, Equal Friction Method, Constant Velocity Method, Static Regain Method.

Bir Binanın Farklı Yöntemlerle Tasarlanan İklimlendirme Kanallarının Karşılaştırılması

ÖZET

Binalar ve endüstriyel uygulamalar için gerekli olan şartlandırılmış hava, iklimlendirme sistemlerinde elde edilir. Şartlandırılmış hava besleme kanalları sayesinde mahallere iletilir ve mahalde kötüleşen hava, onu filtreleme ve yeniden şartlandırma için iklimlendirme sistemine geri ileten dönüş kanalları sayesinde mahalden uzaklaştırılır. Kanalların tasarımı farklı yöntemlerle yapılabilir. Bu çalışmada, örnek bir binanın iklimlendirme kanalları FineHVAC programı kullanılarak eş sürtünme, eşit hız ve statik geri kazanım yöntemlerine göre boyutlandırılmış ve her bir yöntemin analiz sonuçları ekonomik açıdan karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: İklimlendirme, Kanal Tasarımı ve Boyutlandırma, Eş Sürtünme Yöntemi, Eşit Hız Yöntemi, Statik Geri Kazanım Yöntemi.

GİRİŞ

Isıtma, soğutma, havalandırma ve iklimlendirme/klima konularında temel hedefler; insanlar için daha iyi, daha rahat, huzurlu, sağlıklı ve emniyetli bir yaşam sağlamaktır. Diğer yandan, bugünkü teknolojinin ve çeşitli endüstriyel işlemlerin yapılması sırasında da çalışılan ortamın belirli ve yapılan işlere uygun olan şartlara getirilmesi gerekmektedir. Ayrıca, havanın şartlandırılması ihtiyacı sadece insanlar için değil, çeşitli amaçlarla beslenen evcil hayvanlar, hatta bitkiler için de gerekmektedir. Bu uygun şartlar; ortamın sıcaklığı, bağıl nem seviyesi, içindeki oksijen miktarı, toz-duman/koku gibi zararlı maddelerden arındırılıp temizlenmesi ve ortam havasının tüm hacimdeki homojen dağılımının yani hava hareketinin sağlanması şeklinde özetlenebilir. Bu amaçla uygulanan işlemlere “Havanın Şartlandırılması” veya “İklimlendirme” adı verilmekte olup dilimize Almanca’dan girmiş olan “Klima” ve İngilizce’den girmiş olan “Air conditioning” deyimleri de sık sık kullanılmaktadır [1].

Şartlandırılmış havanın ısıtma veya soğutma cihazlarından itibaren taşınması ve istenen ortama verilmesi için hava kanalları kullanılmaktadır. Hava kanalları, ayrıca, dış ortam havasını iç hacim içerisine dağıtmak veya egzoz edilecek havayı dış ortama atmak için de kullanılırlar. Genel olarak hava kanalları; bağlantı parçaları (dirsek,

te, redüksiyon v.b.), çeşitli fiziksel büyüklükleri (sıcaklık, nem, basınç, CO₂ konsantrasyonu vb.) algılayan sensörler, ısıtma, soğutma, nemlendirme ve nem alma gibi hava şartlandırma cihazları ile birlikte klima ve havalandırma tesisatlarını oluştururlar. Bu tesisatların kullanımı da gelişen teknoloji ve konfor talepleri ile giderek artmaktadır. İklimlendirme yapılan binalarda çalışan insanların üretkenliklerindeki artış ile sağlık harcamalarındaki azalışın %5-15 arasında değiştiği belirtilmektedir [2].

Hava kanalları, kullanım yerlerine ve amaçlarına göre, galvanizli, karbon veya paslanmaz çelik, alüminyum, bakır sac gibi metal malzemelerden imal edildikleri gibi, fiberglas veya plastik malzemelerden de imal edilebilirler. Hava dağıtım sistemlerinde ağırlıklı olarak galvaniz çelik sac kullanılır. Ancak, yüksek sıcaklıklarda (200 °C) korozyon riski arttığından bu sıcaklıklarda ve aşındırıcı ürün dağıtım sistemlerinde kullanımı dezavantaj yaratmaktadır. Mutfak egzoz sistemleri gibi yüksek sıcaklıkta çalışan kanal sistemlerinde, bunun yerine karbon veya paslanmaz çelik saclar tercih edilir. Özellikle nem değerinin yüksek olduğu veya hijyenik şartların önemli olduğu mahallerde korozyon ihtimalini minimize etmek için paslanmaz çelik kullanımı ön plana çıkar. Bazı özel egzoz ve nem yüklü kanal sistemlerinde ise tercih alüminyum ve bakır malzemelerden yana olmaktadır. Geometrilere dikkate alındığında ise hava kanalları, silindirik, oval ve dikdörtgen olarak sınıflandırılmaktadır. Bunların içerisinde hava akış profili ve gürültü açısından en uygun kanallar silindirik ve oval olanlardır. Bu kanallarda ortalama basınç değerlerinde daha yüksek hava hızlarına çıkılabilmektedir. Silindirik kanallar genel olarak, spiral kenetli veya boy kenetli olarak imal edilmektedirler [3].

