

DEĞİŞKEN SOĞUTKAN DEBİLİ KLİMA SİSTEMİNİN (VRF), İKİ KATLI BİR BİNA ÜZERİNDE UYGULANMASI VE SPLIT KLİMA SİSTEMİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI

Mustafa EYRİBOYUN

ÖZET

Değişken soğutkan debili klima sistemleri (VRF), yüksek kuruluş maliyetlerine karşın, düşük işletme maliyetleri nedeniyle son yıllarda daha çok tercih edilmeye başlanmıştır. Bu çalışmada, değişik amaçlı odalar içeren iki katlı bir ofis binasının, günün değişik saatlerindeki (10:00, 12:00, 14:00 ve 16:00) soğutma yüklerine göre binaya VRF klima sistemi uygulanmıştır. Bu kapsamda, her mahal için iç üniteler ve bunların bağlanacağı dış ünite seçilmiş, gerekli borulama işlemleri de yapılarak proje tamamlanmıştır. Sonra aynı binaya split klima sistemi uygulanması halinde iç ve dış ünite güçlerinin ne olacağı bulunmuştur. Her iki sistem karşılaştırıldığında; maksimum soğutma yükünün, değişik mahaller için, değişik saatlerde gerçekleştiği bu binada, VRF sisteminin enerji sarfiyatı bakımından daha avantajlı olduğu ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: VRF Klima, Split Klima, Klima sistemlerinin karşılaştırılması.

1. GİRİŞ

Son yıllarda “sürdürülebilir kalkınma”, “sürdürülebilir enerji”, “sürdürülebilir çevre” gibi kavramlar sıkça kullanılmaya başlandı. Bu kavramların ortaya çıkmış olması, “kalkınma, enerji, çevre vs. gibi konularda bir tıkanmanın eşğine mi gelindi” sorusunu gündeme getirmektedir. Sanayi devrimi sonrasında önce yavaş, sonra hızlı, son yarım yüzyıllık dönemde ise çığınca artan tüketim, körüklenen satın alma duygusu, bir yanda doğal kaynakların hızla tükenmesine, öte yanda çöp dağları oluşmasına neden olmuştur. Petrol, doğal gaz ve kömür gibi fosil yakıt kaynaklarının çok da uzak olmayan bir gelecekte tükeneceği bilgisi insanları her alanda yeni arayışlara yöneltmiştir.

“Sürdürülebilir ...” diye başlayan her kavramın bir şekilde enerji ile bağlantısı bulunmaktadır. Dolayısıyla yeryüzünde canlı yaşamın “sürdürülebilir!” olması her şeyden önce enerjiye bakış açısı ile ilgili olmalıdır. Nitekim bu bakış açısı her türlü araç-gereç ve cihaz ile binaların enerji etkin tasarlanması sonucunu doğurmuştur.

Son yıllarda en çok konuşulan bir başka konu ise küresel iklim değişikliğidir. 2007 Yazının, ülkemizde, ortalamaların üstünde sıcak ve kurak geçmesi, küresel iklim değişimi ve küresel ısınma kavramlarının kamuoyunca da tartışılmasını sağlamıştır.

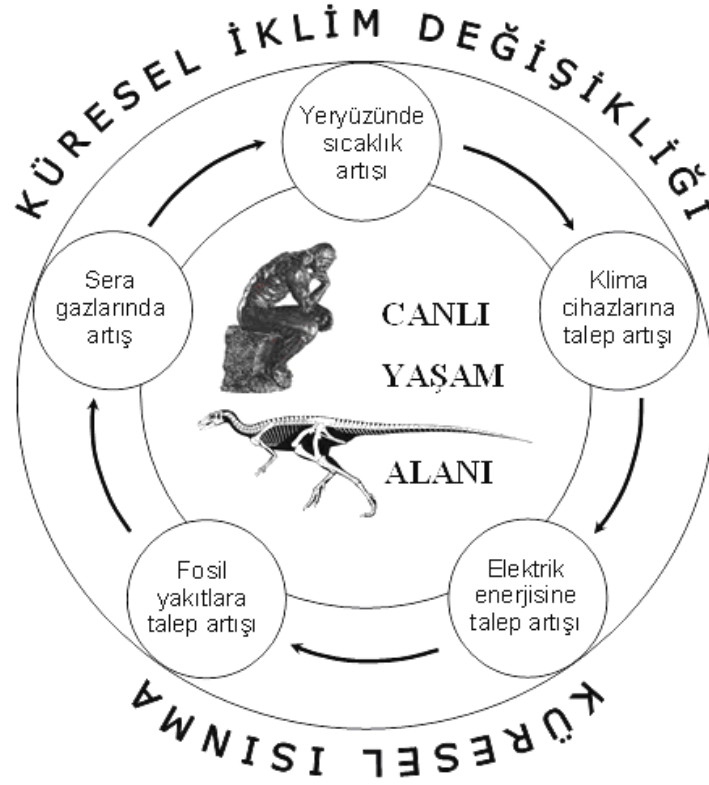
Sürdürülebilir çevre ve küresel ısınma birbirini olumsuz olarak besleyen olgulardır. Küresel ısınmanın sonucu olarak yeryüzünde ortalama sıcaklık artmaktadır. Özellikle nüfusun yoğun olduğu, yüzey dokusunun bitkiden, betona doğru değiştiği kalabalık kentlerin bulunduğu coğrafyalarda sıcaklık artışları iyice hissedilir olmuştur. Bunun sonucu bir kısır döngü ortaya çıkmaktadır (Şekil 1). Şekil 1’den takip edilebileceği gibi,

- Küresel ısınma nedeniyle sıcaklık artmakta,
- Sıcaklık artışları, klima cihazlarına talebi artırmakta,
- Klima cihazlarının artışı, elektrik enerjisine talebi artırmakta,
- Elektrik enerjisine talebin artması daha çok fosil yakıt tüketilmesine yol açmakta,
- Daha çok fosil yakıt tüketilmesi, atmosfere daha çok sera gazı salınmasına yol açmakta,

- Daha çok sera gazı da küresel ısınmanın hızlanmasına yol açmaktadır.
- Bu kısır döngü ise canlı yaşam alanını tehdit etmektedir.

Şekil 1’de en dıştaki daire dünyayı, içteki büyük daire canlı yaşam alanını ifade etmektedir. İki daire arasında kalan beş küçük daire canlı yaşamını tehdit eden kısır döngüdeki bileşenleri temsil etmektedir. Dünyanın alanını dışa doğru büyütme mümkün olmadığından; kısır döngünün hangi bileşeninde olursa olsun bir büyüme, canlı yaşam alanı üzerine baskı uygulamakta ve onu küçültmektedir.

