



**Bu bir MMO
yayıdır**

MMO bu yayındaki ifadelerden, fikirlerden, toplantıda çıkan sonuçlardan, teknik bilgi ve basım hatalarından sorumlu değildir.

FARKLI İKLİMLENDİRME UYGULAMALARININ ÖRNEK BİR VİLLADA DEĞERLENDİRİLMESİ

EMRE UFUK ERDEM
SAPAR MAKİNE

ANIL ARZIK
İPİ MÜHENDİSLİK

İLKİN BAHÇECİ
ÖZAY AKDEMİR
EGE ÜNİVERSİTESİ

FARKLI İKLİMLENDİRME UYGULAMALARININ ÖRNEK BİR VİLLADA DEĞERLENDİRİLMESİ

Evaluation of Different Air Conditioning Systems in a Sample Villa

Emre Ufuk ERDEM
İlkin BAHÇECİ
Anıl ARZIK
Özay AKDEMİR

ÖZET

Bir villanın iklimlendirilmesinde çeşitli sistemler uygulanmaktadır. Isı pompalı sistemler, multi sistem klimalar ve değişken debili soğutucu akışkan (VRF) sistemleri buna örnek olarak gösterilebilir.

Bu çalışmada İzmir ilinde bulunan bir villa ele alınmaktadır. Villanın yapı özellikleri TS-825 standardına uygun olarak yalıtılmıştır. Villadaki ısıtma ve soğutma yükleri hesaplanarak yukarıdaki sistemlerin her biri için kapasite değerleri belirlenmiştir. Bu sistemler için bileşen seçimleri yapılarak projelendirilmiştir. Farklı sistemlerin maliyet hesapları gerçekleştirilerek, sonuçlar karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Isı pompası, VRF, Multi sistem klima, Fan-coil.

ABSTRACT

Various systems are applied for air conditioning of a villa. Heat pumps, multi-system air conditioners and variable refrigerant flow (VRF) systems can be given as an example for these.

In this study, a villa located in the province of Izmir is considered. Building properties of the villa is insulated for TS-825 standard. The heating and cooling loads of the villa were calculated and the capacity values for each of the above systems were determined. Selection of the components for these systems have been made and projected. The cost analysis for the different systems were calculated and the results were compared.

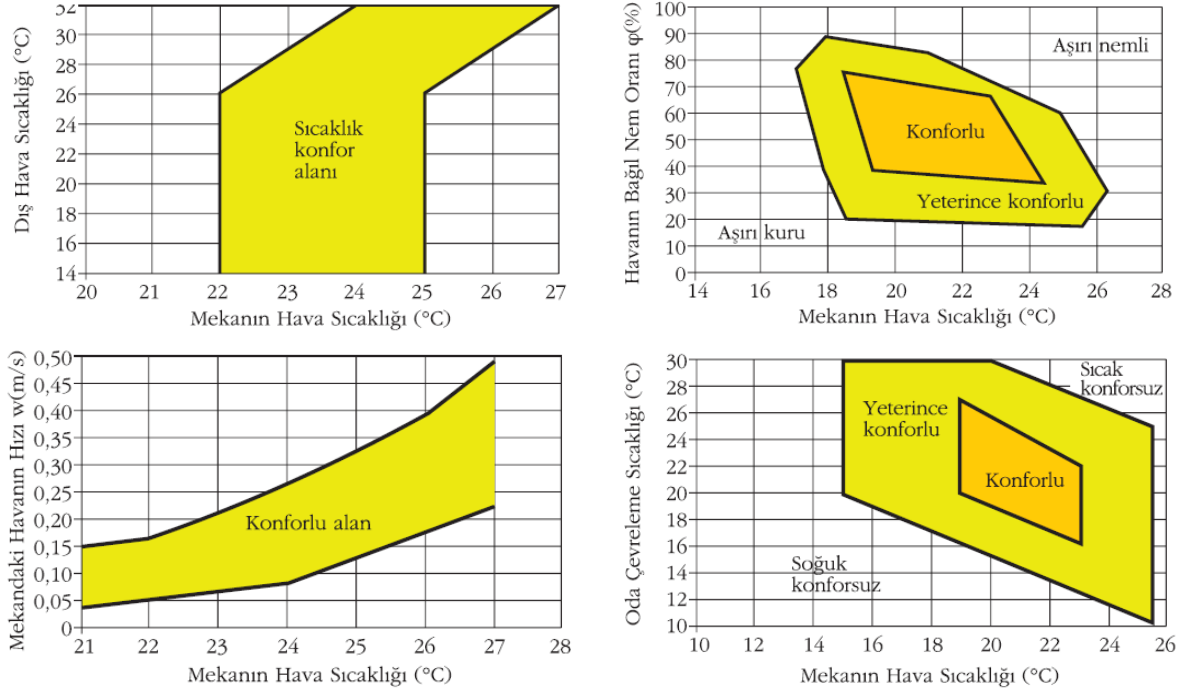
Key Words: Heat pump, VRF, Multi-system air conditioner, Fan-coil.

1. GİRİŞ

İklimlendirme en genel halde, konfor amacı ile insan, hayvan ve bitkilerin veya endüstriyel bir mamulün üretimi sırasında gerekli atmosferik çevrenin (ortam şartlarının) otomatik olarak kontrol altında tutulması işlemi olarak ifade edilebilir. Pratikte ise iklimlendirme, havanın ısıtılması, soğutulması, nemlendirilmesi veya neminin alınması, bir başka deyişle havanın şartlandırılması işlemine denir.

Tanımdan da anlaşılacağı gibi iklimlendirme temel olarak endüstriyel ve konfor amaçlı olmak üzere ikiye ayrılır [1]. Bu çalışmada konfor amaçlı sistemler incelenmektedir.

Konfor şartlandırma uygulamalarında temel etken insandır. Kapalı bir ortamda sıcaklık ve diğer hava şartlarında ileri gelen bir rahatsızlık olmaması haline ısı konforu denir. Bir insanın konfor halinde bulunması sadece havanın sıcaklığına bağlı değildir. Havanın nemi, hareketi, temizliği ve civar yüzeylerin ortalama sıcaklığı, konfora etki eden parametreler arasındadır [1]. Şekil 1’de konfor bölgeleri detaylı olarak gösterilmektedir.



Şekil 1. Konfor bölgeleri [2]

2. İZMİR’E AİT İKLİM VERİLERİ

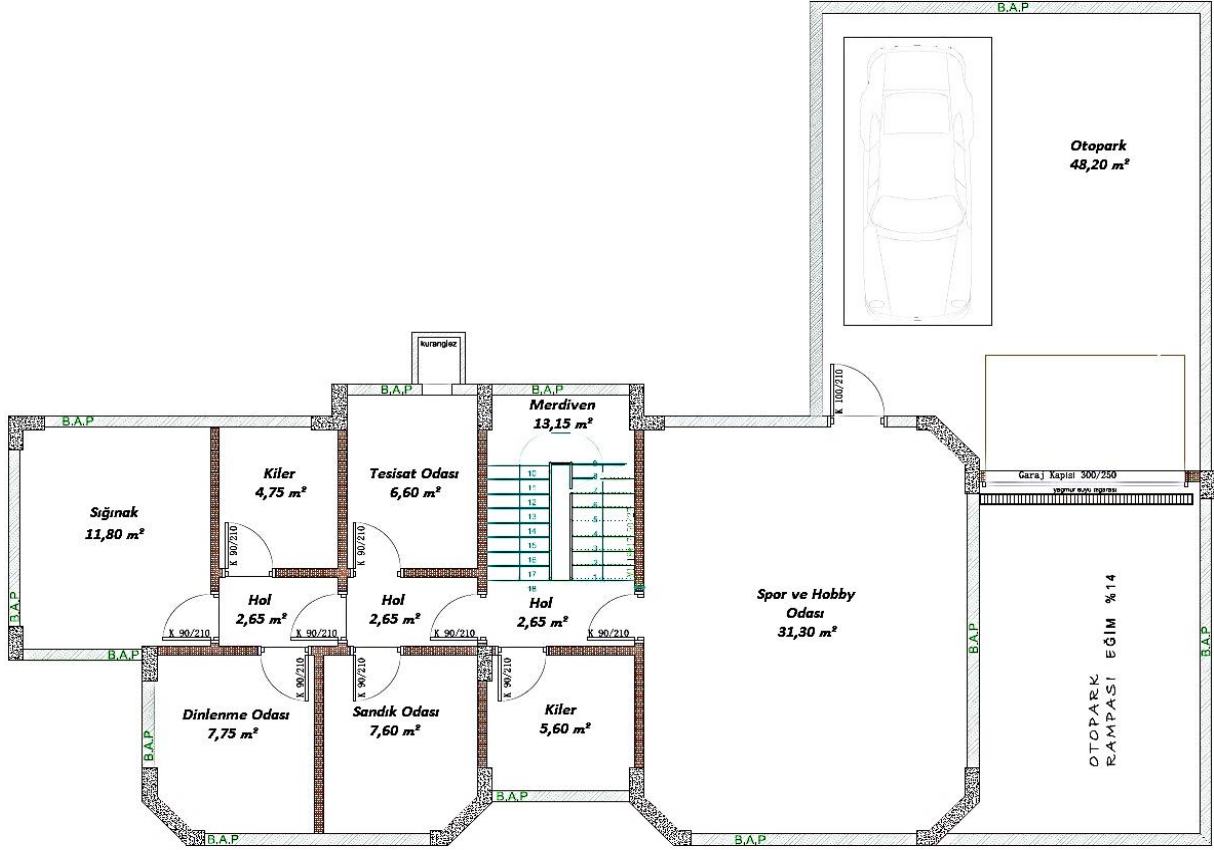
Tablo 1’de iklim verileri verilen İzmir ili, tipik Akdeniz iklimine sahiptir. Yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı geçer. Yıl içerisinde, hava sıcaklığı sıfırın altında 10 günden fazla yaşanmaz. Senenin yaklaşık 100 günü ise sıcaklık 30°C üzerinde görülür. Kar yağışı ve don nadir olmakla birlikte, senelik yağış miktarı 700-1200 mm arasındadır. Yaz aylarında imbat ismi verilen rüzgar serinlik getirir [3].

