

Çatı Tipi Paket Klima Cihazı için Kondenser Tarafında Evaporatif Soğutma Uygulaması

Nisa Özçakır^{*1}, Hüseyin Günerhan²

ÖZ

Bu çalışmada klasik çatı tipi klimalar ile kondenser tarafı evaporatif soğutmalı çatı tipi klimaların performansları ve enerji verimlilikleri karşılaştırılmıştır. Evaporatif soğutma yüksek verimli direkt buharlaşmalı soğutma pedi ile sağlanmıştır. Enerji verimliliğini arttırmak hedeflenmiştir. Çalışma, 50 kW'lık soğutma kapasiteli bir klima cihazının EUROVENT ve tropik bölgede çalışması durumunda pedli ve pedsiz olması göz önüne alınıp karşılaştırılarak gerçekleştirilmiştir.

Ped kullanılması durumunda, kondensere gelen soğutma havasının sıcaklığı düşmüş, kompresör küçülmüş ve aynı soğutma kapasitesi elde edilmiştir. COP, EER değerlerinde yaklaşık %30 artış sağlanmıştır. Tropik bölge için seçilen cihazda ise COP, EER değerindeki artış çok daha büyük orandadır (%50).

Çalışma sonucunda ped kullanılması ile kompresör, kondenserlerde küçülme ve enerji verimli çatı tipi klima cihazlarının yapılabileceği ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: Çatı tipi paket klima cihazı, direkt buharlaşmalı soğutma pedi, evaporatif soğutma

Investigation of “Evaporative Pad” Application on the Condenser Side of Rooftop Type Air Conditioner Devices

ABSTRACT

In this study, performance, energy efficiencies of widely used conventional roof type packaged air conditioners and condenser side evaporative cooling roof type packaged air conditioners are compared. Evaporative cooling is provided by high efficient direct evaporative cooling pad. The main purpose of this application is to increase energy efficiency. The study was carried out for 50 kW cooling capacity unit considering working conditions of EUROVENT and tropical region.

Pad usage, the same cooling capacity is achieved while the condenser air inlet temperature decreased and the compressor size reduced. COP, EER values increased by approximately 30%. In tropic region, the increment in COP, EER is much larger (50%).

As a result, it is revealed that compressors and condensers can be downsized and energy efficient roof type air conditioners can be built by using pads.

Keywords: Roof type package air conditioner, direct evaporative cooling pad, evaporative cooling

* İletişim Yazarı

Geliş/Received : 22.08.2020

Kabul/Accepted : 15.10.2020

¹ Doğu İklimlendirme, İTOB Org. Sanayi Bölgesi, Menderes-İzmir
nisa.ozcakir@doguiklimlendirme.com, ORCID: 0000-0002-1519-7956

² Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü, Bornova-İzmir
huseyin.gunerhan@ege.edu.tr, ORCID: 0000-0003-4256-2418

EXTENDED ABSTRACT

Rooftop package air handling units are devices that contain evaporator (evaporator) and condenser (condenser) coils, which are among the most important components of the refrigeration cycle, in a single body, and can only operate as cooling or reversible. Since these devices have all the features of heating-cooling and ventilation, they play a big role in the air conditioning of large spaces.

In roof type package air handling units, the part called the indoor unit is the evaporator coil, and the part called the outdoor unit is the condenser coil. These package assemblies, which have classical cooling cycle components, are designed with the principle of maximum energy saving with the developing technology.

Air conditioning is quite difficult in tropical climates with high temperature and humidity. Condenser capacities and energy consumption are relatively large when using rooftop packaged air conditioners, which are generally preferred for large-volume air conditioning under tropical conditions. Different applications have been considered so far to reduce the amount of energy they consume and the space they occupy. The application of an evaporative cooling pad on the condenser side of the rooftop package air conditioners, which is one of these, can be an alternative in terms of performance for operating in tropical climates.

In this study, performance, costs and energy efficiencies of widely used conventional roof type packaged air conditioners and condenser side evaporative cooling roof type packaged air conditioners are compared. Evaporative cooling is provided by high efficient direct evaporative cooling pad. The main purpose of this application is to increase energy efficiency. The study was carried out for 50 kW cooling capacity unit for EUROVENT and tropical region by taking into consideration the comparison of pads and without pads.

High efficiency evaporative pad provides enough water-air contact area to support water evaporation. Thanks to the evaporation process, the Temperature of the air before it reaches the condenser is greatly reduced. This allows the condenser to work more efficiently with less energy. The results are promising and feasible, especially for devices that will operate in high temperature climatic conditions such as the Middle East. 46.1 °C, 28.5% relative humidity, which is Kuwait's summer temperature requirement, was accepted as the design parameter. Although the study is considered for tropical climatic conditions, it has been detailed to see the results under Eurovent conditions. Therefore, the results for pad application can be compared for both Eurovent and tropical regions. In the case of pad application in tropical climate conditions, if the difference between the condenser inlet temperature and the condensation temperature is kept constant, a higher COP value is obtained and if this difference is not kept constant, a smaller condenser is obtained.