Eğer sürdürülebilir kalkınmayı, sürdürülebilir enerjiyi, sürdürülebilir çevreyi gerçekleştiremezsek “düşünen adamı” (insanlığı) bekleyen sonuç dinazorlarınkinden farklı olmayacaktır.



Şekil 1. Canlı Yaşam Alanını baskılayan, yaşamı tehdit eden kısır döngü.

Makine Mühendisleri Odası’nın düzenlemiş olduğu Kongreler, bir konunun yalnız teknik boyutlarıyla ele alındığı sempozyumlardan farklı olarak kısa ve uzun vadeli sosyal boyutlarının da tartışıldığı, ilgili politikaların üretilmesine katkı sağlandığı platformlar olarak düşünüldüğünden böyle bir giriş yapılmıştır.

İnsanların gelir düzeyi yükseldikçe konfor harcamaları da artmaktadır. Örneğin Türkiye’de 50 Yıl önce otomobil, 25 yıl önce klima lüks tüketim aracıydı. Bugün, klimalı otomobillerin her evin ihtiyacı olduğu düşünülüyor. Aynı şekilde daha yakın geçmişte ancak beş yıldızlı otellerde klima bulunurken bugün ev pansiyonlarında, hemen her bakkalda ve pek çok konutta klima cihazı bulunmaktadır. Dolayısıyla klima cihazlarının üretim ve tüketim aşamalarında enerjinin etkin kullanımı önem kazanmıştır. Bunun için tesisat tasarım projelerinin alternatifli olarak hazırlanması, tesis ve işletme masraflarının birlikte ele alındığı en uygun çözümlerin bulunması ve tüketiciye sunulması önemlidir. Özellikle tükettiği enerjinin %73’ünü ithal eden Türkiye için [5] bu durum daha da önem taşımaktadır.

Bu çalışmada iki katlı bir ofis binasında kurulması planlanan klima tesisatının seçimi konusunda örnek çalışma oluşturmak istenmiştir. Bu amaçla aynı bina için soğutkan debisinin değişken olduğu bir sistem ile (VRF= Variable Refrigerant Flow) ile split sistem ayrı ayrı ele alınmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Türkiye’de bu alanda, yüksek lisans tezi ve bildiri düzeyinde yayınlanmış çalışmalar bulunmaktadır. Aktüccar, çalışmasında VRF sistemlerini detaylı olarak tanıtmış [1], Eyriboyun VRF sistemini detaylı tanıtmış ve bir örnek üzerinde, sistem seçimi hesaplarının nasıl yapılacağını göstermiştir [3].

Develi, “Kanal Tipi Split Klima Sistemleri ile VRV Sistemlerinin Karşılaştırılması ve Optimum Çalışma Şartlarının Belirlenmesi” adlı tezinde her iki sistemin İstanbul, İzmir ve Antalya illeri için yatırım ve işletme maliyeti analizini yapmış olup VRF sisteminin İzmir ve Antalya illeri için kanallı sisteme göre %20-25, İstanbul için %37 daha pahalı olduğunu bulmuştur. Ancak bu pahalı oluştta yatırım maliyetinin yüksekliğini vurgulayan Develi, çalışmasında, Ege ve Akdeniz kıyıları için VRF sisteminin elektrik sarfiyatında %28’e varan kazanç sağladığını ortaya koymuştur [4].

Siyahhan, çalışmasında VRF ile VAV, fan-coil ve split sistemlerini genel olarak karşılaştırmıştır [6]. Etem, Fan-coil sistemi ile VRF sistemini karşılaştırmış ve fan-coil sisteminin kuruluş maliyetinin daha düşük olduğunu ancak her yıl yakıt ve elektrik sarfiyatının daha yüksek olduğunu tespit etmiştir. Aynı çalışmada, her iki sistemin maliyet analizi de yapılmış ve VRF sisteminin hem yatırım hem işletme maliyetinin fan-coil sisteminden daha yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır [2].

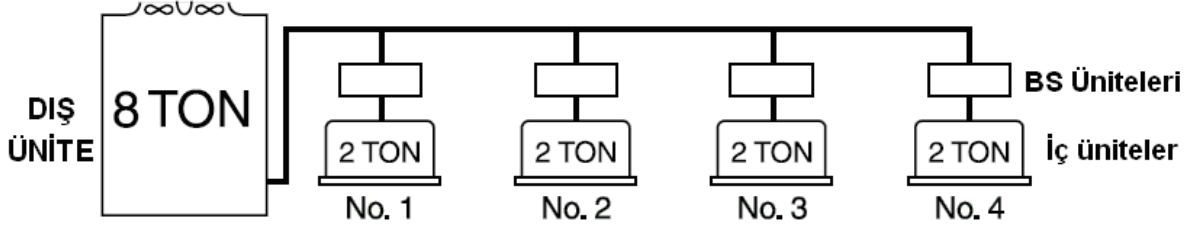
VRF sisteminin split ve merkezi sistemlerle karşılaştırıldığı bir başka çalışmada da Şahin tarafından yapılmıştır [7]. Şahin bu çalışmasında, ilk yatırım ve işletme masrafları dikkate alındığında VRF sisteminin, başlangıçta, merkezi fan-coil sistemine göre daha pahalı olduğunu ancak 4-5 yıl içinde ondan daha ekonomik hale geçtiğini ancak split sistemin ise her iki sisteme göre her zaman daha düşük maliyetli olduğunu tespit etmiştir.

Yukarıda anılan yayınlarda VRF sisteminin split sistemlere göre ilk yatırım maliyetlerinin daha yüksek olduğu vurgulanmıştır. Buna karşın VRF’nin tercih edilmesini sağlayan üstünlükleri de bulunmaktadır. Bunların başında az sayıda dış ünite içermesi, yüksek binalarda dahi kolayca kurulup çalıştırılabilmesi, bina yönetim sistemlerine uyumlu olması yanında asıl önemlisi ısı geri kazanımlı sistemler kullanılmasıyla önemli oranda enerji tasarrufu sağlamasıdır. VRF sisteminin genel tanıtımı mevcut yayınlarda yeterince işlendiğinden burada ayrıca anlatılmayacaktır. Ancak bir binada aynı anda hem ısıtma hem soğutma yapılmasına imkân tanıyan “Isı Geri Kazanımlı VRF Sistemi”nin çalışması anlatılacaktır.