Tablo 1. İzmir iline ait iklim verileri

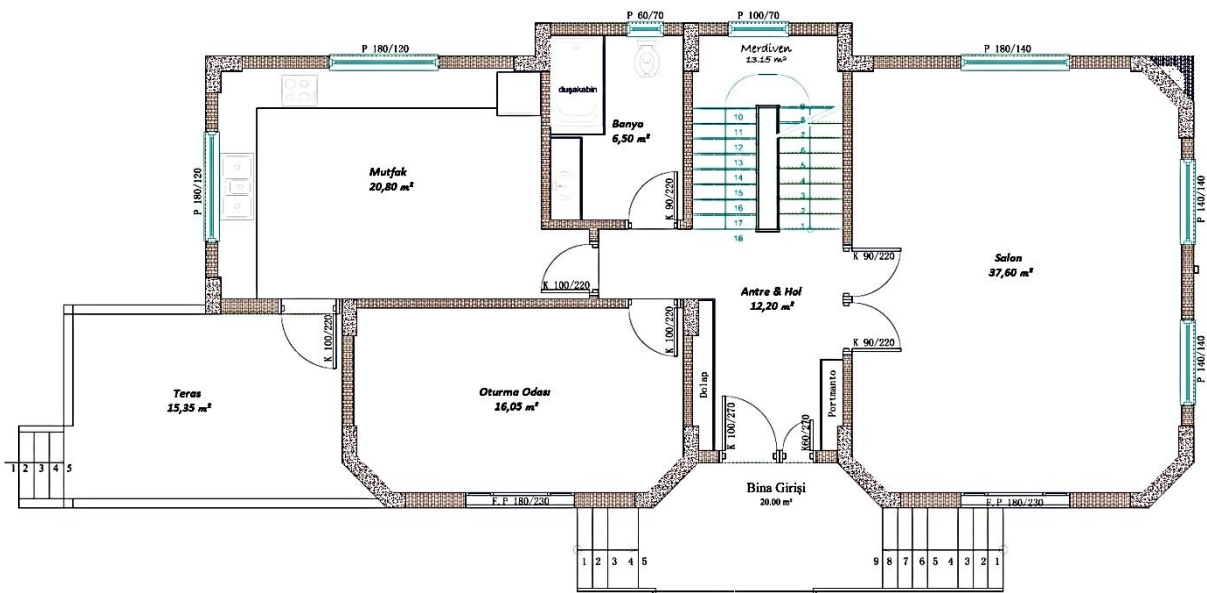
Aylar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıl
En yüksek sıcaklık rekoru, °C	21,4	23,9	30,5	32,5	37,5	41,3	42,6	43,0	40,1	36,0	30,3	25,2	43,0
Ortalama en yüksek sıcaklık, °C	12,5	13,5	16,3	20,9	26,0	30,7	33,2	32,9	29,1	23,9	18,5	14,1	22,6
Ortalama sıcaklık, °C	8,9	9,5	11,7	15,9	20,8	25,6	28,0	27,7	23,7	18,8	14,0	10,6	17,9
Ortalama en düşük sıcaklık, °C	5,9	6,2	7,8	11,3	15,5	20,0	22,6	22,5	18,7	14,7	10,7	7,7	13,6
En düşük sıcaklık rekoru, °C	-6,4	-5,2	-3,1	0,6	7,0	10,0	16,0	15,2	10,0	5,3	-1,7	-4	-6,4
Ortalama yağış, mm	125,1	101,9	75,6	46,4	30,9	9,8	1,8	2,6	15,0	45,3	94,8	141,1	690,3

3. YAPIDAKİ ISITMA VE SOĞUTMA YÜKÜ HESAPLAMALARI

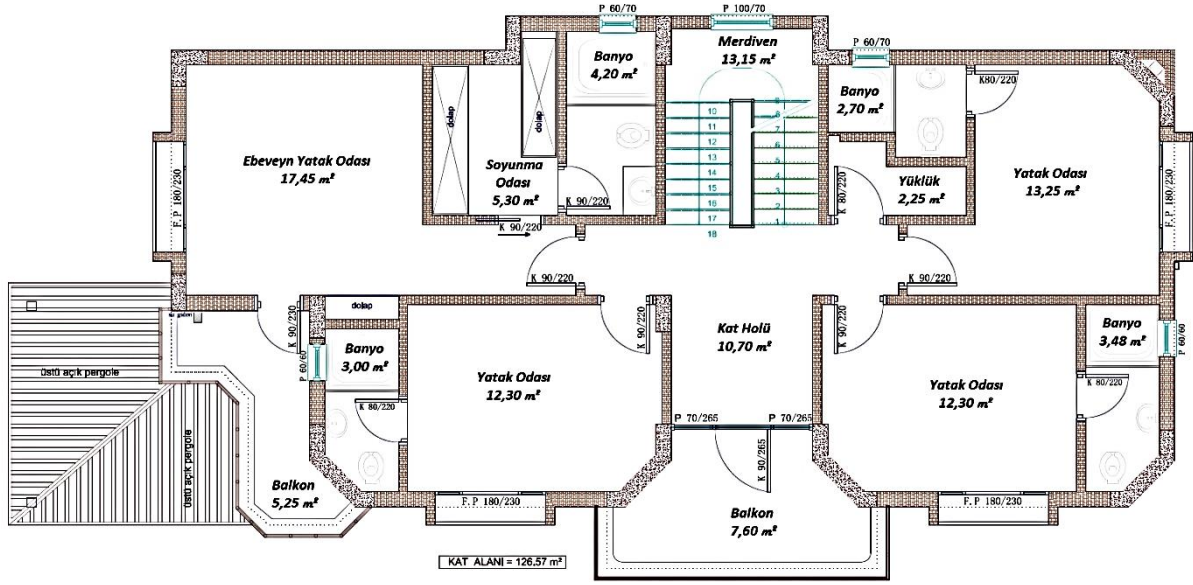
Bu çalışmada seçilen yapı 3 katlı müstakil bir villadır. Yalıtımı TS-825 standartlarına uygun olarak yapılmıştır. Yapı içerisinde 7 oda, 2 salon mevcuttur. Villanın mimari projesi Şekil 2'de verilmektedir. Çalışma kapsamında incelenen villanın ısıtma ve soğutma yükleri Tablo 2'de gösterilmektedir.



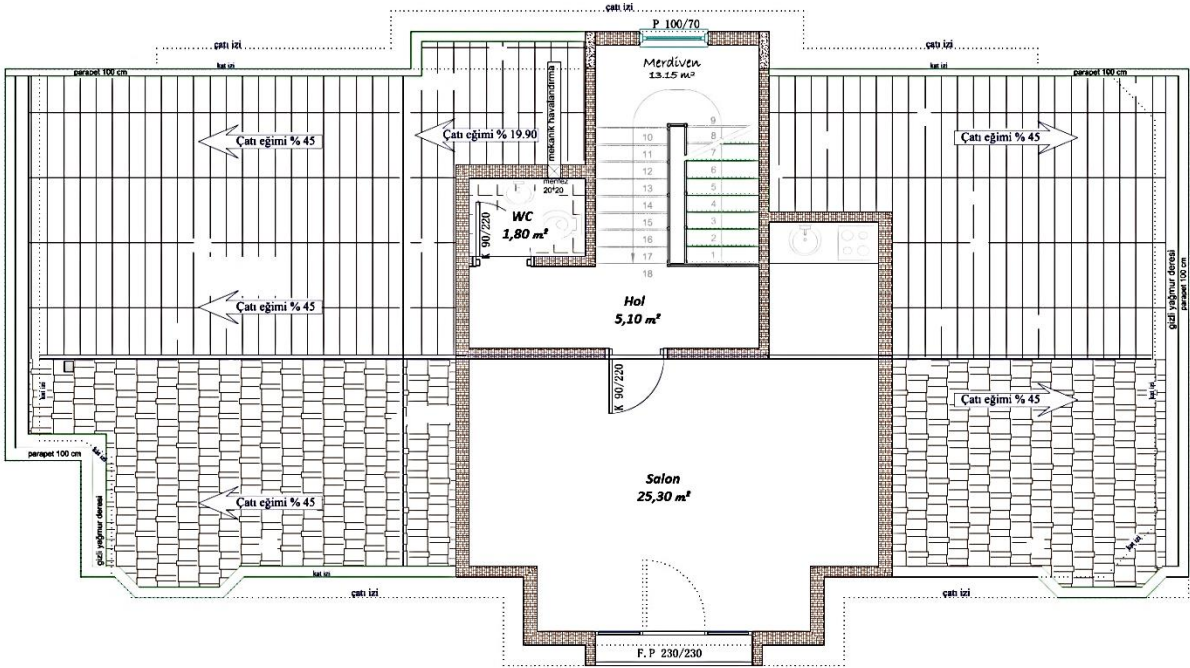
(a) Bodrum kat planı



(b) Zemin kat planı



(c) 1.Kat planı



(d) Çatı katı planı

Şekil 2. Villanın mimari projesi

Tablo 2. Villanın ısıtma ve soğutma yükleri

Zon Adı / Hacim Adı	Soğutma Yüğü (kW)	Yük Zamanı	Hava Debisi (L/s)	Isıtma Yüğü (kW)	Alan (m ²)
Zon 1 (Zemin)					
Salon	5.30	Eylül 1400	139	2.00	38.0
Oturma Odası	2.20	Kasım 1400	90	0.80	17.0
Zon 2 (1.Kat)					
Yatak Odası GB	1.80	Ekim 1400	103	0.70	16.0
Yatak Odası GD	1.80	Ekim 1300	98	0.70	16.0
Yatak Odası KB	2.44	Ağustos 1600	133	1.20	27.0
Yatak Odası KD	1.92	Ocak 1000	85	0.76	16.0
Zon 3 (Çatı Katı)					
Çatı Salon	3.42	Ekim 1400	136	1.50	24.0
Zon 4 (Bodrum)					
Bodrum Dinlenme Odası	1.13	Ocak 1900	12	0.40	7.8
Bodrum Hobby Odası	4.20	Ocak 1900	29	2.00	31.3
Toplam	24.21			10.06	

Tablo 2'de görüldüğü gibi, villanın gerekli toplam soğutma yükü 24.21 kW ve gerekli toplam ısıtma yükü 10.06 kW'dır.

4. SİSTEM SEÇİMLERİ

4.1 VRF Sistemi

VRF, Değişken Soğutucu Akışkan Debisi anlamına gelmektedir. Bir dış ünite ile birden fazla iç ünitenin kontrol edildiği klima sistemidir. Bir VRF sistemi, binanın değişen kapasite ihtiyaçlarına bağlı olarak soğutucu akışkanın akışını kontrol eder. VRF sistemi bina dışında bulunan dış ünite ve bina içindeki yaşam alanlarını soğutmak ve/veya ısıtmak amacı ile kullanılan iç ünitelerden oluşur.

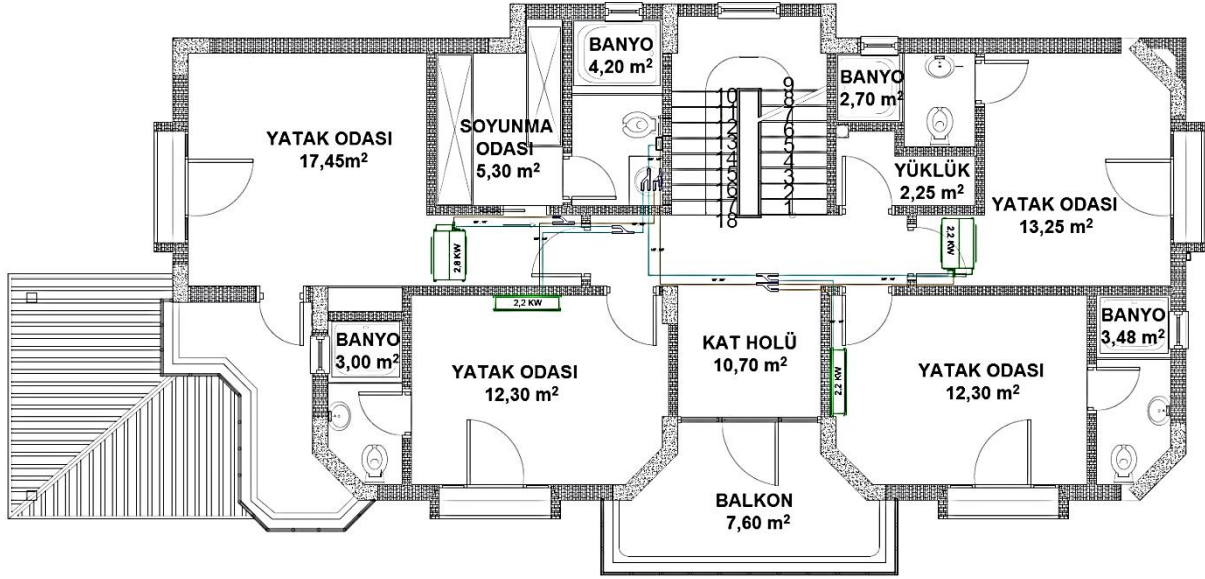
VRF sistemlerini klasik split klimalardan ayıran en büyük özelliği, değişken gaz debisi sayesinde enerji tasarrufu sağlayarak kullanıcıların konforunu en yüksek seviyede tutmasıdır. Çok katlı bir plazadan, bir tek villaya kadar yeni yapılan veya mevcut her türlü yapıda tam bağımsız kontrol imkanı sağlamaktadır [4].