İklimlendirme sistemleri için en önemli noktalardan biri de hava kanalları ve hava kanallarının tasarımıdır [4]. Bu çalışmada, örnek bir binanın iklimlendirme kanalları FineHVAC programı kullanılarak eş sürtünme, eşit hız ve statik geri kazanım yöntemlerine göre boyutlandırılmış ve her bir yöntemin sonuçları ekonomik açıdan karşılaştırılmıştır.

2. KANAL TASARIM YÖNTEMLERİ

Kanal sistem tasarımında öncelikle hava üfleme ve emme menfezlerinin yerleri ve her bir menfezin kapasitesi (debisi), tipi ve büyüklüğü belirlenmelidir. Bu hava verme ve emme menfezlerinin standart tipte ve biçimde olmasına ve bilinen bir firma ürünü olmasına dikkat edilmelidir. Daha sonraki adım, kanal sisteminin şematik olarak çizilmesidir. Bu şematik ön çizimde hesaplanan hava miktarları, çıkış yerleri ve en ekonomik ve uygun kanal güzergâhı gösterilir. Bundan sonra kanallar boyutlandırılarak çeşitli elemanlardaki basınç kayıpları hesaplanır.

Ekonomik kanal sistemini veren hiçbir kanal tasarım yöntemi yoktur. Bunun yerine teklif edilmiş ve bugün kullanılan çeşitli tasarım yöntemleri bulunmaktadır. Farklı durumlarda bu yöntemlerden biri seçilerek hesap yapılır. Bu yöntemlerden hangisinin seçileceği, aslında maliyet kalemlerinin dikkatlice değerlendirilmesi ile kararlaştırılmalıdır [1].

Kanal boyutlandırılmasında yaygın olarak üç yöntem kullanılmaktadır [5]:

1. Statik geri kazanma yöntemi
2. Eş sürtünme yöntemi
3. Sabit hız yöntemi

2.1. Statik Geri Kazanma Yöntemi (SGKY)

Bu yöntem her basınç ve hızdaki besleme kanalları için uygulanabilir. Ancak normal olarak dönüş ve egzoz kanalları için kullanılmaz. Hesap olarak karmaşık olmasına rağmen teorik olarak bütün kollarında ve çıkışlarda üniform basınç düşümü yaratması açısından daha güvenilir bir yöntemdir. Hava kanalı içerisinde akmakta olan havanın toplam basıncı, havanın hızından kaynaklanan dinamik basınç ile statik basıncın toplamıdır. Statik geri kazanım yönteminde amaç tüm kanal boyunca toplam basıncın sabit tutulmasıdır. Kanaldaki hızlar sistematik olarak azaltılır. Her bir kanal parçasının önünde hız düşürülerek, dinamik basınç (hız basıncı) statik basınca dönüştürülür ve bu parçadaki basınç kaybının karşılanmasında kullanılır ve tüm kanallarda eşit miktarlarda basınçlandırma oluşur. Ortalama kanal sis-

temlerinde bu statik geri kazanma %75 oranındadır. İdeal şartlarda bu oran %90'a kadar yükselebilir. Bu sistemin avantajı kanal sisteminin dengede (ayarlanan şekilde) kalmasıdır. Çünkü kayıp ve kazançlar hızla orantılıdır. Yüke bağlı olarak debilerin azalması sistemdeki reglajı (balansı) bozamaz. Bu nedenle V.A.V. sistemleri için ideal bir yöntemdir. Statik geri kazanma yönteminin dezavantajı uzun kolların sonlarında, özellikle bu kanal kolu diğerlerine göre çok uzunsa, aşırı büyük kanal boyutları vermesidir. Ayrıca bu bölgelerde hızlar da çok düştüğünden kanalın ısı kayıp ve kazançlarına karşı izolesi gerekir. Bunun yanında kanal boyutlarının büyüklüğü ve dolayısı ile ilk yatırım maliyetlerinin yüksek oluşu dezavantaj olarak karşımıza çıkmaktadır [1, 6].

Bu yöntem, hava kanalını statik basıncı artırarak (statik geri kazanıma göre) boyutlandırır. Tedarikçi ana hattaki hava hızını düşürmesi sayesinde sonrasında ana hattı izleyen bölümler boyunca her bir dal basınç düşümünden tasarruf eder ve kanal bölümlerinin boyutları standart boyutlara dönüştürülür [6].

Statik geri kazanım metodu sadece hava besleme kanal sistemlerine uygulanabilir. Bu yöntem her bir ayrılma parçasında daha fazla statik basınç üretmeye odaklıdır. Bu sebeple sistem dengesi korunmuş olur. Ancak maliyet analizi düşünülmemiştir. Fandan sonra ana hattaki ölçü işlemi, zaman alması ve zor olması dolayısıyla daha çok bilgisayarlarla hesap yapmak için uygun bir yöntemdir [7].