2. ISI GERİ KAZANIMLI VRF KLİMA SİSTEMİNİN ÇALIŞMASI

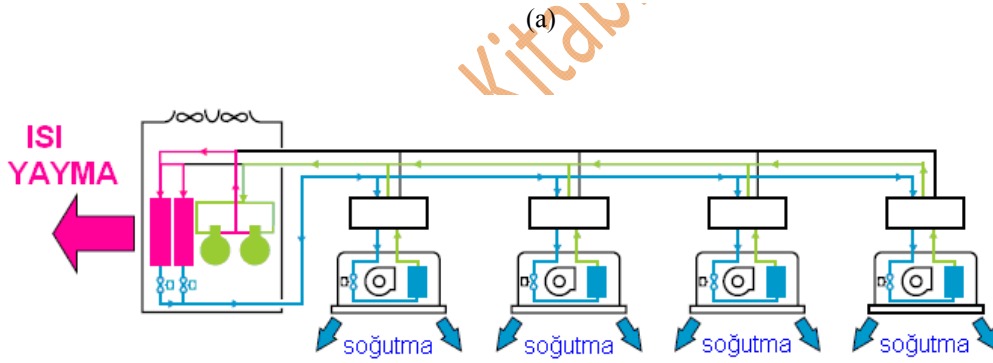
Özellikle yazdan sonbahara; ilkbahardan yaza geçiş dönemlerinde bir binanın farklı cephelerinde farklı iç koşullar oluşabilir. Örneğin, ilkbahardan yaza geçiş döneminde bir binanın güneye bakan cephesinde (Kuzey yarıküre esas alınarak) serinletme, kuzeye bakan cephesinde ısıtma gereksinimi olabilir. Bunu Isı Geri Kazanımlı VRF (Heat Recovery-VRF) dışında 4 borulu, su kaynaklı ısı pompaları ve VAV gibi sistemler ile gerçekleştirmek mümkündür. Burada Isı Geri Kazanımlı VRF sistemi Şekil 2 yardımıyla anlatılacaktır.

Şekil 2-a’da 8 ton soğutma kapasiteli bir dış ünite ve buna bağlanmış her biri 2 ton soğutma gücüne sahip iç ünitelerden oluşan bir Isı Geri Kazanımlı VRF sistemi ile değişik İşletme durumları için kompresör güç oranını gösteren tablo görülmektedir. Tablodaki A, B, C, D, E İşletme durumlarının ne anlama geldiği Şekil 2-b’de şekil altlarında yazılmış olup aşağıda açıklanacaktır.

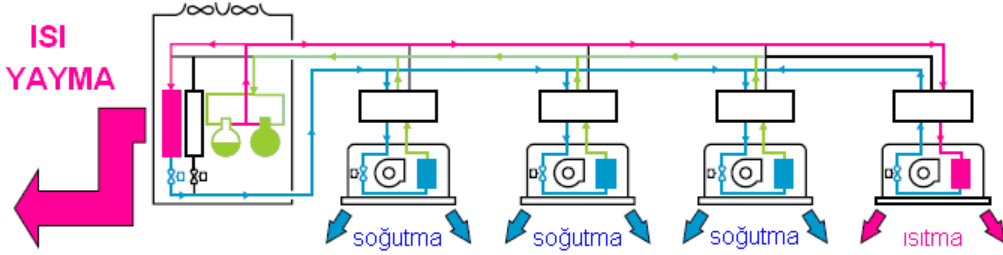


Isı Geri Kazanım İşletme Durumu	Toplam yük			Dış ünitenin giriş gücüne oranı		
	Soğutma yükü	Isıtma yükü	Ünite yükü	Dış havaya atılan ısı	Dış havadan soğurulan ısı	Kompresör güç oranı (%)
A	8	—	8	8	—	100
B	6	2	8	4	—	48
C	4	4	8	—	—	47
D	2	6	8	—	4	72
E	—	8	8	—	8	89

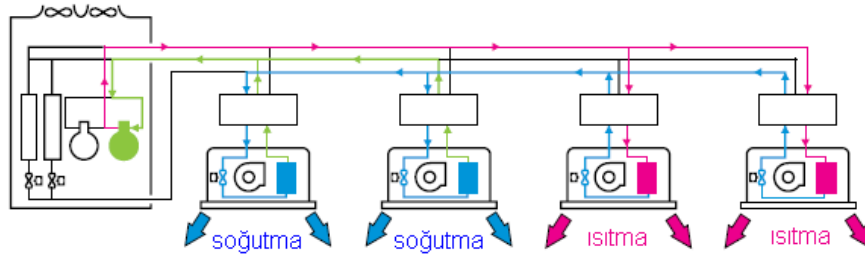
*: Yüklere ve ısılar TON olarak verilmiştir



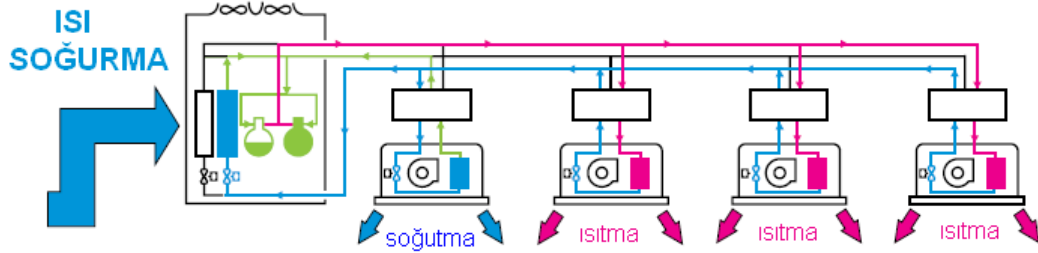
İşletme A: Isı yayımı (Bütün iç üniteler soğutma yapıyor).



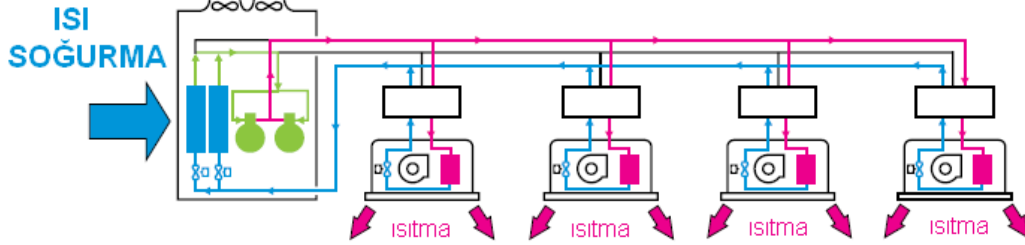
İşletme B: Isı yayma eğilimli ısı geri kazanımı (Çoğunlukla soğutma kısmen ısıtma yapıyor).



İşletme C: Isı geri kazanımı (Soğutma ve ısıtma).