In case of pad usage, the temperature of the cooling air coming to the condenser is decreased, the compressor is reduced and the same cooling capacity is achieved. In this case the condensation temperature is also decreased. COP and EER values increased by approximately 30%. For the tropic region, the increment in COP and EER is much larger (around 50%).

In the study, conventional unit's (without pad) compressor and condensation temperature were selected for unit with evaporative cooling (with pad) and the results were compared as well. In this case, the same cooling capacity was reached with a smaller condenser. The COP and EER values are the same as the system without pad.

As a result, it is revealed that downsizing in compressors and condensers and energy efficient roof type air conditioners can be built by using pads. In addition, the use of pads in tropical regions is much more meaningful. In this study, it has been shown that more efficient device can be achieved by selecting small compressor and smaller size device can be obtained by choosing smaller condenser through the evaporative cooling.

Previous studies were designed separately for evaporative pad and roof type air conditioners, and later on the harmonious operation of these two systems. However, this study is the first example of the compact application of the rooftop package air handling unit in a single body with the evaporative pad application. In this way, since the two systems are designed in harmony with each other from the very beginning, the most efficient system possible has been made compact so that no operation is required in the field with the logic of plug and play. This study is a first in nature and in the world at the same time as Turkey prepared TÜBİTAK project and the application is made.



1. GİRİŞ

Yüksek sıcaklık ve nem oranına sahip tropik iklim koşullarında iklimlendirme oldukça zordur. Tropik şartlar altında genellikle büyük hacimli iklimlendirme için tercih edilen çatı tipi paket klimalar kullanıldığında, kondenser kapasiteleri ve enerji tüketimi nispeten büyüktür. Tükettiği enerji miktarını ve işgal ettikleri alanı azaltmak için şimdiye kadar farklı uygulamalar düşünülmüştür. Bunlardan biri olan çatı tipi paket klima cihazlarının kondenser tarafına evaporatif soğutma pedi uygulaması, tropik iklim koşullarında çalışması için performans açısından bir alternatif olabilir.

Yüksek verimli evaporatif ped, suyun buharlaşmasını desteklemek için yeterli su-hava temas alanı sağlar. Buharlaşma işlemi sayesinde, kondensere ulaşmadan önce havanın sıcaklığı büyük ölçüde azalır. Bu, kondenserin daha az enerji ile daha verimli çalışmasını sağlar. Özellikle Orta Doğu gibi yüksek sıcaklıktaki iklim koşullarında çalışacak cihazlar için uygundur.

Yüksek sıcaklığa sahip Kuveyt'in yaz sıcaklık şartı olan 46,1 °C, %28,5 bağıl nem tasarım parametresi olarak kabul edilmiştir. Her ne kadar çalışma tropikal iklim koşulları için düşünülse de, Eurovent koşullarındaki sonuçları da görmek için çalışma detaylandırılmıştır. Bu nedenle ped uygulaması ile ilgili sonuçlar hem Eurovent hem de tropikal bölgeler için karşılaştırılmalı olarak verilmiştir.

Tropikal iklim koşullarında ped uygulaması durumunda, kondenser giriş sıcaklığı ile kondenzasyon sıcaklığı arasındaki fark sabit tutulursa, daha yüksek bir COP değeri elde edilir ve bu fark sabit tutulmaz ise daha küçük bir kondenser elde edilir.

2. GENEL BİLGİLER

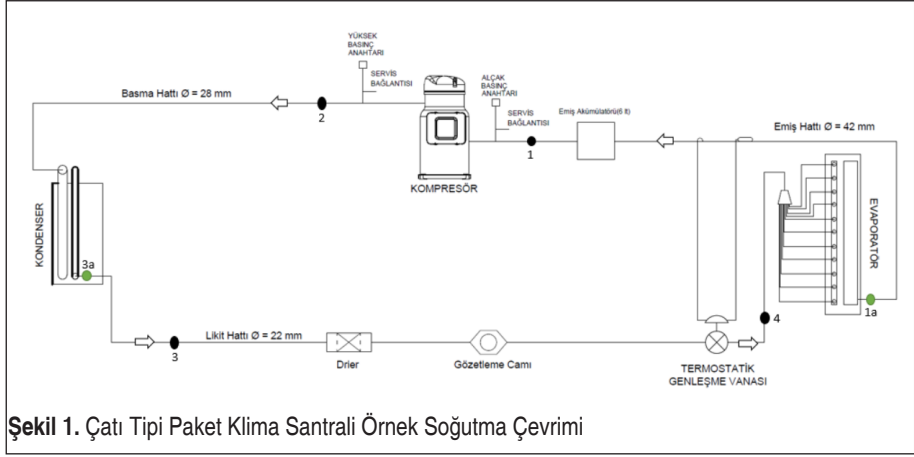
2.1 Çatı Tipi Paket Klima Santrali

Çatı tipi paket klima santralleri soğutma çevriminin en önemli bileşenlerden olan evaporatör (buharlaştırıcı) ve kondenser (yoğuşturucu) bataryalarının tek bir gövdede bulunduğu sadece soğutma veya tersinir olarak çalışabilen düzeneklerdir. Bu düzenekler ısıtma-soğutma ve havalandırma özelliklerinin hepsine sahip olduğundan büyük mahallerin iklimlendirilmesinde büyük bir rol oynamaktadır.