2.2. Eş Sürtünme Yöntemi (ESY)

Kanal tasarımında yaygın olarak kullanılan yöntemdir. Bu sistemde bütün kanal boyunca birim uzunluktaki sürtünme kaybı aynı tutulur. Besleme, egzoz ve dönüş kanallarının boyutlandırılmasında kullanılabilir. Normal olarak yüksek basınçlı sistemlerin boyutlandırılmasında (750 Pa üzerinde) kullanılmaz. Bu yöntemde besleme kanallarında akış yönünde hız otomatik olarak giderek azalır. Böylece ses üretimi ihtimali de giderek azalır. Bu yöntemin başlıca dezavantajı çeşitli kanal kollarındaki basınç düşümlerinin eşitlenmesi yönünde hiçbir önlem gerektirmemesidir. Bu nedenle simetrik sistemler veya dallanmayan tek kanallar için uygundur [1].

Eş sürtünme yönteminde öncelikle birim kanal uzunluğu başına olan statik basınç kaybı yani özgül sürtünme kayıp değeri seçilir. Seçilen bu değer bütün kanal uzunluğu boyunca sabit tutulacak şekilde kanal boyutlandırılması yapılır. Seçilen bu sabit özgül sürtünme kayıp değeri tamamen hesap yapan kişinin tecrübesine kalmıştır. Bu değer büyük seçilmesi ilk yatırım maliyetlerini azaltırken, enerji maliyetlerini artırır. Dolayısıyla maliyet değerlerine bağlı olarak optimum değer ülkeden ülkeye ve zaman içinde değişmektedir [6].

Kanal sistemi için bir ön proje şeması çizilir ve sistem bölümlere ayrılır. Kanal sisteminde kesitin her değiştiği yerde veya her kol ayrılma ve birleşme noktasında yeni bir bölüm başlamalıdır. Hesap için her bir bölüme bir numara veya harf verilir. Kritik hat seçilir ve hesaba kritik hattan başlanır. Kritik hat ile kritik nokta arasındaki hava kanalı hattıdır. Kritik nokta fandan kanal hattı üzerinden ölçülmek üzere en uzaktaki, düşey olarak en yüksekteki ve en fazla hava debisine sahip çıkış açıklığı olarak tarif edilebilir. Ana besleme kanalını boyutlandırmak için sürtünme diyagramı kullanılarak gölgeli alan içinden olmak üzere hava kanallarında tavsiye edilen hızlar dikkate alınarak bir hız değeri seçilir. Belirlenen hız değeri ve hava debisi yardımıyla sürtünme diyagramından özgül sürtünme kaybı okunur. Alçak basınçlı kanal boyutlandırmalarında, genel olarak tavsiye edilen özgül sürtünme kaybı değeri 0,8-1,0 Pa/m mertebelerindedir. Ancak değişen uygulama tipine ve şartlara göre, daha küçük veya büyük değerlerde kullanılabilir. Özgül sürtünme kaybı değeri belirlendikten sonra sürtünme diyagramı yardımıyla numaralandırılan her bir bölüm için hız ve dairesel kanal çapları tespit edilir ve bütün bu değerler yardımıyla kanal boyutlandırma tablosu doldurulur. Eğer kanal sistemi dairesel kanallardan oluşuyorsa, kanal boyutlandırılması bitmiştir. Eğer dikdörtgen kesitli kanal kullanılacaksa, eşdeğer sürtünme ve kapasite için dikdörtgen kesitli kanallara eşdeğer dairesel kanallar yardımıyla bilinen dairesel kanal çaplarına eşdeğer dikdörtgen kanal kesiti bulunarak kanal boyutlandırma tablosunda uygun yerlere yazılır [6].

Kanal sistemi boyutlandırıldıktan sonra her bir bö-

lümdeki sürtünme ve dinamik basınç kayıpları hesaplanır. Hava kanallarındaki özel dirençler hava kanalları özel dirençleri için ξ değeri tespit edilerek, kanal boyutlandırma tablosunda uygun yerlere yazılır ve yerel direnç kayıpları hesaplanır. Bölümlerdeki kayıplar ve santral içi ve kanal hattında basınç düşümüne sebep olan aygıtlardaki(klima sistemindeki filtre, serpantin vb.) statik basınç kayıpları eklenerek gerekli fan basıncı bulunur. Gerekli hava debisi ve manometrik basma yüksekliği hesaplanan fan, ilgili kataloglardan seçilir. En büyük kayıpların olduğu kritik hat için seçilen fan, ilgili katalogdan seçilir. En büyük kayıpların olduğu kritik hat için seçilen fan, diğer hatların ihtiyacını karşılamakta zorlanmayacaktır [6].

Sürtünme diyagramında taralı bölge, pratik açıdan uygun hava hızlarını ve özgül sürtünme dirençlerini göstermektedir. Enerji masraflarının fazla ve kanal sistemlerinin montaj masraflarının az olması durumunda, küçük özgül dirençli tasarımların seçilmesi daha ekonomiktir. Buna karşılık, daha düşük enerji masrafının ve yüksek kanal sistem montaj masrafının olması durumlarında, büyük özgül dirençli tasarımların seçilmesi daha ekonomiktir. Boyutlandırmadan sonra, bütün kanal bölümleri için toplam basınç kaybı hesaplanır ve her bir birleşim noktasında basınç kaybını dengelemek için bölümler tekrar boyutlandırılır.