İşletme D: Isı soğurma eğilimli ısı geri kazanımı (Çoğunlukla ısıtma kısmen soğutma yapılıyor).



İşletme E: Isı soğurma (Bütün iç üniteler ısıtma yapıyor).

(b)

Şekil 2. Isı Geri Kazanımı ile enerji tasarrufu. (a) Sistemin ana elemanları ve yük dağılımları tablosu, (b) Odalardaki konfor taleplerine göre işletme durumları. (Şekil, [8]'den alınmıştır.)

Şekil 2'de **İşletme A**, bütün odalarda soğutma gereksinimi olduğu durumdur. Sistem, yalnız soğutma konumunda çalışan bir klima cihazı gibi çalışır. Her odadan ısı çekilmekte ve dış ortama atılmaktadır. Dış ünite içindeki ısı değiştiricilerinin ikisi de yoğuşturucu olarak çalışmaktadır. Bu durumda ısı geri kazanımı ile enerji tasarrufundan bahsedilemez.

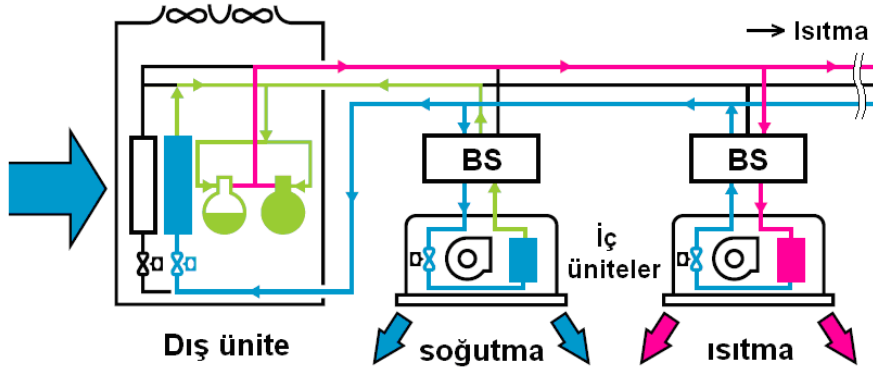
İşletme B halinde üç odada soğutma, bir odada ısıtma gereksinimi vardır (Oda sayıları semboliktir). Bu durum yaz - sonbahar ara döneminde ortaya çıkabilen bir durumdur. Soğutulan odalardan çekilen ısının bir kısmı BS (Branch Selector - Branşman Seçici) ünitesi aracılığıyla ısıtma ihtiyacı olan odaya, ihtiyaç fazlası ise dış ortama verilir. Isıtma için gerekli enerji soğutulan ortamlardan çekildiği ve kompresör dışında ilave bir enerji harcanmasına gerek olmadığı için "ısı geri kazanımı" olmaktadır. Dış ünite içindeki iki ısı değiştiricisinden biri yoğuşturucu olarak çalışmakta diğeri ise boştaadır.

İşletme C: Soğutma yükü ile ısıtma yükünün birbirine denk olduğu durumdur. Bir taraftan çekilen ısı dış ortama atılmak yerine ısıtma yapılacak yere yönlendirilir. Soğutulan odalardaki iç ünitelerin ısı değiştiricisi buharlaştırıcı olarak çalışmakta, burada buharlaşan soğutkan, ısıtılan odalarda bulunan iç ünitelerdeki ısı değiştiricisinde yoğuşturulmaktadır. Şekil 2-a'daki tablodan görülebileceği gibi dış ünitenin giriş gücüne oranı %47 olarak ısı geri kazanımının en yüksek olduğu durumdur. Burada dış ünite içindeki ısı değiştiricilerine iş düşmemektedir.

İşletme D: Isı soğurma eğilimli ısı geri kazanımında, ısıtma için gerekli enerji ihtiyacı, soğutulan ortamdan çekilen ısı miktarından daha yüksektir. Bu durumda soğutulan ortamdan çekilen ısının tamamı ve dış ortamdan çekilen ısı, ısıtma için gerekli yerlere gönderilir. Oransal olarak düşük miktarda bile olsa ısı geri kazanımı vardır.

İşletme E: Isı soğurmalı işletme durumu; sistemin tamamen ısı pompası olarak çalıştığı hali ifade etmektedir. Dolayısı ile dış ünite ısı değiştiricileri buharlaştırıcı, iç ünitelerdekiler ise yoğuşturucu olarak çalışmaktadır. Burada ısı geri kazanımından bahsedilemez. Dış ünitenin giriş gücüne oranının %89 olarak görünmesi, ısı geri kazanımından değil, kompresör kapasitelerinin soğutma yükü esas alınarak tespit edilmiş olmasından dolayıdır.

BS Ünitesi (Branch Selector - Branşman Seçici): Bu ünitenin çalışması dış ünite içindeki bilgisayar kartına (PC Board) yüklenmiş özel bir yazılım ile yönetilmektedir. Şekil 2'deki "İşletme D" hali esas alınarak sistemin çalışması şu şekilde açıklanabilir (Şekil 3): Soğutma yapan iç ünite içindeki ısı değiştiricisi buharlaştırıcı olduğundan buraya BS ünitesinden sıvı soğutkan gönderilir (mavi hat). Soğutkan kısımla vanasından geçerek basıncı ve dolayısıyla buharlaşma sıcaklığı düşürülür. İçeriden ısı çekerek gaz fazına geçen soğutkan iç üniteye çıkarak BS ünitesine gelir. Burada bir kısmı kompresöre bir kısmı da ısıtma yapan iç üniteye yönlendirilir. Benzer şekilde ısıtma yapan iç üniteye gaz fazında giren soğutkan buradan yoğuşmuş olarak çıkar ve BS ünitesine girer. BS ünitesinden çıkan sıvının bir miktarı soğutma yapan üniteye, kalanı dış ünite içindeki buharlaştırıcıya gider. Soğutucu akışkanın kompresörden geçmesi gereken en az miktarı ile iç ünitelerden geçmesi gereken miktarlar, odalarda ve dış ortamda bulunan sıcaklık algılayıcılarından gelen bilgi değerlendirilerek bilgisayar kartına yüklenmiş yazılım ile belirlenir.



Şekil 3. BS Ünitesi (Branch Selector - Branşman Seçici) çalışma şekli.

3. BİNA TANITIMI ve KLİMA UYGULAMALARI

Bu çalışma kapsamında iki katlı, küçük bir ofis binası ele alınmıştır. Binanın zemin katında toplantı odası, yemekhane ve soyunma odası, üst katında ofis, bilgisayar odası, erkek soyunma odası, kadın soyunma odası, toplantı odası, dizayn odası ve yönetici odası bulunmaktadır (Şekil 4 ve Şekil 5). Klima edilmeyen odalar burada sayılmamıştır. Çalışmada, binaya VRF ve split klima sistemleri ayrı ayrı uygulanarak kurulu güçler arasında fark olup olmadığı görülmeye çalışılmıştır. Gereğinden büyük kurulu güç, enerjinin etkin kullanılmadığının bir göstergesidir.