Çatı tipi paket klima santrallerinde iç ünite olarak adlandırılan kısım evaporatör bataryası, dış ünite olarak adlandırılan kısım ise kondenser bataryasıdır. Klasik soğutma çevrimi bileşenlerine sahip olan bu paket düzenekler gelişen teknoloji ile birlikte maksimum enerji tasarrufu ilkesi ile tasarlanmaktadır.

Klasik soğutma çevrimi ile çatı tipi paket klima santralinin çalışma prensibi Şekil 1 ile verilmiştir.

Şekil 1'de sadece soğutma amaçlı çalışan bir çatı tipi klima düzeneğinin soğutma çev-



Şekil 1. Çatı Tipi Paket Klima Santrali Örnek Soğutma Çevrimi

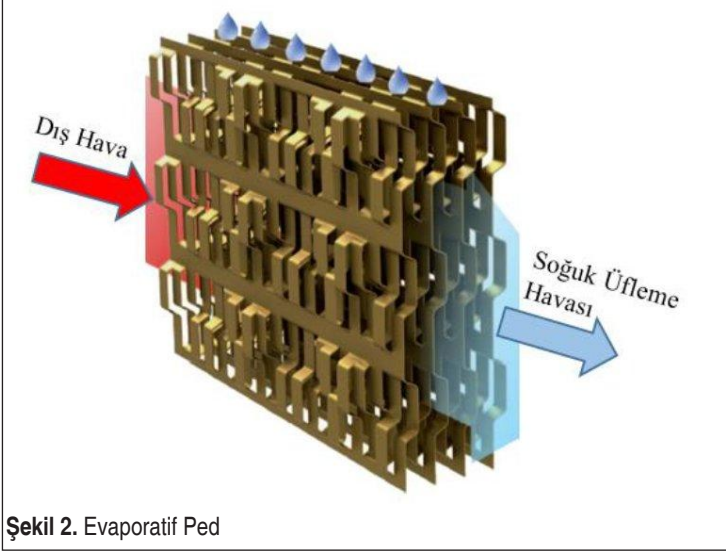
riminin şematik gösterimi verilmiştir. Burada kompresör yardımı ile yüksek basınç hattına gönderilen soğutucu akışkan kondenser yardımı ile yoğunlaştırılır. Daha sonra sıvı halde likit hattına gönderilir. Likit hattında bulunan termostatik genleşme vanası yardımı ile sıvı haldeki gaz entalpisi sabit kalacak şekilde buharlaştırıcı basıncına kadar düşürülür. Basıncı düşürülen soğutucu akışkan evaporatör bataryasında buharlaştırılır. Bu esnada evaporatör üzerinden geçen hava soğutulmuş ve mahale istenen şartlandırılmış soğuk hava basılmaktadır. Evaporatörde buharlaştırılan soğutucu akışkan alçak basınç hattından geçer, soğutma çevrimini tamamlar ve kompresöre geri döner. Böylece soğutma çevrimi tamamlanmakta ve taze hava istenilen seviyeye kadar soğutulmakta, bir fan yardımı ile de şartlandırılan hava mahale basılmaktadır. Dış ünite tarafında yani kondenserde ise; kondenser ısıısını atabilmek amacı ile yine bir fan yardımı ile bataryanın üzerinden taze hava sirkülasyonu yapılmaktadır. Çevrim ısının alınması ve geri kazanılması halinde sürekli devam etmektedir [1-2].

2.2 Evaporatif Soğutma ve Ped

Evaporatif soğutma, hava ile temas eden su zerreciklerinin havadan çektiği ısıyı kullanarak buharlaşması sonucu hava sıcaklığında düşüş sağlanması prensibine dayanmaktadır. Bu yöntem genellikle ilk bilinen soğutma yöntemlerinden olmasına rağmen tercih edilen bir yöntem değildir. Son yıllara enerji verimliliğine verilen önem arttığı için bu yönetime başvurulmaktadır.

Evaporatif ped üzerine pompa yardımı ile püskürtülen su sayesinde hava soğutulur. Evaporatif pedlerin özelliği suyu uzun süre üzerinde tutması ve yüksek hava geçirgenliğine sahip olan özel malzemelerden üretilmeleridir (Şekil 2).

Bu yöntemde hava fan yardımıyla evaporatif ped üzerinden geçerken pompa ile püskürtülen su ped üzerinde buharlaşarak havayı soğutmaktadır [3].



Şekil 2. Evaporatif Ped

Tasarımda kullanılan evaporatif ped korozyon önleyici kaplamalı HydroChill [4] kanatlardan yapılmaktadır. HydroChill kanat teknolojisi özel kanat yapıları sayesinde ince su tutucu kaplaması ile %90'ı aşan buharlaşma verimliliği sağlanırken basınç düşümünü de minimumda tutmaktadır.