VRF sistemleri 2 farklı sistemden meydana gelmektedir;

- **Isı Geri Kazanımlı (Heat Recovery) VRF Sistemleri:** Bu sistemler aynı anda hem ısıtma, hem soğutma yapabilen sistemlerdir.
- **Isı Pompalı (Heat Pump) VRF Sistemleri:** Bu sistemlerde ise aynı anda sadece ısıtma ya da sadece soğutma yapılmaktadır [4]. Bu çalışma kapsamında ısı pompalı VRF sistem türü, ele alınan villa için projelendirilmiştir.

Uygulaması yapılan projede soğutma kapasitesi 28 kW, ısıtma kapasitesi 31.5 kW olan bir dış ünite bulunmaktadır. Bu dış ünite ile birlikte, farklı kapasitelerde olmak üzere, toplamda 9 adet iç ünite çalışmaktadır. Şekil 3'te çalışma kapsamında incelenen villanın VRF tesisat projesi verilmektedir. VRF kolon şeması Şekil 4'te gösterilmektedir.

VRF sistem elemanları ve sistemin kurulum maliyet çalışmaları bölüm 5.1'de detaylı olarak verilmektedir.

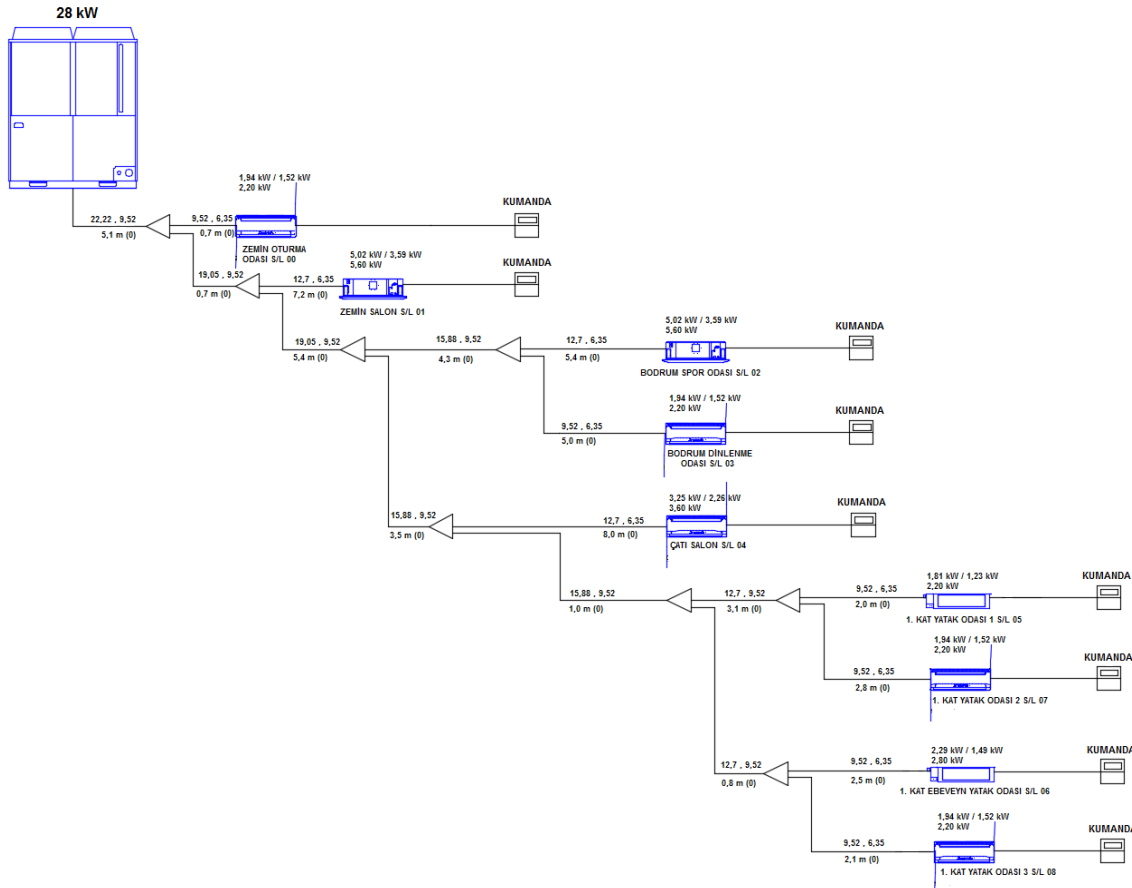


(c) 1.Kat VRF tesisatı



(d) Çatı katı VRF tesisatı

Şekil 3. Villanın VRF tesisat projesi



Şekil 4. Villanın VRF kolon şeması

4.2 Multi Sistem

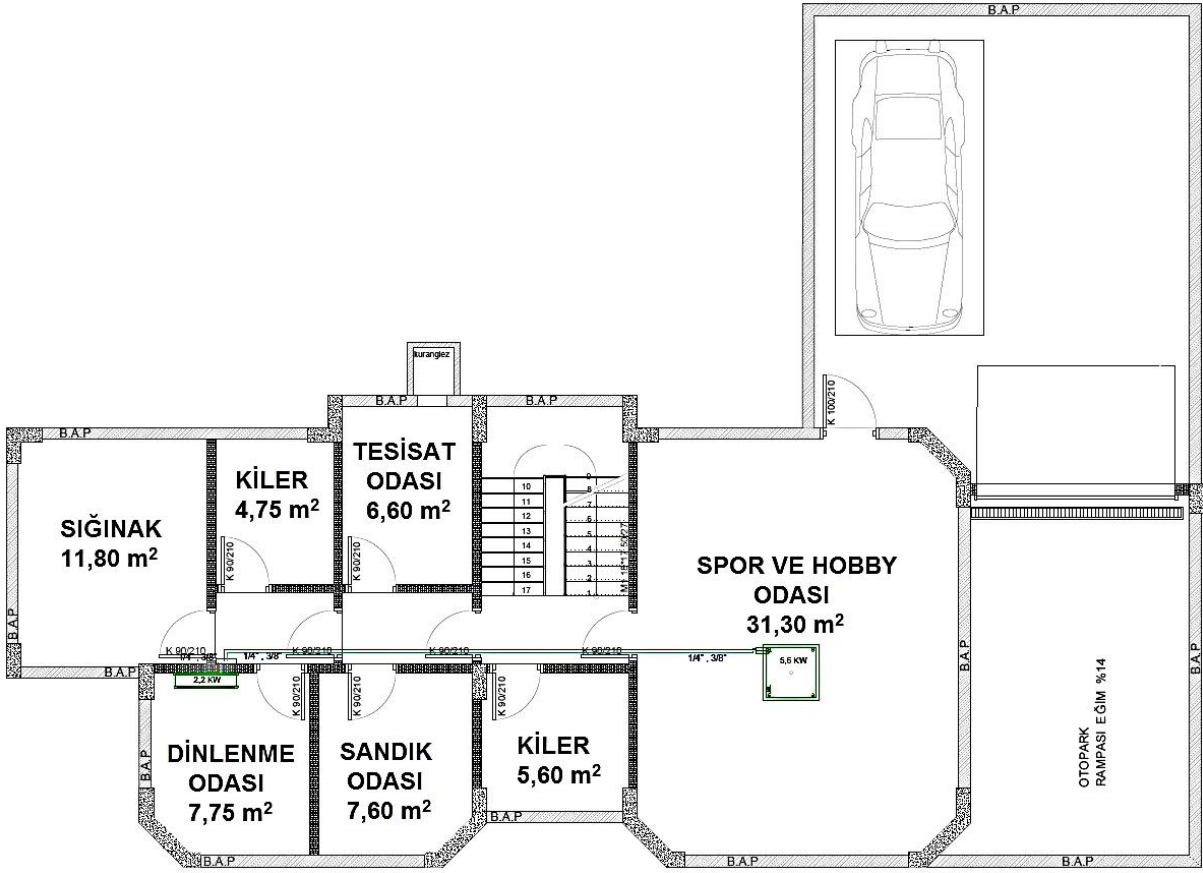
Multi klima olarak da adlandırılan multi sistem, çoklu split anlamına gelmektedir. Birebir split klimalarda olduğu gibi tek bir dış ünitesi bulunmaktadır. Buna karşılık birden fazla iç ünitenin tek bir dış üniteye bağlanabilme olanağı vardır. Böylece dış ünitelerin yerleştirilmesinden doğacak yer sıkıntısı veya binanın dış yüzeyinde oluşacak görüntü kirliliği önlenmektedir.

Her bir iç ünite birbirinden bağımsız olarak kontrol edilebilmektedir. Günümüzde bir dış üniteye 8 adet iç ünite bağlanabilen multi sistem klima seçenekleri mevcuttur. Multi sistem klimalarda, split klimalarda olduğu gibi duvar tipi, kaset tipi, kanallı tip, yer-tavan tipi gibi farklı iç ünite seçenekleri mevcuttur. Multi sistemler konutlarda, iş yerlerinde, okullarda, hastanelerde, mağazalarda, alışveriş merkezlerinde vb. mekanlarda kullanılmaktadır [5].

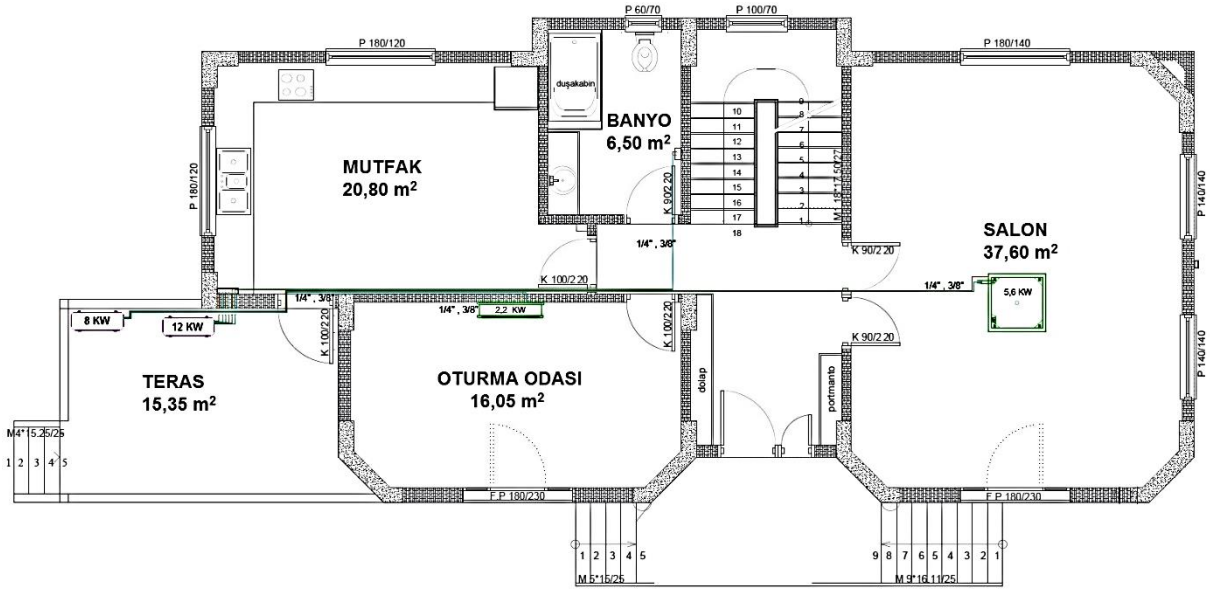
Bu çalışmada, yapılan hesaplamalar sonucunda, incelenen villanın yük ihtiyaçlarını 3 adet multi sistem dış ünitenin karşıladığı belirlenmiştir. Dış ünitelerden birincisinin soğutma kapasitesi 12 kW olup, bodrum katındaki iki odayı ve çatı katındaki salonu iklimlendirmektedir. İkinci dış ünitenin soğutma kapasitesi 8 kW olup, zemin katında bulunan salon ve oturma odasını iklimlendirmektedir. Diğer dış ünitenin soğutma kapasitesi ise 10 kW olup, 1. katta bulunan dört adet yatak odasını iklimlendirmektedir.