Binaların ısıtma veya soğutma yükleri günün saatlerine göre değişiklik göstermektedir. Dolayısıyla bina içindeki herhangi bir mahal için de benzer durum söz konusudur. Bunun nedenlerinden biri güneş ışınımının gün boyu değişmesi, diğeri de odaların kullanım amacına bağlı olarak, içindeki insan sayısının gün boyunca değişiklik göstermesidir. Ele alınan bina için ısı kazançları saat 10:00, 12:00, 14:00 ve 16:00 için hesaplanmış gerçek değerlerdir. Klima edilen ortamlar ve bunlara ait ısı kazanç ve kayıp değerleri [9]'dan alınmış ve Tablo 1'de topluca verilmiştir. Tablo 1'de koyu yazılan değerler o mekânın en büyük ısı kazancını göstermektedir. Bu değerler aynı zamanda iç ünitelerin minimum kapasiteleri demektir. Binaya ister VRF, ister split klima sistemi uygulansın iç üniteler ilgili firma kataloglarından bu koyu yazılmış değerlerden küçük olmayacak şekilde seçilmelidir. VRF sisteminde dış üniteler, ısı kazancının en yüksek olduğu saatteki soğutma yükü esas alınarak seçilebilir ancak her saat için iç ünitelere güç dağılımının yeterli olup olmayacağını kontrol edilmesi gerekir. Split cihazlarda ise her iç ünite yine benzer şekilde o mahalın en yüksek ısı kazancı esas alınarak seçilir. Ancak VRF'nin tersine, split sistemde her iç üniteyi bir dış ünite besleyeceğinden dolayı dış üniteler de en yüksek soğutma yükleri esas alınarak seçilmek zorundadır. Burada önce VRF, sonra split sistem iç ve dış üniteler seçilecektir.

Tablo 1. Isı kazançları ve kayıpları tablosu [9].

KAT	ODALAR	NO	ISI KAZANCI (Saatlere göre) (kcal/h)				ISI KAYBI (kcal/h)
			10:00	12:00	14:00	16:00	
ZEMİN KAT	SOYUNMA ODASI	Z01	4060	4130	4245	4525	2783
	YEMEKHANE	Z02	5547	4620	4312	4229	3595
	TOPLANTI ODASI	Z03	12959	10285	9299	8850	7700
	KAT TOPLAMI		22566	19035	17856	17604	14078
1. KAT	OFİS	101	8996	10584	13278	19489	10591
	BİLGİSAYAR ODASI	102	2700	3066	4221	7383	2892
	SOYUNMA (E) ODASI	103	1652	1741	1782	1762	1351
	SOYUNMA (B) ODASI	104	1248	1308	1306	1280	957
	TOPLANTI ODASI	105	3290	2129	1885	1829	1836
	DİZAYN ODASI	106	3194	2267	1968	1898	2190
	YÖNETİCİ ODASI	107	5747	4728	4254	3524	3807
	KAT TOPLAMI		26827	25823	28694	37165	23624

Dizayn koşulları: Kış: 0 °C (R) , Yaz: Dış = 33 °C Kuru Termometre, İç = 27 °C KT, 20 °C Yaş Termometre

3.1 VRF İç ve Dış Ünitelerinin Seçilmesi

VRF Sistemleri projelendirme esasları [3]'te detaylı olarak verilmiştir. Burada yalnız zorunlu açıklamalar yapılacaktır. Seçim yaparken klima edilecek mahallere hangi tip ve kaçar tane iç ünite yerleştirileceği düşünülmelidir. Burada, ünite seçimlerinin yapıldığı firmanın kataloglarında kullanılan birimlere uygun olması bakımından MKS ve SI birimleri birlikte kullanılmıştır. Birinci kattaki odalar iki gruba ayrılarak her gruba bir dış ünite seçilmiştir. Sistem kapasite indeksleri ve bunlara karşılık dış ünite kapasite oranlarını veren tablolar [10]'dan okunmuştur. Günün saatine bakılmaksızın, en yüksek ısı kazancı değerlerine göre yapılan seçim işlemine ait detaylar Tablo 2, 3 ve 4'te verilmiştir. Saatlik değerlere göre yapılan hesap sonucu ise Tablo 5'te özet olarak sunulmaktadır.

Tablo 2. Gün boyu en yüksek ısı kazançlarına göre zemin kat iç ünite sayıları ve soğutma kapasiteleri.

Zemin Kat		Isı Kazancı kcal/h	Seçilen İç Ünite Kapasitesi		İç ünite Kapasite Toplamı	Kapasite İndeksi	Dış Ünitelerden Aldığı Pay	
NO	MAHAL ADI		kcal/h	kW			kW	Sonuç
Z01	SOYUNMA ODASI	4525	5000	5,81	5000	50	5,95	Uygun
Z02	YEMEKHANE	5547	4000	4,64	6000	40	4,76	Uygun
			2000	2,32		20	2,38	Uygun
Z03	TOPLANTI ODASI	12959	4000	4,64	13000	40	4,76	Uygun
			4000	4,64		40	4,76	Uygun
			5000	5,81		50	5,95	Uygun
TOPLAM		23031	24000	27,87	24000	240	28,54	TK
SEÇİLEN DIŞ ÜNİTE				Kapasite Oranı:		%96	11,21	GT
Gerçekleşen değer = (23031/24000)×28,54 = 27,39							TK	27,39
Gerçekleşen değer = (23031/24000)×11,21 = 10,76							GT	10,76

Tablo 3. En yüksek ısı kazançlarına göre, 1. Kat Grup-1 iç ünite sayıları ve soğutma kapasiteleri.

1. Kat, GRUP-1		Isı Kazancı <i>kcal/h</i>	Seçilen İç Ünite Kapasitesi		İç ünite Kapasite Toplamı	Kapasite İndeksi	Dış Ünitelerden Aldığı Pay	
NO	MAHAL ADI		<i>kcal/h</i>	<i>kW</i>			<i>kW</i>	Sonuç
101	OFİS	19489	5000	5,81	20000	50	5,85	Uygun
			5000	5,81		50	5,85	Uygun
			5000	5,81		50	5,85	Uygun
			5000	5,81		50	5,85	Uygun
107	YÖNETİCİ	5747	6300	7,32	6300	62,5	7,31	U. Değil
TOPLAM		25236	26300	30,54	26300	262,5	30,70	TK
SEÇİLEN DIŞ ÜNİTE				Kapasite Oranı:		%96	12,40	GT
Gerçekleşen değer = $(25236/26300) \times 30,70 = 29,46$							TK	29,46
Gerçekleşen değer = $(25236/26300) \times 12,40 = 11,90$							GT	11,90

Tablo 4. En yüksek ısı kazançlarına karşılık 1. Kat, Grup-2 iç ünite sayıları ve soğutma kapasiteleri.