Kalıcı antibakteriyel kaplama sayesinde ped kullanım ömrü boyunca %99,99 oranında bakteri oluşumunu engeller [4].

Kullanılan evaporatif pedin özellikleri aşağıda verildiği gibidir:

- Korozyon önleyici kaplamalı alüminyum kanatlar
- Hidrofilik ve hidroskopik su tutucu kapama
- Kalıcı antibakteriyel kaplama
- Tamamen modüler ve kendi kendini destekleyen çerçeve
- Entegre su dağıtım sistemi ve drenaj tavası
- Dikey kanat yapısı sayesinde kendi kendini temizleme özelliği

Evaporatif pedin etkinlik değeri (2.1) numaralı denklem ile hesaplanır:

$$\epsilon_c = \frac{T_1 - T_2}{T_1 - T_3} \quad (1)$$

(1) numaralı denklem ile verilen ϵ_c , evaporatif soğutma etkinliğini (%); T_1 , ped giriş havasının kuru termometre sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$); T_2 , ped çıkış havasının kuru termometre

sıcaklığını ($^{\circ}\text{C}$); T_3 ve ped giriş havasının yaş termometre sıcaklığını ($^{\circ}\text{C}$) göstermektedir.

İhtiyaç olan evaporatif soğutma kapasitesi (\dot{Q}) ise, (2) numaralı denklem ile hesaplanmaktadır [5-6].

$$\dot{Q} = \dot{m}c_p(T_1 - T_2)\epsilon_e \quad (2)$$

(2) numaralı denklem ile verilen $^{\circ}\text{C}$, havanın kütleli debisini (kg/s) ve c_p , havanın özgül ısısını ($\text{J/kg}^{\circ}\text{C}$) göstermektedir.

Bu sistem çatı tipi klima santrali ile birleştirilirse %30 oranında enerji kazancı elde edilmektedir. Ek olarak, psikrometrik diyagramda, birinci bölge olarak adlandırılan çok sıcak ve nemli bölgelerin soğutma problemine en aza indirgenerek çözüm sağlanmış olacaktır. Kondenser giriş havası sıcaklığını büyük ölçüde düşürecek olan evaporatif soğutma uygulaması ile, kompresörün çektiği güç azalacak ve kondenserin ısı transfer alanı küçülecektir. Bu sayede, hem daha küçük bir düzenek hem de daha az elektrik enerjisi ile çalışan sistem çok avantajlı olacaktır.

3. MATERYAL VE METOT

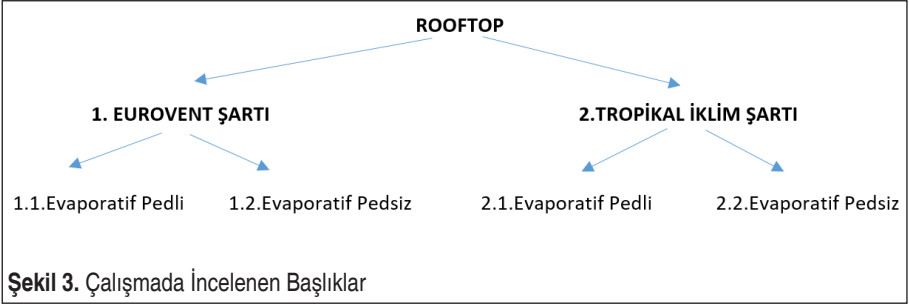
3.1 Düzenegın Ekipman Seçimleri

Evaporatif pedin verimliliği ve enerji tasarrufu üzerine yapılan çalışmada, birçok parametreye göre farklı sonuçlar elde edilmiştir. Tersinir çalışmada ped kullanmak verimli olmadığından, sistem yalnızca soğutma üzere tasarlanmıştır. Sistem tasarımları 50 kW soğutma kapasitesine göre yapılmaktadır. Bu soğutma kapasitesi minimum enerji harcayarak ve ısı transfer alanını olabildiğince azaltıp maliyetler düşürülerek sağlanmaya çalışılmaktadır.

Sistem iki farklı hava koşulunda tasarlanmıştır. İlk olarak EUROVENT standartlarındaki hava koşullarına göre hesaplamalar yapılmış, daha sonra pedin verimliliğini daha net görebilmek için hesaplamalar tropikal iklim koşullarına göre tekrarlanmıştır.

Yüksek sıcaklık ve neme sahip tropik iklim koşullarında soğutma yapmak zordur. Bu nedenle, kullanılan yüksek verimli evaporatif ped sayesinde havanın sıcaklığı büyük ölçüde düşürülmektedir. Bu sayede sistemin daha az enerji ile daha verimli çalışması sağlanmaktadır.

Şekil 3 ile verildiği gibi bu çalışmada çatı tipi paket klima düzenekleri 2 ana başlık altında incelenecektir. Bunlar; Eurovent iklim şartı için tasarlanmış ve tropikal iklim şartı için tasarlanmış rooftop düzenekleridir. Bu ana başlık altında da 2 alt başlıkta konu irdelenmiştir; bunlar da evaporatif ped kullanılarak tasarlanan sistem ve evaporatif ped kullanılmadan tasarlanan sistemlerdir.