Şekil 5'te çalışma kapsamında incelenen villanın multi sistem tesisat projesi verilmektedir. Multi sistem kolon şeması Şekil 6'da gösterilmektedir.

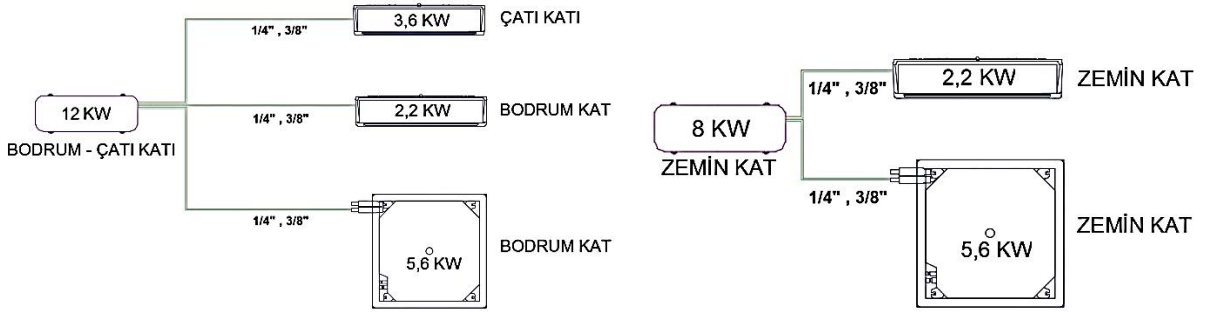
Multi sistem elemanları ve sistemin kurulum maliyet çalışmaları bölüm 5.2'de detaylı olarak verilmektedir.



(a) Bodrum kat multi sistem tesisatı

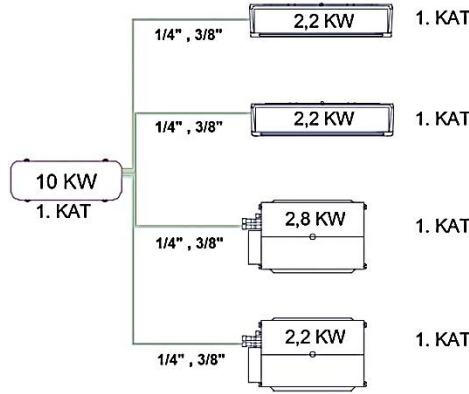


(b) Zemin kat multi sistem tesisatı



(a) Bodrum ve çatı katı multi sistem kolon şeması

(b) Zemin kat multi sistem kolon şeması



(c) 1.Kat multi sistem kolon şeması

Şekil 6. Villanın multi sistem kolon şeması

4.3 Isı Pompalı Fan-coil Sistemi

4.3.1 Fan-coil

Fan-coil cihazları; filtreden geçirilen havanın fan yardımı ile soğuk veya sıcak bir yüzey (serpantin) üzerinden geçirilerek şartlandırılması esasına dayanır. Fan-coil cihazları ile ortamdaki havanın sıcaklığı (yaz sezonu çalışmasında aynı zamanda nemi) kontrol edilir. Bu cihazlarla yazın soğutma, kışın da ısıtma ihtiyacı karşılanır. Hareketlendirilen ortam havası filtrelenerek veya seçime göre dış hava ile karıştırılarak hava kalitesi iyileştirilir.

Mimari seçim ve uygulama çeşitliliğine cevap vermek üzere fan-coil çeşitleri Şekil 7’de görüldüğü gibi; kasetli veya kasetli, döşeme veya gizli tavan tipi, basınçlı tip, yüksek duvar tipi veya kasetli dört yöne üflemlili tipte seçilebilirler. Ayrıca seçilen fan-coiller, sisteme göre tek serpantinli (2 borulu sistem için) veya çift serpantinli (4 borulu sistem için) tipte olabilirler. İki borulu fan-coil cihazında tek serpantin vardır. Borularda ya sıcak ya da soğuk su bulunur. Buna göre ya ısıtma ya da soğutma işlemi yapılabilir. Dört borulu sistemde ise fan-coil cihazında iki ayrı serpantin vardır. Sistemde hem sıcak hem de soğuk su bulunmaktadır. Ünitenin o an ısıtma veya soğutma yapmasına göre vanalarla sıcak ya da soğuk suyun ilgili serpantinde dolaşmasına izin verilir.

Özellikle basınçlı tip fan-coiller, kanala bağlanabilecek ve yüksek dış statik basınç kayıplarını karşılayabilecek şekilde dizayn edilmişlerdir. Kasetli dört yöne veya tek yöne üflemlili fan-coiller ise oldukça estetik görünüşlüdür ve modüler tipte asma tavan uygulamalarında da kullanılabilir. Drenaj pompası sayesinde yoğunlaşma suyu cebri (zorlanmış) olarak eğim gerekmeden uzaklaştırılabilir [6].

Bu çalışma kapsamında projelendirilen hacimlerden geçen borulardaki su akış hızı, akış sesi oluşmaması için 0.8 m/s seçilmiştir. Borulardaki sürekli kayıplar, metre başına 100 mmss’nu geçmemelidir [7].



Şekil 7. Fan-coil çeşitleri

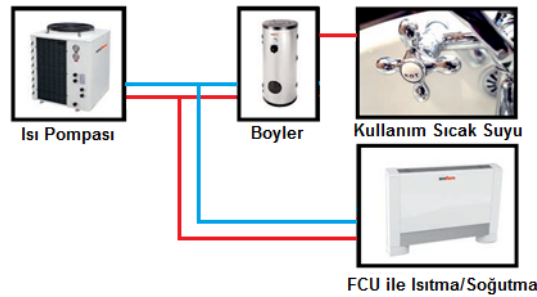
Bu çalışmada, yapılan hesaplamalar sonucunda, incelenen villanın yük ihtiyaçları 5 adet duvar tipi, 2 adet kaset tipi ve 2 adet orta basınçlı gizli tavan tipi fan-coilin ısı pompası sisteminde kullanılması ile sağlanmaktadır. Fan-coillerin hepsi tek serpantinlidir. Şekil 12 ve Şekil 13'te görüldüğü gibi; sistemde bir çok vana, pislik tutucu, purjör, sıcaklık ve basınç göstergeleri gibi elemanlar kullanılmaktadır. İsteğe bağlı olarak bu sisteme boyler eklenebilir ve kullanım sıcak suyu elde edilebilir. Fan-coil sistem maliyet değerlendirmeleri bölüm 5.3'te detaylı olarak verilmektedir.

4.3.2 Isı Pompaları

Isı pompaları, düşük sıcaklıktaki bir ısı kaynağından, daha yüksek sıcaklıktaki bir ortama ısı aktarabilen cihazlardır. Günümüz ısı pompalarının büyük bir bölümü gaz sıkıştırımlı (kompresörlü) tipte olup, kompresörün çalıştırılması elektrik enerjisi ile sağlanmaktadır.

Günümüzde ısı pompaları yaklaşık 5 ile 1000 kW performans güç aralığında; ısıtma ana fonksiyonunun yanı sıra kullanım sıcak suyu üretebilen ve gerektiğinde soğutma da yapabilecek şekilde çok fonksiyonlu olarak pazara sunulmaktadır (Şekil 8). Isı pompaları, enerjinin verimli kullanılması ve CO₂ salımının azaltılması gibi insanlığın iki önemli probleminin çözümüne katkı sağlamaktadır.

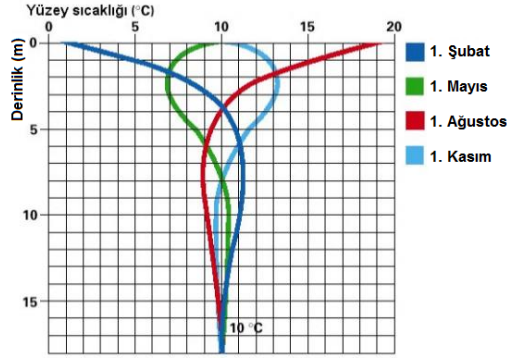
Isı pompaları ısıyı çektikleri (toprak, su, hava vb.) ve ısıyı aktardıkları (hava, su vb.) ortamlara göre isimlendirilmektedir. Havadan suya, sudan suya veya topraktan suya çalışan ısı pompaları ile sulu tip yerden ısıtma, sulu tip tavandan serinletme veya sulu tip fan-coil cihazlarıyla ısıtma veya soğutma yapılabilmektedir. Bu sistemlerde, ısı pompası ile binanın içine yerleştirilen ısı dağıtım tesisatı arasında düşük basınçlı tesisat suyu dolaşmaktadır [8].



Şekil 8. Isı pompalı fan-coil sistemi

4.3.2.1 Toprak Kaynaklı Isı Pompası

Dünyanın hayat kaynağı olan güneşten gelen enerjinin yaklaşık yarısı dünyanın kütesinde tutulur. Toprak kaynaklı ısı pompalarının amacı, dünyanın kütesinde tutulan bu hazır enerji kaynağından faydalanmaktır. Toprak, ısıtma sezonunda dış havadan daha yüksek sıcaklıkta, soğutma sezonunda ise havadan daha düşük sıcaklıkta kalarak tüm yıl boyunca (belli bir derinlikten sonra) Şekil 9'da görüldüğü gibi sabit sıcaklıkta kalmaktadır ve dolayısıyla daha kararlı bir enerji kaynağı olarak kabul edilebilir [9].

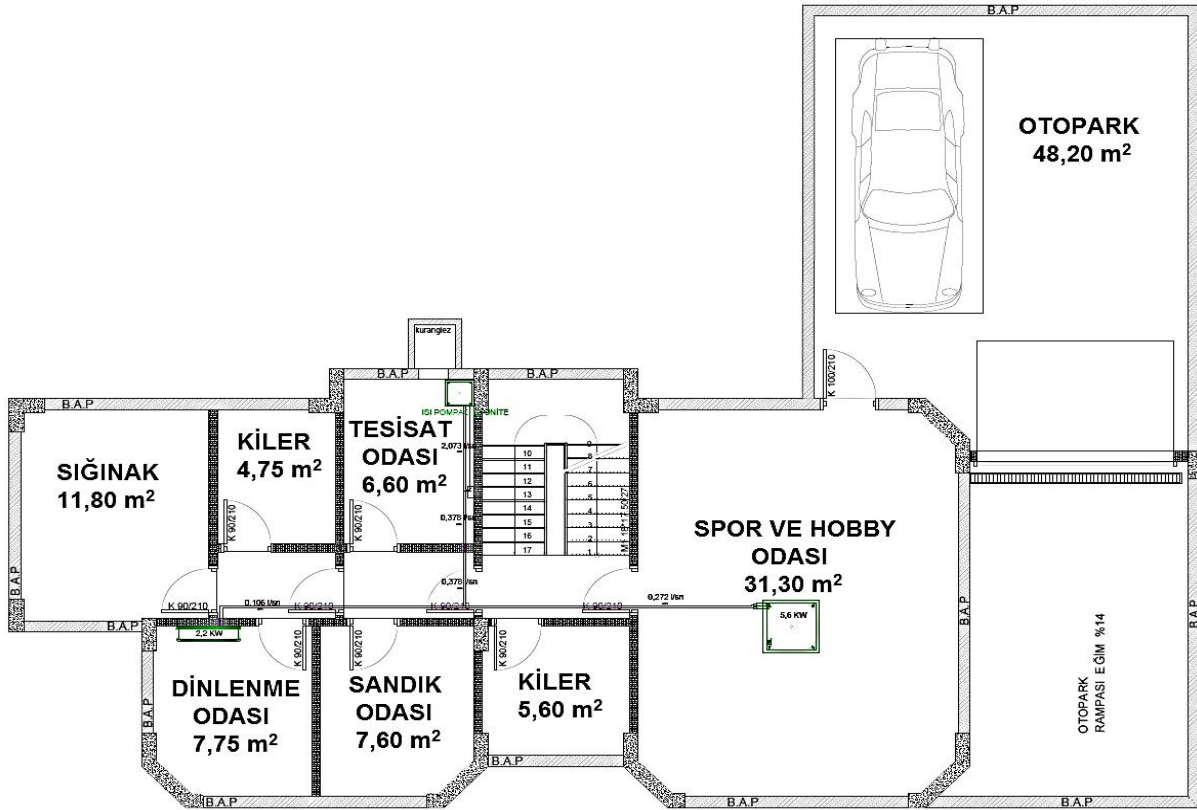


Şekil 9. Yıllık toprak sıcaklığı değişiminin derinlikle ilişkisi [10]