1. Kat, GRUP-2		Isı kazancı <i>kcal/h</i>	İç ünite kapasitesi		İç ünite kap. top.	Kapasite İndeksi	Dış Ünitelerden Aldığı Pay	
NO	MAHAL ADI		<i>kcal/h</i>	<i>kW</i>			<i>kW</i>	Sonuç
102	BİLGİSAYAR	7383	8000	9,29	8000	80	9,52	Uygun
103	SOYUNMA (E)	1782	2000	2,32	2000	20	2,38	Uygun
104	SOYUNMA (K)	1308	2000	2,32	2000	20	2,38	Uygun
105	TOPLANTI	3290	4000	4,64	4000	40	4,76	Uygun
106	DİZAYN	3194	4000	4,64	4000	40	4,76	Uygun
TOPLAM		16957	20000	23,22	20000	200	23,80	TK
SEÇİLEN DIŞ ÜNİTE				Kapasite Oranı:		%100	9,58	GT
Gerçekleşen değer = $(16957/20000) \times 23,80 = 20,18$							TK	20,18
Gerçekleşen değer = $(16957/20000) \times 9,58 = 8,12$							GT	8,12

Tablo 5. VRF Uygulanmasında saatlere göre Toplam Kapasite ve Kompresör Güç Girişi değerleri.

Bölge	Toplam Kapasite (<i>kW</i>)				Kompresör Güç Girişi (<i>kW</i>)			
	Saatler				Saatler			
	10	12	14	16	10	12	14	16
Zemin Kat	26,83	22,64	21,23	20,93	11,20	9,45	8,86	8,74
1. Kat GRUP-1	17,21	17,87	20,47	26,86	6,95	7,22	8,27	10,85
1. Kat GRUP-2	14,38	12,51	13,28	16,84	5,79	5,03	5,35	6,78
TOPLAM:	58,42	53,02	54,98	64,63	23,94	21,7	22,48	26,37

3.2 Split Klima Sistemi Üniteleri Seçilmesi

Split klima cihazı iç ve dış üniteleri, sistemin çalışma prensibinden dolayı her oda için, o odanın en büyük soğutma yükü esas alınarak seçilmelidir. Seçim yapılırken ilgili firma kataloglarının hangi koşullar esas alınarak oluşturulduğu dikkate alınmalıdır. Örneğin sunulan çalışmada kullanılan kataloglardaki değerler 35 °C dış sıcaklık, 27 °C iç ortam kuru termometre ve 19 °C iç ortam yaş termometre sıcaklığı için düzenlenmiştir. Ele aldığımız bina için dizayn koşulları ise dış sıcaklık 33 °C, iç ortam kuru termometre 27 °C, yaş termometre sıcaklığı ise 20 °C'dir. Dolayısıyla gerçek işletme değerleri için ayrıntılı tablolara bakılması gereklidir. Bina için seçilen ünitelerin değerleri Tablo 6 ve Tablo 7'de gösterilmiştir. Değerler [11]'den seçilmiştir.

Tablo 6. Zemin kat için seçilen split sistem iç ve dış ünitelerine ait değerler.

Zemin Kat		Hesaplanan Isı Kazancı	İç Ünite Soğutma Kap. Referans Değerleri (35 °C, 19 °C YT)	İç Ünitelerin Soğutma Kapasiteleri (33 °C, 20 °C YT)		Dış Ünitelerin Güç Tüketimi (33 °C, 20 °C YT)	
NO	MAHAL ADI	kcal/h	kcal/h	kW	kW	kW	kW
Z01	SOYUNMA ODASI	4525	5300	6,44	6,44	2,77	2,77
Z02	YEMEKHANE	5547	2050	2,51	7,58	1,09	2,97
			4200	5,07		1,88	
Z03	TOPLANTI ODASI	12959	4200	5,07	16,58	1,88	6,53
			4200	5,07		1,88	
			5300	6,44		2,77	
TOPLAM:		23031	25250	30,6	30,60	12,27	12,27

4. SEÇİLEN VRF ve SPLIT SİSTEMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

İncelenen bina için en yüksek ısı kazançları esas alınarak, belli bir firmanın kataloglarından VRF ve split cihazlar seçilerek yapılan incelemede elde edilen toplam soğutma kapasitesi ve güç tüketim değerleri Tablo 8'de gösterilmiştir. Buna göre VRF sistemi tercih edildiğinde güç tüketiminin daha az olacağı söylenebilir ancak ısı geri kazanımlı sistem kullanılmadığı durumlarda bu konuda genelleme yapılması doğru olmaz. Çünkü üniteler seçilirken her zaman oda soğutma yüküne en uygun iç ünite bulunması mümkün olmayabilir.

Tablo 7. 1. Kat için seçilen split sistemlerin iç ve dış ünitelerine ait değerler.

1. Kat		Hesaplanan Isı Kazancı	İç Ünite Soğutma Kap. Referans Değerleri (35 °C, 19 °C YT)	İç Ünitelerin Soğutma Kapasiteleri (33 °C, 20 °C YT)		Dış Ünitelerin Güç Tüketimi (33 °C, 20 °C YT)	
NO	MAHAL ADI	Kcal/h	kcal/h	kW	kW	kW	kW
101	OFİS	19489	5300	6,44	24,39	2,77	10,19
			5300	6,44		2,77	
			5300	6,44		2,77	
			4200	5,07		1,88	
102	BİLGİSAYAR	7383	5300	6,44	10,08	2,77	4,24
			3000	3,64		1,47	
103	SOYUNMA (E)	1782	2050	2,51	2,51	1,09	1,09
104	SOYUNMA (K)	1308	2050	2,51	2,51	1,09	1,09
105	TOPLANTI	3290	4200	5,07	5,07	1,88	1,88
106	DİZAYN	3194	4200	5,07	5,07	1,88	1,88
107	YÖNETİCİ	5747	4200	5,07	7,58	1,88	2,97

			2050	2,51		1,09	
	TOPLAM:	42193	47150	57,21	57,21	23,34	23,34

Örneğin bu çalışmada 103 No.lu oda için soğutma yükü 1782 kcal/h, 104 no.lu oda için 1308 kcal/h'dır. Ancak her iki oda için de daha küçük kapasiteli bulunmadığından 2160 kcal/h kapasiteli split iç üniteler seçilmek zorunda kalınmıştır. Aynı odalar için seçilen VRF iç üniteleri ise 2000 kcal/h olmuştur. Ayrıca 1. Kattaki gruplar oluşturulurken en az güç sarfiyatı oluşturacak düzenlemeye dikkat edilmiştir. Buna benzer durumlar, sonucu tersine de çıkarabilirdi. Isı geri kazanımlı VRF kullanılması halinde ise enerji sarfiyatı bakımından VRF sisteminin her zaman daha avantajlı olduğu üretici firmalarca ileri sürülmektedir.