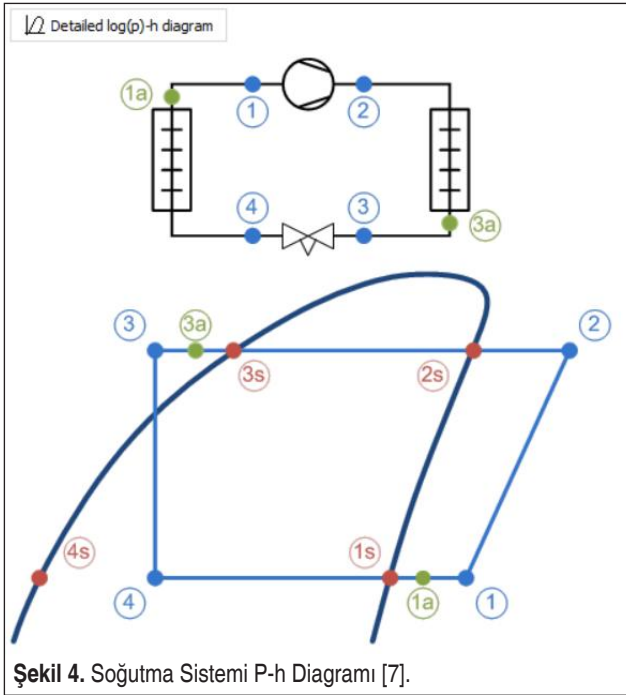


3.1.1 Eurovent İklim Şartında Tasarım

Eurovent standardının çatı tipi paket klimalar için verdiği tasarım koşulu 35°C sıcaklık ve %40 bağıl nem değerleridir [5]. Bu çalışmada ilk başta Eurovent iklim şartı ele alınmakta ve standarda uygun bir düzenek tasarlandığı zaman evaporatif soğutmanın bu sistemin enerji tasarrufuna olan etkisi irdelenmektedir.

3.1.1.1 Evaporatif Ped Uygulaması Olmadan Tasarlanan Sistem

Çatı tipi paket klima cihazını tasarımında ilk olarak EUROVENT şartı olan 35°C , %40 bağıl nemdeki dış hava koşullarına göre; 8°C evaporasyon, 48°C kondenzasyon sıcaklıkları kabul edilmiştir.



Sistemin Soğutma çevrimi için ayrıık devreli 2 kompresör kullanılır. Bunlardan biri sabit hızlı scroll kompresör, diğeri ise hassas kontrol sağlayabilmek için değişken hızlı scroll kompresördür. Bu iki kompresör kullanılarak 48,63 kW evaporatör soğutma kapasitesine ulaşılmasının mümkün olduğu hesaplanmıştır. Kondenser kapasitesi ise 61,58 kW olarak hesaplanmıştır. (Şekil 4, Tablo 1 ve Tablo 2).

Tablo 1. Sabit Hızlı Kompresörün Hesaplanan Şartlardaki Performans Detayı [7]

Evaporatör kütleli debisi: 585,3 kg/h						
Nokta	Açıklama	Sıcaklık [°C]	Basınç [bar]	Yoğunluk [kg/m³]	Entalpi [kJ/kg]	Entropi [kJ/(kg.K)]
1	Kompresör Emiş	13,0	10,20	37,83	428,7	1,813
2	Kompresör Basma	75,6	29,16	97,24	466,4	1,838
2s	Kondenser Çiğ Noktası	48,0	29,16	131,20	423,4	1,709
3s	Kondenser Kaynama Noktası	47,9	29,16	927,60	280,8	1,266
3a	Kondenser Çıkış	44,9	29,16	948,20	274,9	1,248
3	Aşırı Soğutma dahil	44,9	29,16	948,20	274,9	1,248
4	Genleşme Vanası sonrası	7,9	10,20	121,80	274,9	1,267
4s	Evaporatör Kaynama Noktası	7,9	10,20	1138	212,1	1,043
1s	Evaporatör Çiğ Noktası	8,0	10,20	39,25	423,1	1,794
1a	Evaporatör Çıkış	13,0	10,20	37,83	428,7	1,813

Tablo 2. Değişken Hızlı Kompresörün Hesaplanan Şartlardaki Performans Detayı [10]

Evaporatör kütleli debisi: 585,3 kg/h						
Nokta	Açıklama	Sıcaklık [°C]	Basınç [bar]	Yoğunluk [kg/m³]	Entalpi [kJ/kg]	Entropi [kJ/(kg.K)]
1	Kompresör Emiş	13,0	10,20	37,83	428,7	1,813
2	Kompresör Basma	79,4	29,16	94,64	471,3	1,852
2s	Kondenser Çiğ Noktası	48,0	29,16	131,20	423,4	1,709
3s	Kondenser Kaynama Noktası	47,9	29,16	927,60	280,8	1,266
3a	Kondenser Çıkış	44,9	29,16	948,20	274,9	1,248
3	Aşırı Soğutma dahil	44,9	29,16	948,20	274,9	1,248
4	Genleşme Vanası sonrası	7,9	10,20	121,80	274,9	1,267
4s	Evaporatör Kaynama Noktası	7,9	10,20	1138,00	212,1	1,043
1s	Evaporatör Çiğ Noktası	8,0	10,20	39,25	423,1	1,794
1a	Evaporatör Çıkış	13,0	10,20	37,83	428,7	1,813