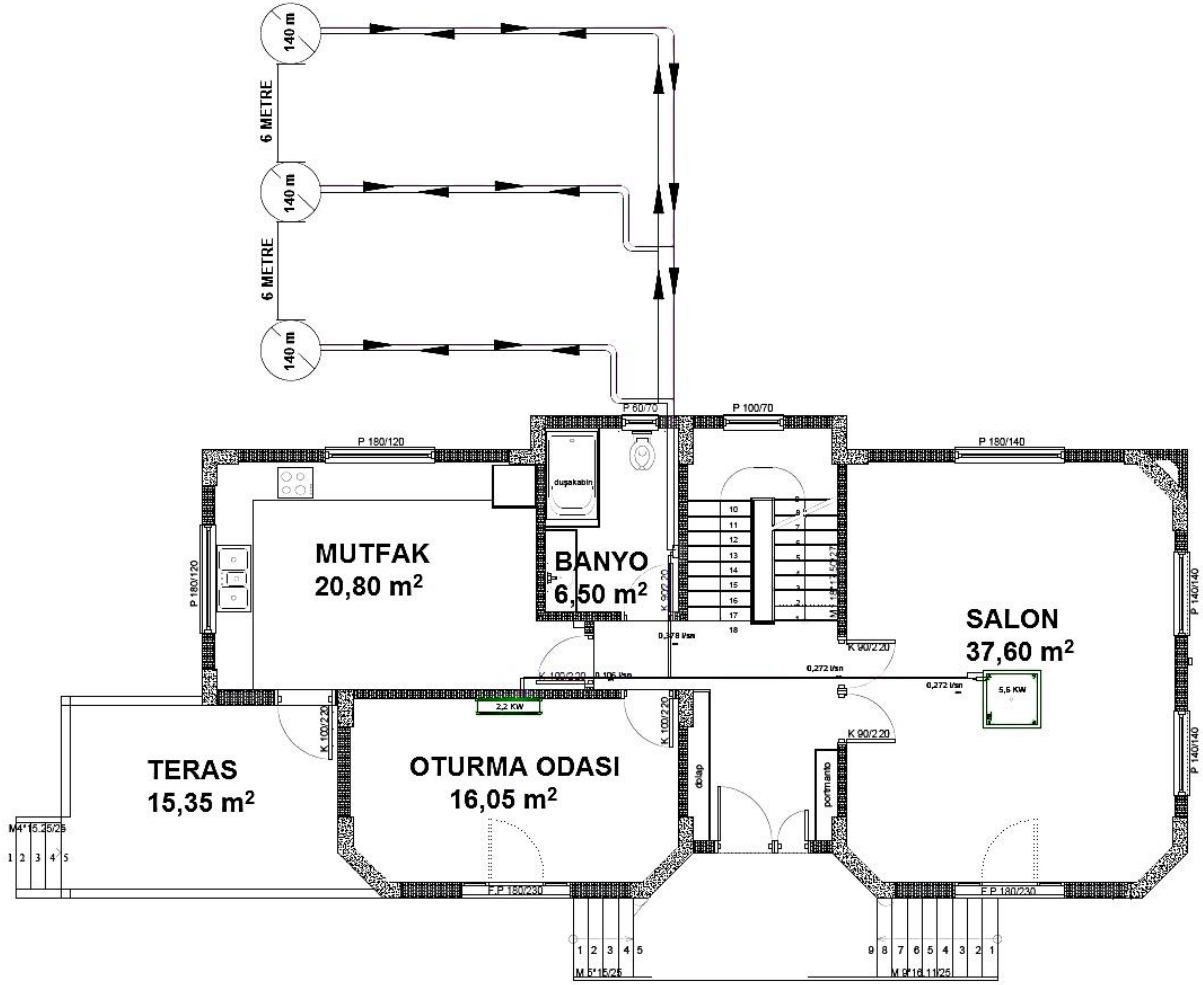
Yapılan bir çalışmada, dikey tip toprak kaynaklı ısı pompasının ilk yatırım maliyetinin hava kaynaklı sisteme göre yaklaşık %6 daha yüksek, işletme maliyetinin yaklaşık %43 daha düşük ve yıllık toplam maliyetinin yaklaşık %19 daha az olduğu bulunmuştur [11].

Toprak kaynaklı ısı pompalarında bütün sistem küçük bir makine dairesinde toplanmaktadır. Yani bu sistemde dış ünite bulunmamaktadır.

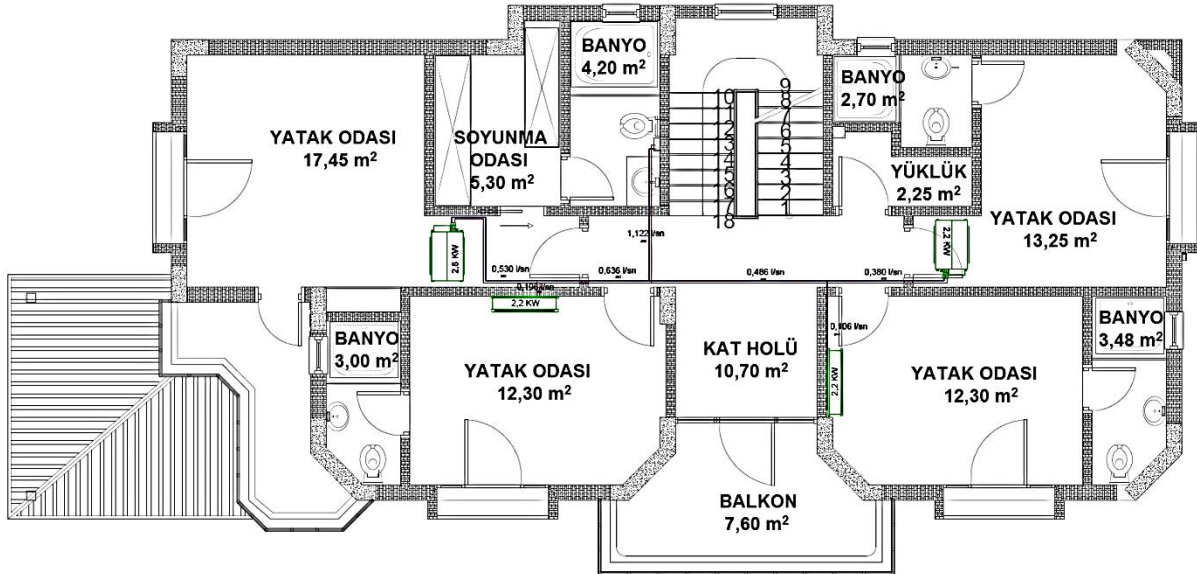
Bu çalışmada dikey tip toprak kaynaklı ısı pompası kullanılmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda, toprak kaynaklı ısı pompası için açılacak kuyu derinliği 420 metre bulunmuştur. Şekil 10-b ve Şekil 12'de görüldüğü gibi, tek bir kuyu yerine 140 metre derinliğinde 3 adet kuyu açılmıştır. Çalışma kapsamında yapılan incelemeler sonucunda, kuyular arasında 6 metre aralık bırakılmıştır. Isı pompası sistemi ile fan-coil sistemi birbiriyle ilişkili çalıştırılarak iklimlendirme yapılmaktadır. Şekil 10'da çalışma kapsamında incelenen villanın toprak kaynaklı ısı pompası tesisat projesi verilmektedir. Toprak kaynaklı ısı pompası tek hat şeması Şekil 12'de gösterilmektedir.



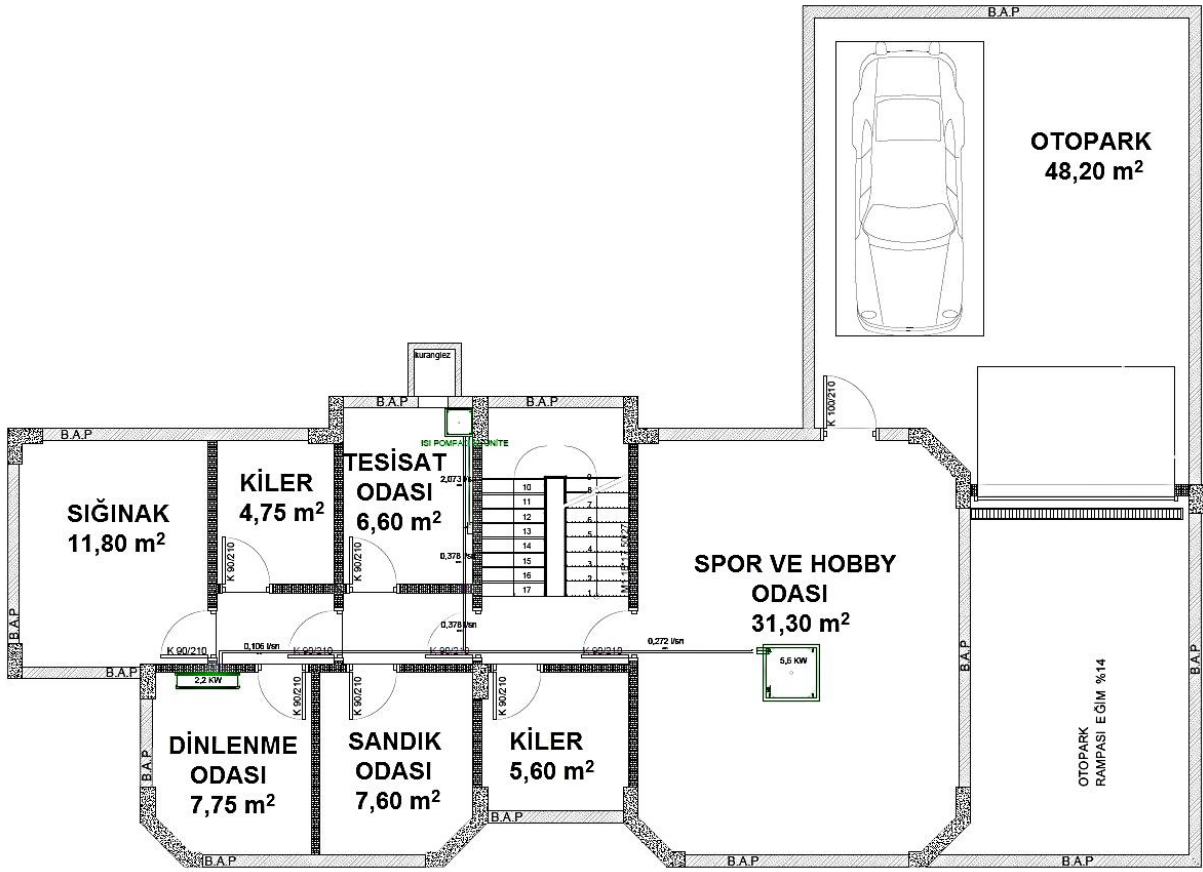
(a) Bodrum kat toprak kaynaklı ısı pompalı fan-coil sistemi