Küçük kanal sistemlerinde her hava çıkış ağzına veya terminal ünitesine kadar ölçülen toplam basınç düşümleri arasındaki fark 12 Pa değerinden fazla olmamalıdır. Aynı şekilde büyük sistemlerde her koldaki toplam basınç düşümleri arasındaki fark 12 Pa değerinden fazla olmamalıdır. Eğer basınç düşümleri arasındaki fark bundan fazla olursa damper kullanılması gerekir. Damperler ise ses yaratma potansiyeli taşıdıklarından, dikkatli olunması gereklidir [6].

Simetrik olmayan kanal sistemlerinin boyutlandırılmasında eş sürtünme yöntemi kullanılabilir; kısa ve uzun kolların bulunduğu sistemlerde damper kullanımını yerine, kısa kollardan daha büyük sürtünme kayıpları yaratılarak, sistemi dengelemek mümkündür. Bu amaçla, sistemde bazı kollarda daha büyük

özgül sürtünme kayıp değerleri kullanılabilir. Kanal sisteminin ne kadar iyi tasarlandığına bakılmaksızın, yine de gerekli yerlerde özellikle ana kollardan ayrılan kolların başlangıcında veya plenum (hava toplama kutusu) çıkışlarında ayar damperleri kullanılması tavsiye edilir [6].

Eş sürtünme kaybı metodu optimum maliyeti hedeflemez. Ara sıra sistem dengesi için damperler önemli olur. Basit hesabından dolayı, eş sürtünme kaybı metodu genellikle düşük basınçlı sistemlerde, yüksek hızdan kaynaklanan hava kökenli gürültünün problem olmadığı küçük kanal sistemlerinde kullanılır [7].

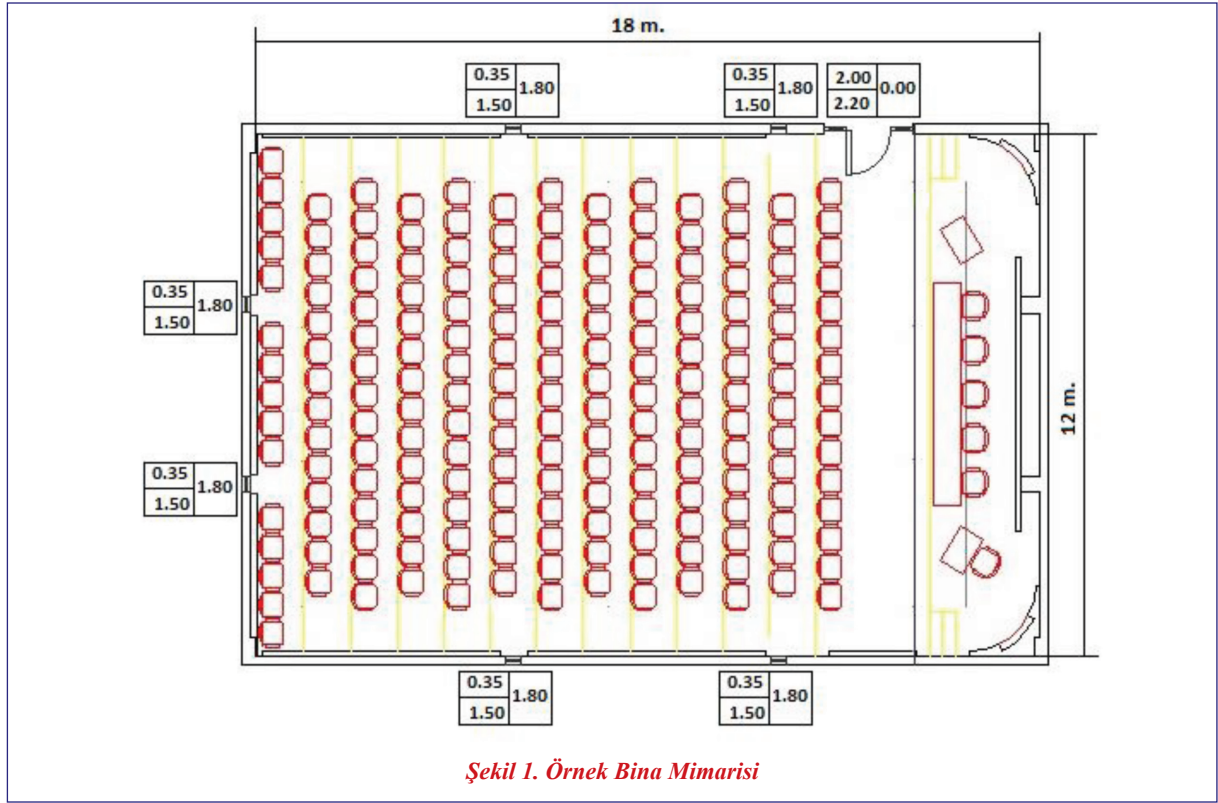
2.3. Eşit Hız Yöntemi (EHY)