Tablo 1 ve 2’de sunulan kondenser ve evaporatör giriş ve çıkış özellikleri kullanılarak kondenser ve evaporatör kapasiteleri belirlenmiştir.

Yukarıda verilen seçimler yapıldıktan sonra; kondenser basınç kaybı ve bu basınç kaybına ek %20 kirlilik faktörü hesaplanarak 55,2 Pa toplam statik basınç elde edilmiştir. Hesaplanan kapasiteleri elde etmek için gerekli olan hava debisine göre tasarım yapıldığında ise, 15.000 m³/h debide 55,2 Pa toplam statik basınçta radyal AC fan seçimi yapılabilir.

Bir sonraki adım ise iç ünite fanını belirlemektir. Evaporatör soğutma kapasitesi hesaplandıktan sonra 2,5 m/s hava hızında evaporatör seçimi yapılmıştır. Hesaplanan evaporatör soğutma kapasitesini elde etmek için gerekli debi belirlenmiş ve evaporatör bataryasını korumak için evaporatör debisine göre kaba filtre seçilmiştir. Evaporatör bataryasının basınç kaybı 115 Pa, bataryayı korumak için kullanılan kaba filtre basınç kaybı 80 Pa ve cihaz dışı basınç olarak kabul edilen 300 Pa, fan seçimi için gerekli toplam statik basıncı verecektir. Böylece 495 Pa toplam statik basınçta ve 8500 m³/h hava debisinde radyal EC fan seçimi yapılmıştır.

Tüm bu seçimler sonucunda daha önce üretilmiş cihaz ölçüleri de baz alınarak tasarlanan düzeneğin katı modellemesi ile klima düzeneğinin uzunluğu 2.400 mm, yüksekliği 1.066 mm, genişliği ise 1.785 mm olarak tespit edilmiştir (Şekil 5).

3.1.1.2 Evaporatif Pedsiz Çatı Tipi Paket Klima Düzeneği

Bir önceki alt başlıkta incelenen Eurovent standardı sıcaklık şartları tekrar ele alınarak, evaporatif soğutmanın sağlayacağı enerji tasarrufundan yararlanma yolu ele



Şekil 5. Evaporatif Pedsiz Çatı Tipi Paket Klima Düzeneği

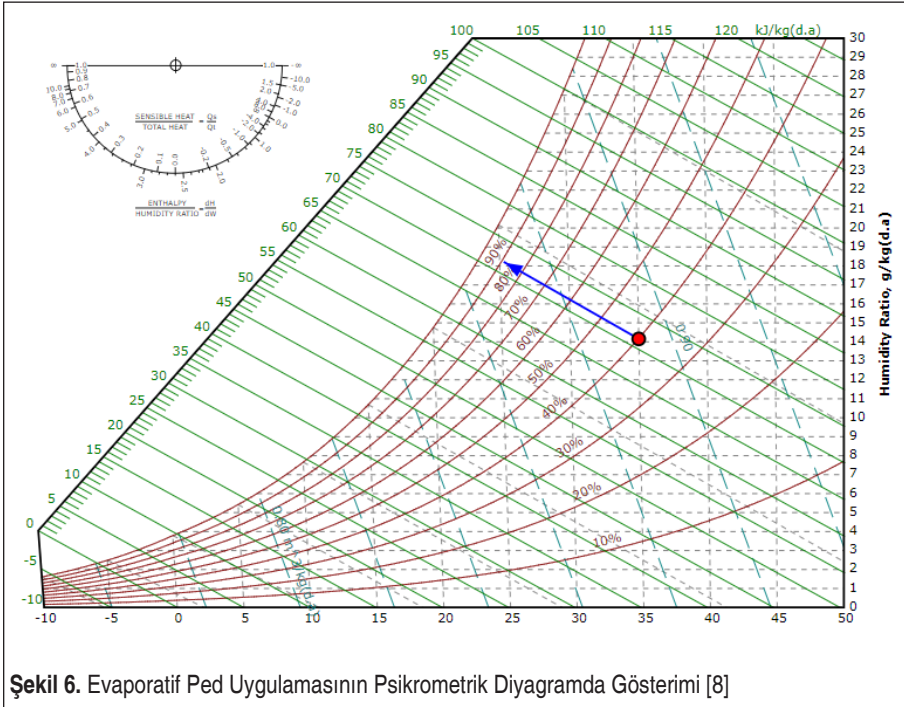
alınmıştır. Bu çalışmada özel malzemeden üretilmiş yüksek verimli evaporatif ped kullanılmıştır.