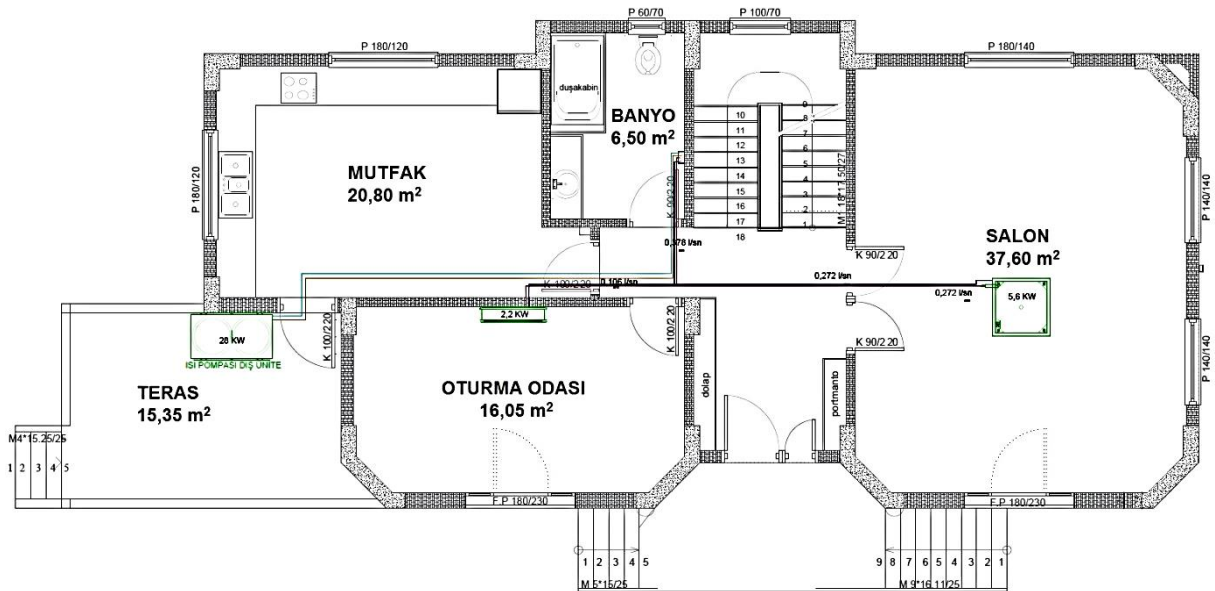
(b) Zemin kat toprak kaynaklı ısı pompalı fan-coil sistemi



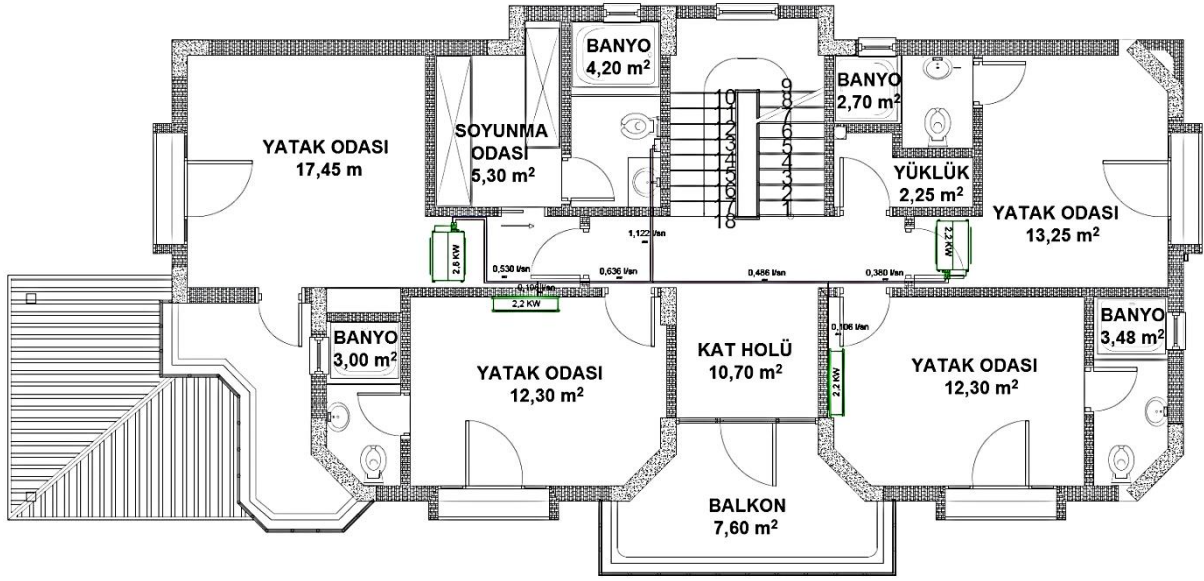
(c) 1.Kat toprak kaynaklı ısı pompalı fan-coil sistemi



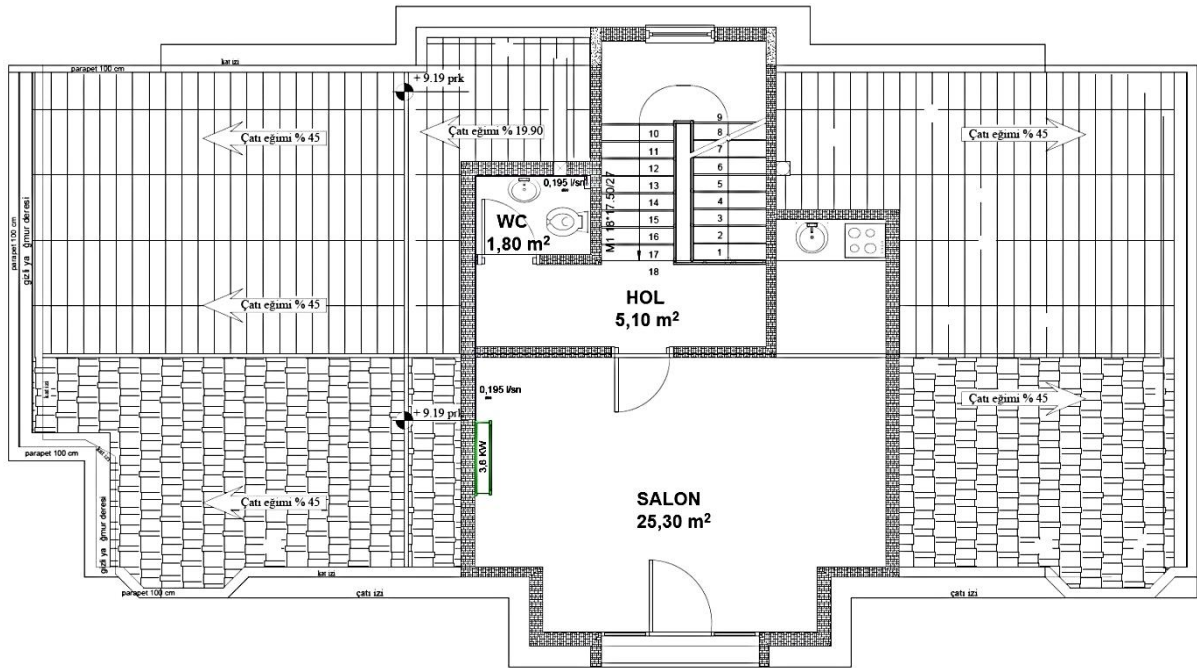
(a) Bodrum kat hava kaynaklı ısı pompalı fan-coil sistemi



(b) Zemin kat hava kaynaklı ısı pompalı fan-coil sistemi

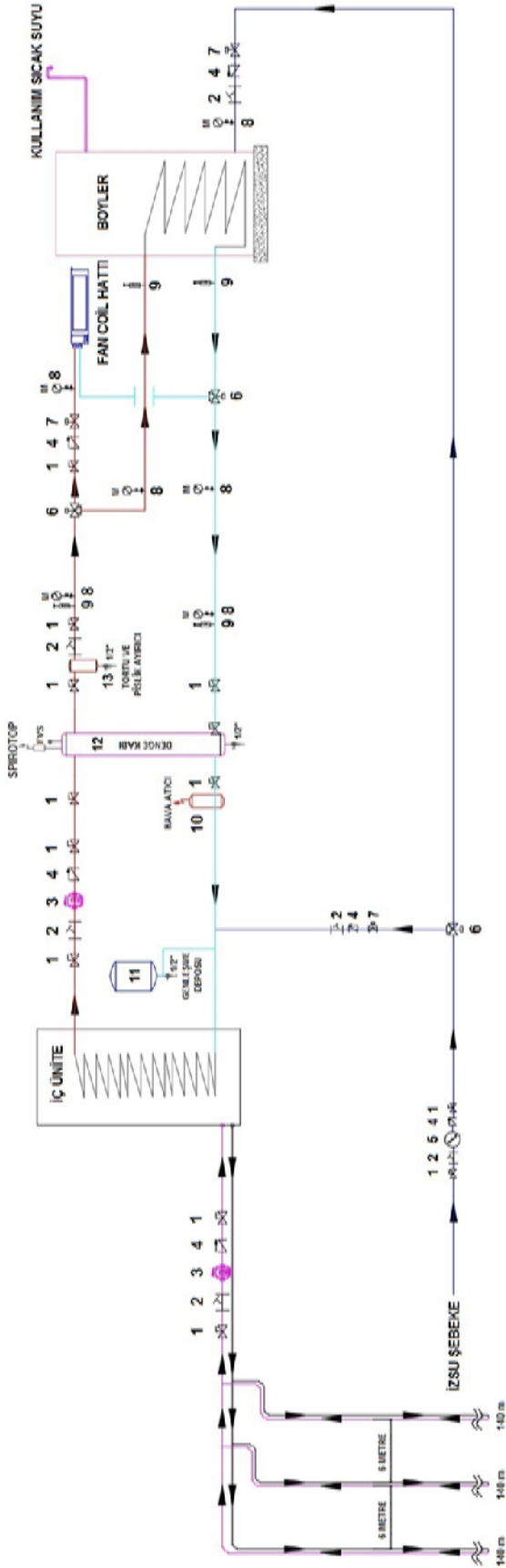


(c) 1.Kat hava kaynaklı ısı pompalı fan-coil sistemi

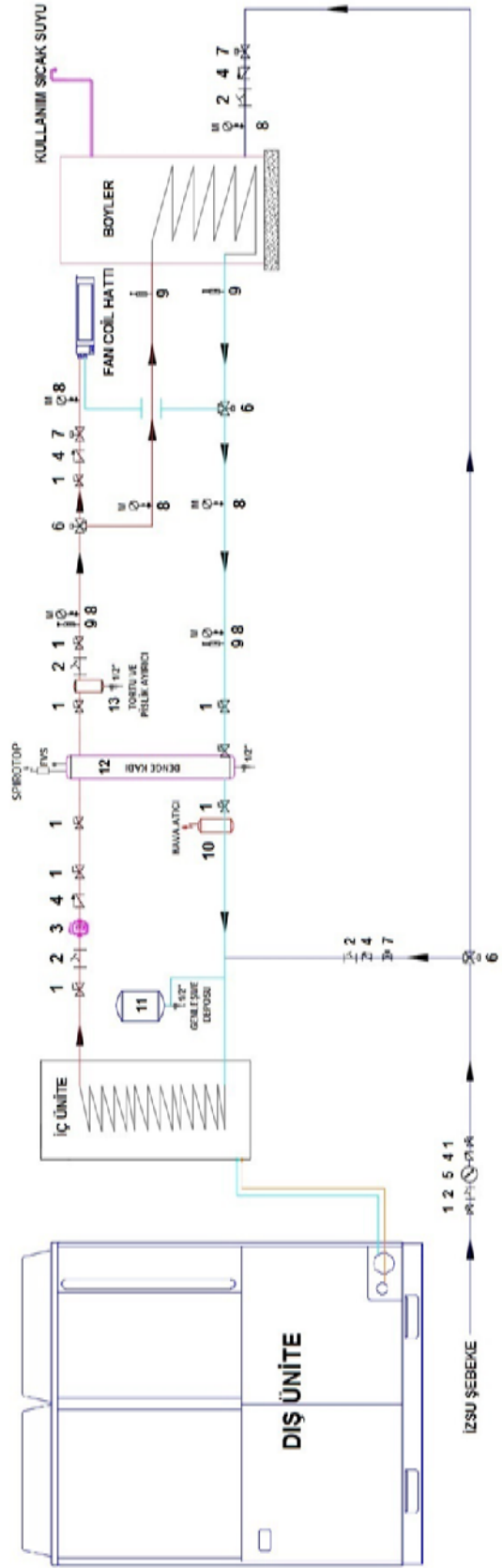


(d) Çatı katı hava kaynaklı ısı pompalı fan-coil sistemi

Şekil 11. Villanın hava kaynaklı ısı pompası tesisat projesi



Şekil 12. Toprak kaynaklı I.P. tek hat şeması



Şekil 13. Hava kaynaklı I.P. tek hat şeması

5. MALİYET HESAPLAMALARI

Bu çalışma kapsamında yapılan maliyet değerlendirmelerinde, 2016 yılı Aralık ayının fiyatları baz alınmıştır.