Tablo 8. İncelenen bina için en büyük ısı yüklerine göre VRF ve SPLIT klima sistemlerinin soğutma kapasitesi ve güç tüketimleri.

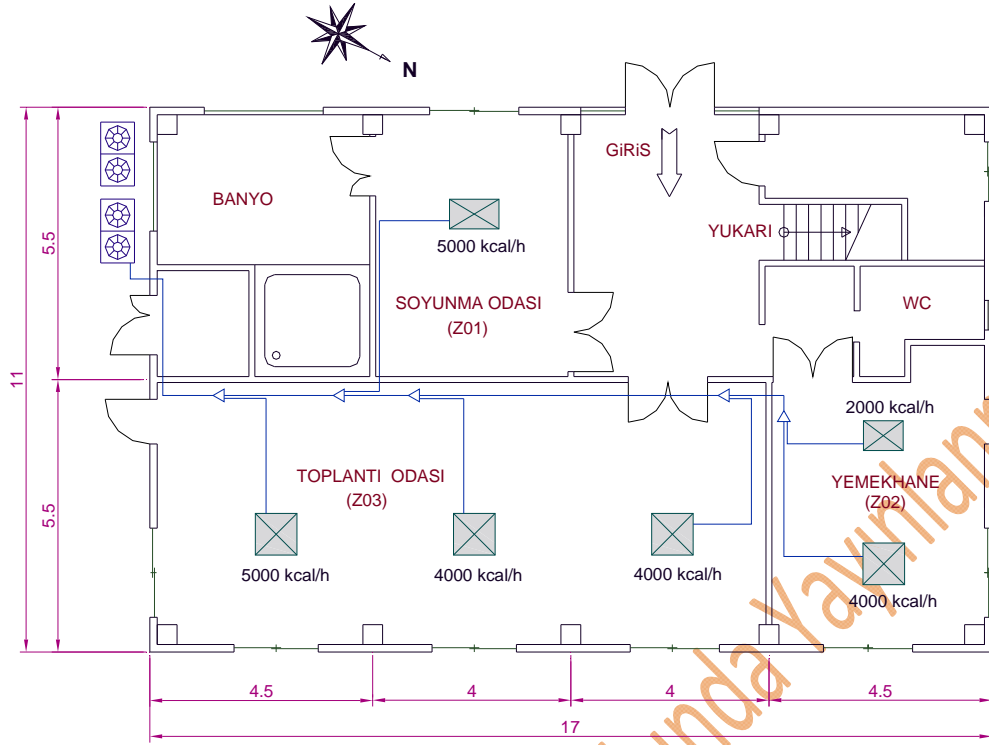
MAHAL	VRF		SPLIT	
	Toplam Soğ. Kapasitesi	Güç Tüketimi	Toplam Soğ. Kapasitesi	Güç Tüketimi
	<i>kW</i>	<i>kW</i>	<i>kW</i>	<i>kW</i>
Zemin Kat	28,54	11,21	30,60	12,27
1. Kat	GRUP-1	30,70	57,21	23,34
	GRUP-2	23,80		
TOPLAM	83,04	33,19	87,81	35,61

Yukarıdaki karşılaştırmalar yapılırken her iki sistemde değişken devirli kompresör kullanıldığı varsayılmıştır. VRF başından beri bu şekilde üretilmektedir. Split cihazlar önceleri sabit devirli de üretilmekteydiler. Ancak son yıllarda hemen bütün sistemlerde değişken devirli kompresörler kullanılmaktadır. Eğer VRF ile kompresörü sabit devirli split sistemin karşılaştırılması söz konusu olursa her zaman VRF'nin daha az enerji harcayacağı söylenebilir. Ekonomiklik, görüntü, gürültü ve konfor şartlarında kararlılık gibi konularda karşılaştırmalar burada yapılmamıştır. VRF sistemi, binada hacim/alan kazandırması, bina yönetim sistemlerine bağlanabilmesi gibi konularda split sisteme göre daha avantajlıdır.