Kullanılan evaporatif ped sayesinde 35 °C sıcaklık, %40 bağıl nemde olan dış ortam havası 25,3 °C sıcaklık değerine kadar düşürülmektedir. Bununla birlikte ped soğutma işlemini yaparken suyun buharlaşmasından kaynaklı olarak havanın bağıl nemi de artmaktadır.

Böylece kondenser giriş sıcaklığı evaporatif ped sayesinde 25,3 °C değerine ve %89 bağıl nem değerine ulaşmaktadır. Evaporatif ped seçimi yapılırken hava debisi kondenserin kapasitesini de sağlayacak şekilde seçilmektedir. Hava debisi belirlendikten sonra ped üzerindeki hava hızı 2,5 m/s olacak şekilde standart ped ölçülerinden biri seçilir. 2,5 m/s değerinin üzerindeki hava hızlarında ped üzerine püskürtülen suyun yüksek hava hızı nedeniyle sürüklenip düzeneğin içinde su birikmesine neden olur.

Tüm bu kriterler ile birlikte; 2,5 m/s hava hızında 18.000 m³/h hava debisinde evaporatif ped seçimi yapılmaktadır (Şekil 6 ve Tablo 3).

Tablo 3 ile verildiği gibi kondenser giriş sıcaklığını düşürmek için kullanılan evaporatif pedde 85 L/s debide su tüketimi olmaktadır. Ayrıca bu su sirkülasyonunu gerçekleştirmek için de 40 W gücünde bir pompa kullanılmaktadır. Ayrıca evapo-





Tablo 3. Evaporatif Ped Teknik Özellikleri [8]

Uygulama: Kondenser Ön Soğutucu			
Konum		Sonuçlar	
Yer	N/A	Besleme Hava Sıcaklığı [°C]	25,3
Ortam Basıncı[hPa]	1013	Besleme Hava Bağıl Nemi [%]	89
		Ped Verimi [%]	86
Hava Şartı		Basınç Kaybı [Pa]	64
Kuru Termometre Sıcaklığı [°C]	35	Çekilen Güç [W]	644
Yaş Termometre Sıcaklığı [°C]	23,8	Harcanan Su Miktarı [L/h]	85
Çiğ Noktası Sıcaklığı [°C]	19,4	Kompresör Verim Artışı [%]	39,7
Bağıl Nem [%]	39,9	Kondenser Çalışma Maliyetini İndirgeme[%]	28
Mutlak Nem [g/kg]	14,1		
Özellikler			
Ped Yüzey Alanı [m ²]	2.000		
Hava Hızı [m/s]	2,5		
Besleme Hava Debisi [m ³ /h]	18.000		

ratif ped için dış ünite (kondenser tarafı) fan seçimi hesaplamalarında göz önünde bulundurulacak 64 Pa gibi bir hava tarafı basınç kaybı oluşumu hesaplamaya alınmalıdır.

Kondenser giriş sıcaklığına göre yapılan soğutma tasarımında 8 °C evaporasyon 38 °C kondenzasyon sıcaklığı kabul edilmiştir ve 2 adet kompresörlü, ayrı 2 devreli sistem tasarlanmıştır. Ayrı devre olarak seçilen kompresörlerden bir adedi sabit hızlı scroll kompresör, diğeri ise hassas soğutma kontrolü için değişken hızlı scroll kompresördür.

Sistemin toplam soğutma kapasitesi 49,35 kW ve ısıtma kapasitesi ise 59,21 kW değerindedir (Tablo 4 ve Tablo 5).

12.000 m³/h hava debisinde, evaporatif ped basınç kaybı ve kirlilik faktörü hesaplanarak radyal AC kondenser fanı seçimi yapılır. Daha sonra iç ünite fanı 8.500 m³/h hava

Tablo 4. Sabit Hızlı Kompresörün Hesaplanan Şartlardaki Performans Detayı [7]

Evaporatör kütleli debisi: 522,6 kg/h						
Nokta	Açıklama	Sıcaklık [°C]	Basınç [bar]	Yoğunluk [kg/m ³]	Entalpi [kJ/kg]	Entropi [kJ/(kg.K)]
1	Kompresör Emiş	13,0	10,20	37,83	428,7	1,813
2	Kompresör Basma	62,5	22,96	76,90	460,1	1,840
2s	Kondenser Çiğ Noktası	38,0	22,96	96,48	425,8	1,734
3s	Kondenser Kaynama Noktası	37,9	22,96	991,60	261,9	1,207
3a	Kondenser Çıkış	34,9	22,96	1009,00	256,5	1,190
3	Aşırı Soğutma dahil	34,9	22,96	1009,00	256,5	1,190
4	Genleşme Vanası sonrası	7,9	10,20	165,10	256,5	1,201
4s	Evaporatör Kaynama Noktası	7,9	10,20	1138,00	212,1	1,043
1s	Evaporatör Çiğ Noktası	8,0	10,20	39,25	423,1	1,794
1a	Evaporatör Çıkış	13,0	10,20	37,83	428,7	1,813