5.1 VRF Sistem Maliyeti

Çalışma kapsamında projelendirmesi gerçekleştirilen villanın iklimlendirilmesinde VRF sisteminin kullanılması durumunda ortaya çıkacak maliyet değerlendirmesi Tablo 3'te verilmektedir. Yapılan inceleme sonucunda VRF sisteminin toplam maliyeti 43.544,60 ₺ olarak hesaplanmıştır.

Tablo 3. VRF sistem maliyeti

No	Sistem Elemanları	Birim	Miktar	Birim Fiyat	Toplam Fiyat
1	Isı Pompası VRF Dış Ünite Temini				
1-1	10 hp $Q_s / Q_i = 28.0/31.5$ kW	Adet	1	19.852,00 ₺	19.852,00 ₺
2	Orta Statik Basıncılı Kanallı Tip İç Ünite Temini				
2-1	$Q_s / Q_i = 2.2/2.5$ kW (10-100 Pa - 780 m ³ /h)	Adet	1	1.034,00 ₺	1.034,00 ₺
2-2	$Q_s / Q_i = 2.8/3.2$ kW (10-100 Pa - 780 m ³ /h)	Adet	1	1.133,00 ₺	1.133,00 ₺
3	Dört Yöne Üflemeli Kaset Tip İç Ünite Temini				
3-1	$Q_s / Q_i = 5.6/6.3$ kW	Adet	2	1.595,00 ₺	3.190,00 ₺
4	Duvar Tipi İç Ünite Temini				
4-1	$Q_s / Q_i = 2.2/2.5$ kW	Adet	4	880,00 ₺	3.520,00 ₺
4-2	$Q_s / Q_i = 3.6/4.0$ kW	Adet	1	1.100,00 ₺	1.100,00 ₺
5	Kumanda Temini				
5-1	Kablolu Kumanda	Adet	9	304,00 ₺	2.736,00 ₺
6	Isı Pompası Joint Temini				
6-1	25 kW'a kadar	Adet	8	145,74 ₺	1.165,92 ₺
7	Tesisat Alt Yapısı Temini ve Montajı				
7-1	Bakır boru tesisat alt yapısı ve iç ünite drenaj tesisat yapısı	Grup	1	7.244,51 ₺	7.244,51 ₺
8	Montaj, Test ve Devreye Almalar				
8-1	İç ünite, dış ünite ve kumandaların montajı, sistem basınç testi, ilave gaz şarjı ve sistem devreye alma	Grup	1	2.569,17 ₺	2.569,17 ₺
				TOPLAM :	43.544,60 ₺

5.2 Multi Sistem Maliyeti

Çalışma kapsamında projelendirmesi gerçekleştirilen villanın iklimlendirilmesinde multi sisteminin kullanılması durumunda ortaya çıkacak maliyet değerlendirmesi Tablo 4'te verilmektedir. Yapılan inceleme sonucunda multi sisteminin toplam maliyeti 50.492,75 ₺ olarak hesaplanmıştır.

Tablo 4. Multi sistem maliyeti

No	Sistem Elemanları	Birim	Miktar	Birim Fiyat	Toplam Fiyat
1	Multi 1 Sistemi				
1-1	Dış Ünite $Q_s / Q_i = 8.0/9.4$ kW	Adet	1	7.397,50 ₺	7.397,50 ₺
1-2	Duvar Tipi İç Ünite $Q_s / Q_i = 2.2/2.5$ kW	Adet	1	880,00 ₺	880,00 ₺
1-3	4 Yöne Üflemlili Kaset Tipi İç Ünite $Q_s / Q_i = 5.6/6.3$ kW	Adet	1	1.595,00 ₺	1.595,00 ₺
2	Multi 2 Sistemi				
2-1	Dış Ünite $Q_s / Q_i = 10.0/12.0$ kW	Adet	1	9.450,10 ₺	9.450,10 ₺
2-2	Duvar Tipi İç Ünite $Q_s / Q_i = 2.2/2.5$ kW	Adet	2	880,00 ₺	1.760,00 ₺
2-3	Gizli Tavan Tipi İç Ünite $Q_s / Q_i = 2.2/2.5$ kW	Adet	1	1.034,00 ₺	1.034,00 ₺
2-4	Gizli Tavan Tipi İç Ünite $Q_s / Q_i = 2.8/3.2$ kW	Adet	1	1.133,00 ₺	1.133,00 ₺
3	Multi 3 Sistemi				
3-1	Dış Ünite $Q_s / Q_i = 12.0 / 14.0$ kW	Adet	1	11.220,00 ₺	11.220,00 ₺
3-2	Duvar Tipi İç Ünite $Q_s / Q_i = 2.2/2.5$ kW	Adet	1	880,00 ₺	880,00 ₺
3-3	Duvar Tipi İç Ünite $Q_s / Q_i = 3.6/4.0$ kW	Adet	1	1.100,00 ₺	1.100,00 ₺
3-4	4 Yöne Üflemlili Kaset Tipi İç Ünite $Q_s / Q_i = 5.6/6.3$ kW	Adet	1	1.595,00 ₺	1.595,00 ₺
4	Tesisat Alt Yapısı Temini ve Montajı				
4-1	Bakır boru tesisat alt yapısı ve iç ünite drenaj tesisat yapısı	Grup	1	8.825,19 ₺	8.825,19 ₺
5	Montaj, Test ve Devreye Almalar				
5-1	İç ünite, dış ünite ve kumandaların montajı, sistem basınç testi, ilave gaz şarjı ve sistem devreye alma	Grup	1	3.622,96 ₺	3.622,96 ₺
				TOPLAM :	50.492,75 ₺

5.3 Isı Pompası ve Fan-coil Sistem Maliyeti

Çalışma kapsamında projelendirmesi gerçekleştirilen villanın iklimlendirilmesinde fan-coil sisteminin kullanılması durumunda ortaya çıkacak maliyet değerlendirmesi Tablo 5'te verilmektedir. Yapılan inceleme sonucunda fan-coil sisteminin maliyeti 33.451,56 ₺ olarak hesaplanmıştır.

Fan-coil sisteminin maliyetine ek olarak, toprak kaynaklı ısı pompası sisteminin kullanılması durumunda ortaya çıkacak maliyet değerlendirmesi Tablo 6'da, hava kaynaklı ısı pompası sisteminin kullanılması durumunda ortaya çıkacak maliyet değerlendirmesi ise Tablo 7'de verilmektedir. Yapılan inceleme sonucunda toprak kaynaklı ısı pompası sisteminin toplam maliyeti 106.864,06 ₺ ve hava kaynaklı ısı pompası sisteminin toplam maliyeti 51.451,56 ₺ olarak hesaplanmıştır. Bahsi geçen tablolardan da görüldüğü üzere, toprak kaynaklı ve hava kaynaklı ısı pompası sistem maliyetlerine, fan-coil sistem maliyeti dahil edilmiştir.