Tecrübe ile optimum bir hız seçerek, bütün kanal sistemi boyunca bu hızı koruyacak şekilde boyutlandırma yapılabilir. Bu yöntem en çok yüksek basınçlı kanal sistemlerinde kullanılır. Bu kanal sistemlerinde havayı kullanım alanlarına dağıtmadan önce hızı ve sesi düşürmek üzere genişletilmiş terminal kutuları kullanılır. Eşit hız yönteminin kullanıldığı ikinci ana uygulama alanı ise endüstriyel toz toplama kanal boyutlandırılmasıdır. Tozların ve tekstil endüstrisinde olduğu gibi elyafın taşınabilmesi için belirli bir minimum hız değeri bulunmaktadır. Dolayısı ile bu tür endüstriyel egzoz kanallarında hız değeri söz konusu sınır değerinin altına düşmeyecek şekilde boyutlandırma yapılır [1, 6].

Sabit hız metodu küçük partiküllerin iletildiği endüstri uygulamalarında sıklıkla kullanılır. Bu yöntem, öncelikle çeşitli hava kanalı bölümlerinde partiküllerin havada uçmasına gereksinim duyulan hallerde tecrübeyle veya hesaplama elde edilen minimum hava hızını amaçlar. Belirlenmiş hava hızına dayanarak, kesit alanı ve bu sebeple kanalın ölçüleri hesaplanabilir ve standart ölçülere döndürülebilir [7].

3. BİLGİSAYAR DESTEKLİ İKLİMLENDİRME KANAL TASARIMI

İklimlendirme sistemlerinin kanal tasarımları uzun, karmaşık ve zaman alıcı işlemlerdir dolayısıyla paket programların kullanılması bu karmaşıklığı önleyecektir. Bu çalışmada, Fine-HVAC paket programı vasıtasıyla Şekil 1’de gösterilen örnek bir binanın ik-



Dosyalar Seçenekler Görünüm Hesap Föyü Pencereleler Kutüphaneler Yardım

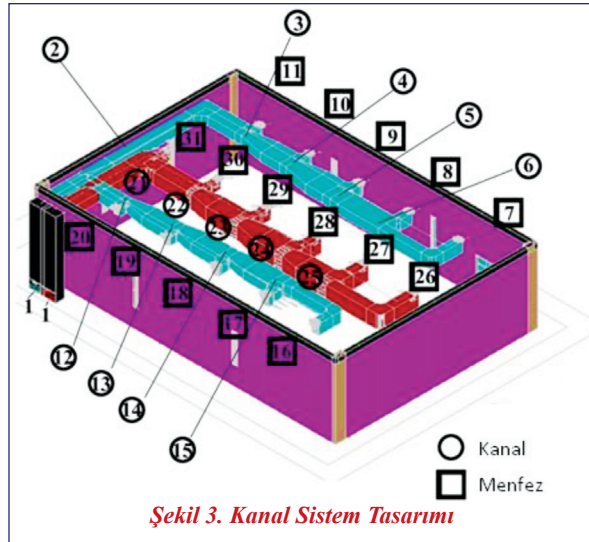
B / I U Arial 10 Tpk Bina Opsiyonları

Hesap Föyü

ZEMİN 1 KONFERAN

	Yüzey Tipi	Yön	Çıkış Alanı	K (W/m ² K)	Uzunluk (m)	Yükseklik veya Genişlik (m)	Yüzey Alanı (m ²)	Benzer Yüzey Ad.	Toplam Yüzey (m ²)	Çıkış Alanı (m ²)	Hesap Yüzeyi (m ²)	İçten Gölgeleme	İzduşum Gölgelemesi	Kull. Takd. Dış. Katı	
1	D1	G	0.64	11.80	4.50	53.10	1	53.10	8.32	44.78					
2	A5	G	C	3.02	0.35	1.80	0.63	1	0.63	0.63					
3	A5	G	C	3.02	0.35	1.80	0.63	1	0.63	0.63					
4	D7	G	C	0.65	11.80	0.30	3.54	1	3.54	3.54					
5	D1	G	C	0.64	0.42	4.20	1.76	1	1.76	1.76					
6	D1	G	C	0.64	0.42	4.20	1.76	1	1.76	1.76					
7	D1	D		0.64	17.80	4.50	80.10	1	80.10	7.52	72.58				
8	A5	D	C	3.02	0.35	1.80	0.63	1	0.63	0.63					
9	A5	D	C	3.02	0.35	1.80	0.63	1	0.63	0.63					
10	D7	D	C	0.65	17.80	0.30	5.34	1	5.34	5.34					
11	D1	D	C	0.64	0.11	4.20	0.46	1	0.46	0.46					
12	D1	D	C	0.64	0.11	4.20	0.46	1	0.46	0.46					
13	D1	K		0.64	11.80	4.50	53.10	1	53.10	6.98	46.12				
İnsanların Toplam Yüğü		19000													
İnsanların Duyulur Isı Yüğü		13000													
İnsanların Gizli Isı Yüğü		6000													
Çihazların Toplam Yüğü		1790													
Çihazların Duyulur Isı Yüğü		1340													
Çihazların Gizli Isı Yüğü		450													
Aydınlatma Yüğü		700													
Havalandırma Toplam Yüğü		16795													
Havalandırma Duyulur Isı Yüğü		10517													
Havalandırma Gizli Isı Yüğü		6279													
Sistem veya Zon		1													
Maksimum Mahal Değerleri															
Maksimum Duyulur Isı Yüğü		17347													
Maksimum Gizli Isı Yüğü		6450													
Maksimum Toplam Yüğü		23797													