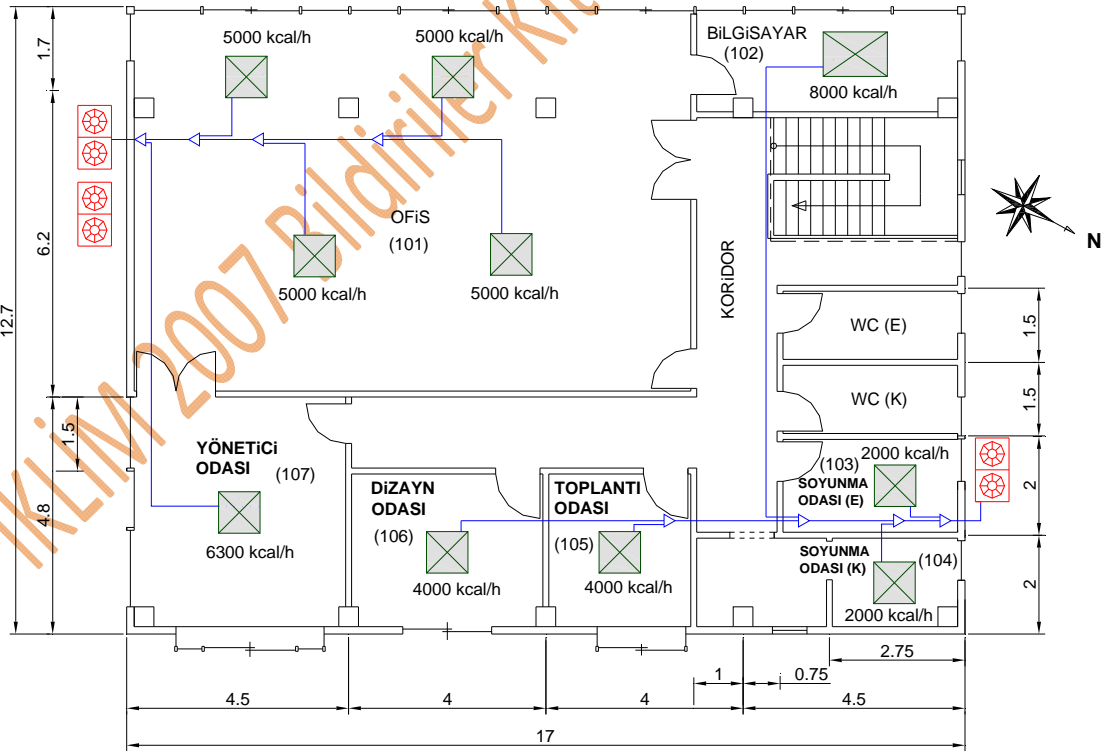
5. SONUÇLAR

İki katlı, küçük bir ofis binasına VRF ve split klima sistemi kurulması halinde sistem kurulu güçleri karşılaştırılmıştır. VRF dış üniteleri en yüksek ısı yükünün olduğu saatteki yüke göre seçilebilir. Tablo 5'te, saatlere göre ısı yüklerinin en büyüğü esas alındığında toplam kapasite ve kompresör giriş güçleri verilmiştir. Bu uygulamada her iki sistemin üniteleri gün içinde oluşan en yüksek ısı yükleri toplanarak elde edilen toplam ısı yükü esas alınarak seçilmiştir (Tablo 8). Sonuç olarak VRF sistemi kurulu gücü, split sistem kurulu gücüne göre daha küçük çıkmıştır. Tablo 8'deki değerlere göre VRF sistemi soğutma kapasitesi, split sistem soğutma kapasitesine göre % 5,43, güç tüketimi ise %6,80 daha düşük değerde çıkmıştır.

Bu durumda, her iki sistemin %100 kapasite ile çalışması halinde VRF sistemi daha az enerji harcayacaktır. Gerçekte gün boyunca ısı kazancı değiştiğinden sistemlerin sürekli %100 kapasitede çalışması gerekmeyecektir. VRF sistemi %50 ile %130 kapasite kullanım oranı ile çalışabildiğinden; kısmi yüklerde split sisteme göre daha avantajlı olmaktadır. Sonuçta VRF sistemi istenen soğutmayı sağlayacağına göre güç tüketimi bakımından daha ekonomik olacaktır. Ancak uygulamada karar vermek için tesis ve işletme masrafları ile amorti süresini de dikkate alan detaylı analiz yapılması gerekmektedir. Burada maliyet analizleri yapılmamıştır. Maliyet analizi sonuçları ülkenin içinde bulunduğu ekonomik koşullara bağlı olduğundan ülkemizde yapılan maliyet analizlerinin geçerliliği sınırlı bir süre için olabilmektedir. Örneğin enflasyonun yüksek seviyelerde olduğu, Dolar'ın TL karşısında değerinin sürekli yükseldiği geçmiş yıllarda yapılmış maliyet analizleri bugün için tutarlı sonuçlar vermeyebilir.



Şekil 4. Zemin kat VRF iç ve dış ünitelerinin yerleşimi.



Şekil 5. 1. Kat VRF iç ve dış ünitelerinin yerleşimi.

KAYNAKLAR

- [1] AKTÜCCAR, T., 1997, “V.R.V. (Variable Refrigerant Volume) Değişken Gaz Debili Klima Sistemi”, III. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, İzmir, Bildiriler Kitabı, MMO Yayın No: 203/1.
- [2] ETEM, A., 2002, Klasik (fancoil) ve değişken gaz debili (VRV) ısıtma soğutma sistemlerinin karşılaştırılması ve uygun sistemin belirlenmesi YL Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara
- [3] EYRİBOYUN, M., 1997, “Değişken Soğutkan Debili Klima Sistemlerinin (VRV) Projelendirme Esasları ve Örnek Bir Uygulama”, III. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, İzmir, Bildiriler Kitabı, MMO Yayın No: 203/1.
- [4] DEVELİ, T., 1999, “Kanal Tipi Split Klima Sistemleri ile VRV Sistemlerinin Karşılaştırılması ve Optimum Çalışma Şartlarının Belirlenmesi”, YL Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- [5] SATMAN, A., 2007, “Türkiye Enerjide Dışa Bağımlıdır”, Türkiye İşveren Sendikaları Konfederasyonu Tarafından Yayınlanan Aylık Dergi (İnternette Ağustos 2007’de erişilmiştir).
http://www.tisk.org.tr/isveren_sayfa.asp?yazi_id=1636&id=85
- [6] SİYAHHAN, Z., 1999, “VRF klima sistemlerinin tanımlanması ve diğer sistemlerle karşılaştırılması”, YL Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- [7] ŞAHİN, C. K., 2003, VRV sistem klima cihazlarının split klima sistemi ve merkezi klima sistemi ile karşılaştırılması, YL Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara
- [8] <http://www.daikinac.com/> (Erişim: Ağustos 2007)
- [9] “Air-Conditioning Engineering Course Notları”, Daikin Industries Ltd., Kanaoka Training Center, 1996, Osaka - JAPONYA
- [10] “Engineering Data 1996, VRF System, Vol.2-1B”, Daikin Industries, Ltd., 1996, JAPAN.
- [11] “Engineering Data 1996, Split, Multi-Splits, Sky Air, (Heat Pump), Vol.1-2”, Daikin Industries, Ltd., 1996, JAPAN.

ÖZGEÇMİŞ

Mustafa EYRİBOYUN

1959 Çaycuma/Zonguldak doğumlu. 1982’de makina mühendisliği lisans, 1985’de yüksek lisans, 1997’de doktora derecelerini aldı. 1985-1986 yıllarında Isparta, Antalya, Denizli ve Burdur illerindeki askeri inşaat ve tesislerde kontrol mühendisi olarak askerlik yaptı. 1996 yılı Ağustos - Aralık ayları arasında JICA (Japan International Cooperation Agency) bursu ile Japonya’da “Air-Conditioning Engineering Course”na katıldı. Makina Mühendisleri Odası, Türk Isı Bilimi ve Tekniği Derneği, Türk Tesisat Mühendisleri Derneği gibi meslek örgütlerine üyedir. Bunlardan başka birçok örgütte kurucu üye veya üye olarak yer almaktadır. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü’nde, 1983’de araştırma görevlisi olarak başladığı görevine, halen Yardımcı Doçent olarak devam etmektedir. Okumak, fotoğraf çekmek, sinema, elektronik devreler, bilgisayar ve yazılım konularında uğraşmayı sever. Yerel ve sanal yayın organlarına meslek dışında yazılar yazar.