Tablo 5. Fan-coil Sistem Maliyeti

No	Sistem Elemanları	Miktar	Birim	Birim Fiyat	Toplam Fiyat
1	Dikişli Siyah Boru Montaj Dahil 1/2"	19	m	3,80 ₺	72,20 ₺
2	Dikişli Siyah Boru Montaj Dahil 3/4"	20	m	5,00 ₺	100,00 ₺
3	Dikişli Siyah Boru Montaj Dahil 1"	30	m	7,70 ₺	231,00 ₺
4	Dikişli Siyah Boru Montaj Dahil 1-1/4"	20	m	9,80 ₺	196,00 ₺
5	Dikişli Siyah Boru Montaj Dahil 2"	14	m	16,18 ₺	226,52 ₺
6	Dikişli Siyah Boru Montaj Dahil 2-1/2"	28	m	20,50 ₺	574,00 ₺
7	Siyah Boru Fittings Bedeli	40%		1.399,72 ₺	559,89 ₺
8	Armafleks Montaj Dahil 1/2"-9 mm	19	m	0,59 ₺	11,21 ₺
9	Armafleks Montaj Dahil 3/4"-9 mm	20	m	0,75 ₺	15,00 ₺
10	Armafleks Montaj Dahil 1"-13 mm	30	m	1,33 ₺	39,90 ₺
11	Armafleks Montaj Dahil 1-1/4"-13 mm	20	m	1,55 ₺	31,00 ₺
12	Armafleks Montaj Dahil 2"-13 mm	14	m	2,18 ₺	30,52 ₺
13	Armafleks Montaj Dahil 2-1/2"-13 mm	28	m	2,95 ₺	82,60 ₺
14	Antipas Boru Boyama 1/2"-1"	69	m	1,88 ₺	129,72 ₺
15	Antipas Boru Boyama 1-1/4"-1-1/2"	20	m	2,81 ₺	56,20 ₺
16	Antipas Boru Boyama 2"-2 1/2"	42	m	3,75 ₺	157,50 ₺
17	AB-QM Kombine Dinamik Balans Vanası 230V On / Off 1/2"	8	Ad	420,00 ₺	3.360,00 ₺
18	AB-QM Kombine Dinamik Balans Vanası 230V On / Off 3/4"	2	Ad	444,00 ₺	888,00 ₺
19	AB-QM Kombine Dinamik Balans Vanası 230V On / Off 1"	4	Ad	508,00 ₺	2.032,00 ₺
20	AB-QM Kombine Dinamik Balans Vanası 230V On / Off 1-1/4"	4	Ad	860,00 ₺	3.440,00 ₺
21	Flexible bağlantı seti, L=75cm Montaj Dahil 1/2"	8	Ad	30,00 ₺	240,00 ₺
22	Flexible bağlantı seti, L=75cm Montaj Dahil 3/4"	2	Ad	43,50 ₺	87,00 ₺
23	Flexible bağlantı seti, L=75cm Montaj Dahil 1"	4	Ad	53,10 ₺	212,40 ₺
24	Flexible bağlantı seti, L=75cm Montaj Dahil 1-1/4"	4	Ad	61,25 ₺	245,00 ₺
25	Otomatik Hava Tahliye Purjörü 1/2"	18	Ad	20,70 ₺	372,60 ₺
26	Küresel Vana Pirinç Dişli 1/2"	9	Ad	14,20 ₺	127,80 ₺
27	Küresel Vana Pirinç Dişli 3/4"	2	Ad	17,70 ₺	35,40 ₺
28	Küresel Vana Pirinç Dişli 1"	4	Ad	27,30 ₺	109,20 ₺
29	Küresel Vana Pirinç Dişli 1-1/4"	4	Ad	58,90 ₺	235,60 ₺
30	Pislik Tutucu Pirinç Dişli 1/2"	8	Ad	12,35 ₺	98,80 ₺
31	Pislik Tutucu Pirinç Dişli 3/4"	2	Ad	14,85 ₺	29,70 ₺
32	Pislik Tutucu Pirinç Dişli 1"	4	Ad	21,75 ₺	87,00 ₺
33	Pislik Tutucu Pirinç Dişli 1-1/4"	4	Ad	35,30 ₺	141,20 ₺
34	Pislik Tutucu Pirinç Dişli 2-1/2"	2	Ad	100,00 ₺	200,00 ₺
35	Fan-coil Duvar Tipi (Q _s :2.20 kW, Q _i :3.10 kW, Q _{debi} :360 m ³ /h 2 Borulu)	4	Ad	1.341,88 ₺	5.367,52 ₺
36	Fan-coil Duvar Tipi (Q _s :4.07 kW, Q _i :5.75 kW, Q _{debi} :720 m ³ /h 2 Borulu)	1	Ad	1.762,79 ₺	1.762,79 ₺
37	Fan-coil 4 Yöne Üflemleri Kaset Tipi (Q _s :5.70 kW, Q _i :16.45 kW, Q _{debi} :850 m ³ /h 2 Borulu)	2	Ad	2.132,75 ₺	4.265,50 ₺
38	Fan-coil Gizli Tavan Tipi(Q _s :2.20 kW, Q _i :3.70 kW, Q _{debi} : 339 m ³ /h 2 Borulu)	1	Ad	1.769,06 ₺	1.769,06 ₺
39	Fan-coil Gizli Tavan Tipi(Q _s :3.11 kW, Q _i :5.52 kW, Q _{debi} : 515 m ³ /h 2 Borulu)	1	Ad	1.956,53 ₺	1.956,53 ₺
40	Drenaj Tesisatı / Siyah Sert PVC Boru Ø25 mm	75	m	2,25 ₺	168,75 ₺
41	Drenaj Tesisatı / Siyah Sert PVC Boru Ø32 mm	45	m	2,75 ₺	123,75 ₺
42	Drenaj Tesisatı / Siyah Sert PVC Boru Ø40 mm	16	m	3,25 ₺	52,00 ₺
43	Drenaj Tesisatı / Siyah Sert PVC Boru Fittings Bedeli	40%		344,50 ₺	137,80 ₺
44	Drenaj Hattı 6mm. Kauçuk İzolasyon Ø25 mm	75	m	1,00 ₺	75,00 ₺
45	Drenaj Hattı 6mm. Kauçuk İzolasyon Ø32 mm	45	m	1,25 ₺	56,25 ₺
46	Drenaj Hattı 6mm. Kauçuk İzolasyon Ø40 mm	16	m	2,00 ₺	32,00 ₺
47	Sirkülasyon Pompası 2-1/2"	1	Ad	612,50 ₺	612,50 ₺
48	Termometre Ø63 mm - 1/2" Arkadan Bağlantılı	4	Ad	12,00 ₺	48,00 ₺
49	Manometre Ø63 mm - 1/4" Alttan Bağlantılı Yağlı Tip	13	Ad	23,00 ₺	299,00 ₺
50	Tortu ve Pislik Ayırıcı 2-1/2"	1	Ad	371,25 ₺	371,25 ₺
51	Hava Atıcı 2-1/2"	1	Ad	382,00 ₺	382,00 ₺
52	Denge Kabı 2-1/2"	1	Ad	377,60 ₺	377,60 ₺
53	Genleşme Deposu 50 Lt.	1	Ad	129,80 ₺	129,80 ₺
54	Kelebek Vana 2-1/2"	8	Ad	92,00 ₺	736,00 ₺
55	Çekvalf Yaylı Tip 1/2"	4	Ad	12,00 ₺	48,00 ₺
56	Çekvalf Yaylı Tip 3/4"	1	Ad	13,50 ₺	13,50 ₺
57	Çekvalf Yaylı Tip 1"	2	Ad	18,50 ₺	37,00 ₺
58	Çekvalf Yaylı Tip 1-1/4"	2	Ad	25,00 ₺	50,00 ₺
59	Çekvalf Yaylı Tip 2-1/2"	1	Ad	125,00 ₺	125,00 ₺
				TOPLAM :	33.451,56 ₺

Tablo 6. Toprak kaynaklı ısı pompası sistem maliyeti

No	Sistem Elemanları	Birim	Miktar	Birim Fiyat	Toplam Fiyat
1	Toprak Kaynaklı Isı Pompası Sistemi				
1-1	Isı Pompası Sistemi	1	Grup	10.900,00 ₺	10.900,00 ₺
1-2	Sondaj Sistemi (İşçilik+Malzeme)	1	Grup	62.512,50 ₺	62.512,50 ₺
2	Fan-coil Sistem Maliyeti	1	Grup	33.451,56 ₺	33.451,56 ₺
				TOPLAM :	106.864,06 ₺

Tablo 7. Hava kaynaklı ısı pompası sistem maliyeti

No	Sistem Elemanları	Birim	Miktar	Birim Fiyat	Toplam Fiyat
1	Hava Kaynaklı Isı Pompası Sistemi				
1-1	Isı Pompası Sistemi	1	Grup	18.000,00 ₺	18.000,00 ₺
2	Fan-coil Sistem Maliyeti	1	Grup	33.451,56 ₺	33.451,56 ₺
				TOPLAM :	51.451,56 ₺

6. SONUÇ

Bu çalışma kapsamında, İzmir ilinde bulunan ve TS-825 standardına uygun olarak yalıtılmış bir villanın incelemesi gerçekleştirilmiştir. Değerlendirilen villanın konum, yapı vb. bileşenleri dikkate alınarak ısıtma ve soğutma yükleri hesaplanmıştır. Gereken yükleri sağlayacak şekilde değişken debili soğutucu akışkan (VRF) sistemin, multi sistemin, toprak kaynaklı ısı pompalı sistemin ve hava kaynaklı ısı pompalı sistemin villada kullanılması durumları incelenmiştir. Projelendirilmesi gerçekleştirilen farklı iklimlendirme sistemlerinin maliyet hesaplamaları verilmiştir. Yapılan maliyet değerlendirmeleri sonucunda, VRF sisteminin toplam maliyeti 43.544,60 ₺, multi sistemin toplam maliyeti 50.492,75 ₺, toprak kaynaklı ısı pompası sisteminin toplam maliyeti 106.864,06 ₺ ve hava kaynaklı ısı pompası sisteminin toplam maliyeti 51.451,56 ₺ olarak hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalar göstermektedir ki; VRF sisteminin toplam maliyeti en düşük seviyelerde olmaktadır. Multi sistemin toplam maliyeti, hava kaynaklı ısı pompası sisteminin toplam maliyeti ile yaklaşık olarak aynı değerlere sahiptir. VRF sisteminin; multi sistem maliyetinden düşük olmasının sebebi, tek dış üniteye sahip olması, ve hava kaynaklı ısı pompası sistem maliyetinden düşük olmasının sebebi ise tesisat farklılığı gibi durumlardan kaynaklanmaktadır. İncelenen iklimlendirme sistemlerindeki en yüksek maliyete toprak kaynaklı ısı pompası sistemi sahiptir. Bunun temel sebebi sondaj maliyetidir.

Toprak sıcaklıkları, ısıtma sezonunda dış havadan daha yüksek sıcaklıklarda ve soğutma sezonunda dış havadan daha düşük sıcaklıklarda kalarak tüm yıl boyunca diğer ısı kaynaklarına nazaran daha kararlı olmaktadır. Isı kaynağı sıcaklıklarının kararlı olması yıl boyunca sistem verimliliklerinin yüksek olmasına neden olmaktadır. Bu nedenle, incelenen farklı iklimlendirme sistemlerinin yıl içerisindeki verimlilikleri değiştiğinden dolayı işletme maliyetleri farklılık göstermektedir. Yapılacak çalışmalarda bu tür sistemlerin daha etkin şekilde kıyaslanabilmeleri için işletme maliyetlerinin de dikkate alınarak değerlendirmelerin yapılması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] RECEP YAMANKARADENİZ, İLHAMİ HORUZ, SALİH COŞKUN, ÖMER KAYNAKLI, NURETTİN YAMANKARADENİZ, “İklimlendirme Esasları ve Uygulamaları”, Dora Yayıncılık, 2008.
- [2] BÜLENT VURAL, “Isı Pompalı Sulu Tip Isıtma Soğutma Tesisatları ve Binalarda Isıl Konfor Şartlarının Sağlanması”, newtherm, teknik makale, 2013
(http://www.newtherm.com.tr/pdf/isipompali_sulutip_tesisatlar.pdf).
- [3] <https://tr.wikipedia.org/wiki/İzmir>
- [4] <http://vrf-sistemleri.com/vrf-nedir.asp>
- [5] <http://www.mitsubishiklima.com.tr/multi-klima-ileri-teknoloji-yuksekkonfor/>
- [6] <http://fan-coil.com/>
- [7] RECKNAGEL, SPRENGER, SCHRAMEK, “Isıtma ve Klima Tekniği El Kitabı”, TTMD.
- [8] BÜLENT VURAL, “Isı Pompaları Hakkında Genel Bilgiler”, newtherm, teknik makale, 2011
(http://www.newtherm.com.tr/pdf/isipompalarihakkinda_TM145.pdf).
- [9] UĞUR AKBULUT, ÖZGEN AÇIKGÖZ, OLCAY KINCAI, “Dikey Tip Toprak Kaynaklı Isı Pompası Sisteminin Konvansiyonel Sistemlerle Ekonomik Olarak Karşılaştırılması”, IV. EGE ENERJİ SEMPOZYUMU, İzmir, 2008
- [10] İLHAMİ HORUZ, “Toprak Kaynaklı Isı Pompaları Ders Notu”, Gazi Üniversitesi, Temiz Enerji Araştırma ve Uygulama Merkezi.
- [11] OLCAY KINCAI, GALİP TEMİR, “Toprak ve Hava Kaynaklı, Isı Pompalı Sistemlerin Ekonomik İncelenmesi”, Tesisat Mühendisliği Dergisi, Sayı 59, 2009.

ÖZGEÇMİŞ

Emre Ufuk ERDEM

1991 yılı İstanbul doğumludur. 2010 yılında Namık Kemal Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Mekatronik Bölümü'nü bitirmiştir. 2012 yılında ortak olduğu Sapar Makine Ltd.Şti.'nde şirket müdürü olarak teknik satış konularında çalışmalarını sürdürmektedir. Aynı zamanda Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü son sınıf öğrencisidir.

İlkin BAHÇECİ

1980 yılı Ankara doğumludur. 2012 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü'ne başlamıştır. 2013 yılında Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü'ne yatay geçiş yapmıştır ve şu an son sınıf öğrencisidir.

Anıl ARZIK

1991 yılı İzmir doğumludur. 2015 yılında Manisa Celal Bayar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü'nü bitirmiştir. Yüksek lisans eğitimine 2016 yılında Ege Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü'nde başlamıştır ve çalışmalarına Termodinamik Anabilim Dalı'nda devam etmektedir. 2014 yılının başından bu yana İPİ Mühendislik firmasında Proje ve Saha Mühendisi olarak çalışmaktadır.

Özay AKDEMİR

1975 yılı Ankara doğumlu, evli ve iki çocuk babasıdır. 1997 yılında Manisa Celal Bayar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü'nü bitirmiştir. Yüksek Lisans eğitimini 2001 yılında Ege Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü'nde ve doktora eğitimini 2007 yılında Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü'nde tamamlamıştır. 1998-2007 yılları arasında Ege Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak görev yapmıştır. 2007 yılından beri Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü'nde Yrd. Doç. Dr. olarak görev yapmaktadır.