Şekil 2. Örnek Bina İçin Soğutma Yüğü Sonuçları



limlendirme kanalları; eş sürtünme, eşit hız metodu ve statik geri kazanım yöntemlerine göre boyutlandırılmıştır.

Kanal boyutlandırılmasında ilk adım binanın ısı yüklerinin hesaplanmasıdır. Örnek bina bilgileri aşağıda verilmiştir.

İl : İzmir
 Bina : Konferans Salonu
 Kişi sayısı : 200 kişi
 Konfor şartları : İç sıcaklık 26 °C, $\phi = \%50$

Carrier soğutma yükü hesaplama yöntemine göre Fine-HVAC programında örnek bina için hesaplanan ısı kazanımları Şekil 2’de gösterilmiştir.

Fine-HVAC paket programında oluşturulan kanal sistemi tasarımı Şekil 3’de gösterilmiştir.

Kanal boyutlandırma için kullanılan 3 yöntemde de kanal uzunlukları ve hava debileri projelendirme aşamasında sabit olduğundan dolayı 3 yöntem içinde de bu değerler aynıdır. FineHVAC Programı ile gidiş ve dönüş hatları için hesaplanan kanal uzunlukları ve hava debileri Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1. Xss Sistemi Yapımında Kullanılan Boru Malzemeleri ve Özellikleri

Devre Parçası	Kanal Uzunluğu (m)	Hava Debisi (m ³ /h)
Gidiş hattı		
1-2	6.94	8858.0
2-3	9.83	4429.0
3-4	3.00	3543.0
4-5	3.00	2657.0
5-6	3.00	1771.0
6-7	3.71	885.7
6-8	0.71	885.7
5-9	0.71	885.7
4-10	0.71	885.7
3-11	0.71	885.7
2-12	2.48	4429.0
12-13	3.00	3543.0
13-14	3.00	2657.0
14-15	3.00	1771.0
15-16	3.59	885.7
15-17	0.59	885.7
14-18	0.59	885.7
13-19	0.59	885.7
12-20	0.59	885.7
Dönüş Hattı		
1-21	10.21	8856.0
21-22	3.02	7380.0
22-23	2.97	5904.0
23-24	3.02	4428.0
24-25	2.84	2952.0
25-26	4.06	1476.0
25-27	1.03	1476.0
24-28	1.03	1476.0
23-29	1.03	1476.0
22-30	1.03	1476.0
21-31	1.03	1476.0

Tablo 2’de her bir yöntem ile hesaplanan kanal boyutları, kanal içindeki hava hızları, toplam statik basınç değerleri verilmiştir. Tablo 2’de görüldüğü gibi eş sürtünme ve eşit hız yöntemleri ile hesaplanan kanal boyutları birbirine yakın değerlerde iken statik geri kazanım yöntemi ile hesaplanan kanal boyutları diğer iki yönteme göre oldukça yüksek değerlere sahiptir.

Tablo 2. FineHVAC Programında Her Bir Yöntem İle Hesaplanan Kanal Boyutları, Hava Hızları, Toplam Statik Basınç Değerleri

Devre Parça No	Kanal Geniřliđi x Yüksekliği (mmxmm)			Hava Hızı (m/sn)			Toplam Statik Basınç (mmSS)		
	ESY	EHY	SGKY	ESY	EHY	SGKY	ESY	EHY	SGKY
Gidiş hattı									
1-2	900x500	900x500	900x500	5.47	5.47	5.47	5,11	5,10	5,10
2-3	450x500	450x500	850x500	5.47	5.47	2.89	4,41	4,36	-
3-4	350x500	350x500	1100x500	5.62	5.62	1.79	2,96	2,97	-
4-5	300x500	250x500	1350x500	4.92	5.90	1.09	2,32	3,36	-
5-6	200x500	200x500	1100x500	4.92	4.92	0.89	2,32	2,40	-
6-7	200x300	200x250	450x600	4.10	4.92	0.91	1,22	1,72	0,32
6-8	200x300	200x250	450x600	4.10	4.92	0.91	0,87	1,14	0,31
5-9	200x300	200x250	450x600	4.10	4.92	0.91	0,87	1,14	0,30
4-10	200x300	200x250	350x450	4.10	4.92	1.56	0,87	1,14	0,33
3-11	200x300	200x250	350x500	4.10	4.92	1.41	0,87	1,14	-
2-12	450x500	450x500	700x500	5.47	5.47	3.52	2,75	2,74	0,15
12-13	350x500	350x500	900x500	5.62	5.62	2.19	2,96	2,97	-
13-14	300x500	250x500	1050x500	4.92	5.90	1.41	2,32	3,36	-
14-15	200x500	200x500	1100x500	4.92	4.92	0.89	2,32	2,40	-
15-16	200x300	200x250	450x600	4.10	4.92	0.91	1,21	1,71	0,32
15-17	200x300	200x250	450x600	4.10	4.92	0.91	0,86	1,12	0,31
14-18	200x300	200x250	400x550	4.10	4.92	1.12	0,86	1,12	0,29
13-19	200x300	200x250	300x450	4.10	4.92	1.82	0,86	1,12	0,32
12-20	200x300	200x250	300x400	4.10	4.92	0.00	0,86	1,12	0,29
Fan Statik Basıncı (mmSS)							36,82	42,13	8,04
Dönüş Hattı									
1-21	900x500	900x500	900x500	5.47	5.47	5.47	6.37	6.36	6.36
21-22	750x500	750x500	900x700	5.47	5.47	3.25	2.73	2.73	-
22-23	600x500	600x500	1050x800	5.47	5.47	1.95	2.75	2.74	-
23-24	450x500	450x500	1200x800	5.47	5.47	1.28	2.80	2.78	-
24-25	300x500	300x500	1100x800	5.47	5.47	5.47	2.80	2.83	2.56
25-26	350x250	250x300	550x800	4.69	5.47	0.93	1.74	2.26	0.62
25-27	350x250	250x300	550x800	4.69	5.47	0.93	1.35	1.65	0.61
24-28	350x250	250x300	500x800	4.69	5.47	1.02	1.35	1.65	0.60
23-29	350x250	250x300	400x600	4.69	5.47	1.71	1.35	1.65	0.64
22-30	350x250	250x300	300x500	4.69	5.47	2.73	1.35	1.65	0.68
21-31	350x250	250x300	300x450	4.69	5.47	3.04	1.35	1.65	-
Fan Statik Basıncı (mmSS)							25,94	27,95	12,07

Ayrıca, Tablo 2’de, eş sürtünme ve eşit hız yöntemleri ile hesaplanan kanal içindeki hava hızlarının hava debisi ile küçük miktarlarda değiştiği ve bu iki yöntemde hava hızlarının birbirine yakın değerlerde olduğu görölmektedir. Ancak, statik geri kazanım yöntemi ile hesaplanan hava hızlarının diğer iki yöntemde göre oldukça düşük değerlerde olduğu ve kanal devre parçası hava debisi ile orantılı olarak azaldığı görölmektedir.

Yine Tablo 2’de, eş sürtünme ve eşit hız yöntemleri ile hesaplanan kanal devre parçalarının toplam statik basınçları kanal devre parçası hava debisi ile orantılı olarak azalırken statik geri kazanım yönteminde neredeyse sabit kaldığı ve diğer iki yöntemde göre oldukça küçük değerde olduğu görölmektedir.

Örnek bina iklimlendirme sisteminin gidiş hattı fan statik basıncı eş sürtünme, eşit hız ve statik geri ka-

zanım yöntemleri için sırasıyla 36,82, 42,13 ve 8,04 mmSS olarak hesaplanır. Dönüş hattı fan statik basınçları ise bu yöntemler için sırasıyla 25,94, 27,95 ve 12,07 mmSS olarak hesaplanır.

Tablo 3'te her bir yöntemle göre hesaplanan malzeme miktarları ve sistemin toplam maliyetleri verilmektedir. Tablo 3'te görüldüğü gibi, örnek binanın kanal sisteminin kurulumunda eş sürtünme, eşit hız ve statik geri kazanım yöntemlerine göre sırasıyla 191,79, 188,19 ve 296.45 m² çeşitli kalınlıklarda çelik saca ihtiyaç duyulmaktadır. Yine Tablo 3'te örnek binanın hava kanalı malzemeleri, menfezler ve fan bedellerini içeren toplam sistem maliyeti eş sürtünme, eşit hız ve statik geri kazanım yöntemlerine göre sırasıyla 32,238,74, 31,559,56 ve 53,699,05 TL olduğu görülmektedir. Sonuç olarak, en yüksek sistem maliyetinin statik geri kazanım yöntemi ile tasarlanan sistemde olduğu anlaşılmaktadır. Sistem maliyetinin en yüksek statik geri kazanım yönteminde çıkması, bu yöntemde diğer yöntemlere göre daha büyük kanal boyutlarının hesaplanması, buna bağlı olarak kanal yapımında daha kalın ve daha fazla çelik saca ihtiyaç duyulması ve kalın çelik sac fiyatlarının daha pahalı olmasından kaynaklanmaktadır.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, iklimlendirme sistemlerinin kanal tasarımlarının yapılmasında yaygın olarak kullanılan eş sürtünme, eşit hız ve statik geri kazanım yöntemlerine göre örnek bir binanın iklimlendirme kanalları FineHVAC programı ile boyutlandırılmış ve ekonomik açıdan değerlendirilmiştir. Bu üç yöntem ile yapılan analizlerde ulaşılan bulgular aşağıdaki gibidir;

- Üç yöntemde de kanal devre parçası uzunlukları ve bu kanal devre parçalarından geçen hava debileri sabit alınır.
- Statik geri kazanım yönteminde kanal boyutları diğer iki yöntemle göre daha büyük bulunur.
- Eş sürtünme ve eşit hız yöntemleri ile tasarlanan kanallar içinde hava hızı neredeyse birbirine eşit ve sabit hızlarda bulunurken statik geri kazanım yöntemi ile tasarlanan kanallar içindeki hava hızları kanal devre parçalarındaki hava debisi ile orantılı olarak azalmaktadır.
- Eş sürtünme ve eşit hız yöntemleri ile hesaplanan kanal devre parçalarının toplam statik basınçları kanal devre parçası hava debisi ile orantılı olarak azalırken statik geri kazanım yönteminde neredeyse sabit ve diğer iki yöntemle göre oldukça küçük değere sabittir.

Tablo 3. Örnek Binanın İklimlendirme Kanal Sistemi İçin Her Bir Yöntemle Hesaplanan Malzeme Miktarları ve Tutarları

Malzeme Cinsi	Birim Fiyat* (TL)	Malzeme Miktarı			Malzeme Tutarı (TL)		
		ESY	EHY	SGKY	ESY	EHY	SGKY
HAVA KANALI MALZEMELERİ							
Çelik 0.50	143,00	-	14.63	-	-	2091,37	-
Çelik 0.60	152,00	111.05	92.82	-	16879,58	14109,04	-
Çelik 0.65	158,50	-	-	9.42	-	-	1493,25
Çelik 0.75	170,50	80.74	80.74	179.05	13765,35	13765,35	30527,85
Çelik 0.90	186,00	-	-	107.98	-	-	20084,15
MENFEZLER							
4Y-Kare An 455x455	44,40	10	10	10	444,00	444,00	444,00
Kare Topla 305x305	29,30	6	6	6	175,80	175,80	175,80
FAN							
Fan Ünitesi UATS-600 Aksiyal Fan	974,00	1	1	1	974,00	974,00	974,00
Toplam Sistem Maliyeti					32238,74	31559,56	53699,05

*Birim fiyatlar T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı 2014 yılı İnşaat ve Tesisat Birim Fiyatları listesinden alınmıştır.

- Gidiş hattı fan statik basıncı eş sürtünme, eşit hız ve statik geri kazanım yöntemleri için sırasıyla 36,82, 42,13 ve 8,04 mmSS olarak hesaplanır. Dönüş hattı fan statik basınçları ise bu yöntemler için sırasıyla 25,94, 27,95 ve 12,07 mmSS olarak hesaplanır.
- Eş sürtünme ve eşit hız yöntemlerinde kanal sistemi yapımı için neredeyse eşit miktarlarda çelik saca ihtiyaç duyulurken statik geri kazanım yönteminde diğer iki yönetime göre yaklaşık 1.5 kat daha fazla çelik saca ihtiyaç duyulur.
- Eş sürtünme ve eşit hız yöntemlerinde örnek binanın toplam sistem maliyeti neredeyse eşit miktarlarda olmasına rağmen statik geri kazanım yönteminin toplam sistem maliyeti diğer iki yönetime göre 1,7 kat daha fazladır.

Sonuç olarak; ekonomik açıdan, statik geri kazanım yöntemi ile tasarlanan iklimlendirme sistemleri eş sürtünme veya eşit hız yöntemlerine göre tasarlananlardan çok daha yüksek maliyetlere sahip olmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] Isısan Çalışmaları, “Klima Tesisatı” Isısan Yayınları, 2001.
- [2] Wyon, D. P., “Healthy Buildings And Their Impact On Productivity”, Proceedings of Indoor Air, 3-13,1993.
- [3] Çimen, F., “Hava Kanalları” Türk Tesisat Mühendisleri Derneği Dergisi, Temel Bilgiler, Tasarım ve Uygulama Eki, sayı:1 Mart-Nisan 2003.
- [4] Gürel, A. E., Ketrez M., “Havalandırma Sistemlerinde Kanal Çapları ve Basınç Kayıplarına İlişkin Hesapların Bilgisayar Programı İle Yapılması” Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi, 7: 83-90, 2010.
- [5] <http://nptel.ac.in/courses/112105129/pdf/r&AC%20Lecture%2038.pdf> (erişim: 05.01.2015).
- [6] Yamankaradeniz, R., Horuz, İ., Coşkun, S., Kaynaklı, Ö., Yamankaradeniz, N., “İklimlendirme Esasları ve Uygulamaları”, Dora Yayıncılık, 2. Baskı, 2012.
- [7] Wang, S. K.,”Handbook of Air Conditioning and Refrigeration”, McGraw-Hill, Second Ed., 2000.