Tablo 5. Değişken Hızlı Scroll Kompresörün Hesaplanan Şartlardaki Performans Detayı [10]

Evaporatör kütleli debisi: 522,6 kg/h						
Nokta	Açıklama	Sıcaklık [°C]	Basınç [bar]	Yoğunluk [kg/m ³]	Entalpi [kJ/kg]	Entropi [kJ/(kg.K)]
1	Kompresör Emiş	13,0	10,20	37,83	428,7	1,813
2	Kompresör Basma	64,1	22,96	76,09	462,0	1,846
2s	Kondenser Çiğ Noktası	38,0	22,96	96,48	425,8	1,734
3s	Kondenser Kaynama Noktası	37,9	22,96	991,60	261,9	1,207
3a	Kondenser Çıkış	34,9	22,96	1009,00	256,5	1,190
3	Aşırı Soğutma dahil	34,9	22,96	1009,00	256,5	1,190
4	Genleşme Vanası sonrası	7,9	10,20	165,10	256,5	1,201
4s	Evaporatör Kaynama Noktası	7,9	10,20	1138,00	212,1	1,043
1s	Evaporatör Çiğ Noktası	8,0	10,20	39,25	423,1	1,794
1a	Evaporatör Çıkış	13,0	10,20	37,83	428,7	1,813



Şekil 7. Kondenser Tarafı Evaporatif Pedli Çatı Tipi Paket Klima Santrali

debisinde radyal EC fan olarak seçilir. Evaporatif pedli bu sistem için yapılan tüm seçimler sonucunda cihazın ölçüleri aşağıda verildiği gibi belirlenmiştir:

Tüm bu ekipman seçimleri sonucunda katı modellemesi yapılan evaporatif pedli çatı tipi paket klima düzeneğinin uzunluğu 2.210 mm, yüksekliği 965 mm, genişliği ise 1.595 mm olmaktadır (Şekil 7).

Eurovent standardında geçen dış ortam sıcaklığına göre yapılan evaporatif pedli ve evaporatif pedsiz düzenek tasarımına göre; kullanılan yüksek verimli ped sayesinde aynı soğutma kapasitesi daha az ısı transfer alanı kullanarak elde edilmiştir. Yani daha küçük kondenser kullanılarak %25,43'lük bir oranda daha küçük hacimde düzenek tasarlanmıştır. Bu sayede düzeneğin maliyetinde azalma sağlanmaktadır. Isı transfer alanında azalma görülen 2 durumunu karşılaştırırken kondenser giriş sıcaklığı ile kondenzasyon sıcaklığı arasındaki fark (ΔT) hep sabit tutulmaktadır. Evaporatif ped kullanımı sayesinde bu koşulda kompresörün çektiği güçte bir miktar düşüş olacak ve COP/EER değerlerinde az da olsa artış görülecektir.

Buna ek olarak çalışmada kondenser giriş sıcaklığı ile kondenzasyon sıcaklığı arasındaki farkı (ΔT) sabit tutularak başka bir soğutma tasarımı yapılmıştır ($\Delta T= 13^{\circ}\text{C}$). Evaporatif ped kullanılan sistemde bu sefer ısı transfer alanında bir değişim olmamakla birlikte güç tüketimi daha az olan kompresörler ile aynı soğutma kapasitesi elde edilmektedir. Böylece sistemin enerji tasarruflu çalışmasını sağlanmakta ve COP değeri %21,6, EER değerleri ise %25,8 oranında artmaktadır.

3.1.2 Tropikal İklim Şartında Tasarım

Tropikal iklimdeki soğutmalı cihazlar, yüksek sıcaklık ve nem nedeniyle uygulanması en zor soğutma sistemidir. Soğutma sistemleri bu dış ortam sıcaklık şartında çok fazla enerji kaybına neden olmaktadır. Hesaplamalar sonucunda, bu bölgelerde evaporatif ped uygulandığında enerji verimliliğindeki artış görülebilecektir.

3.1.2.1 Evaporatif Ped Uygulaması Olmadan Tasarlanan Sistem

Tropikal iklim şartında için yapılacak olan çalışmada Kuveyt şehri sıcaklık koşulları baz alınmıştır. 46,1 °C sıcaklık ve %28,5 bağıl neme sahip olan Kuveyt’de çalışacak çatı tipi paket klima tasarımında ilk olarak evaporatif ped uygulanmadan tasarım yapılmıştır. Bu sıcaklık için tasarım şartı olan 50 kW soğutma kapasitesini elde etmek için hesaplamalar yapılmıştır. Kuveyt’in dış hava şartlarına göre paket programlardan yararlanılarak yapılan soğutma optimizasyonunda 10 ° evaporasyon ve 60 °C kondensasyon sıcaklıklarına göre ekipmanlar seçilmiştir.

Toplam soğutma kapasitesi 49,36 kW ve toplam ısıtma kapasitesi (kondenser kapasitesi) ise 68,58 kW değerindedir (Tablo 6 ve Tablo 7).

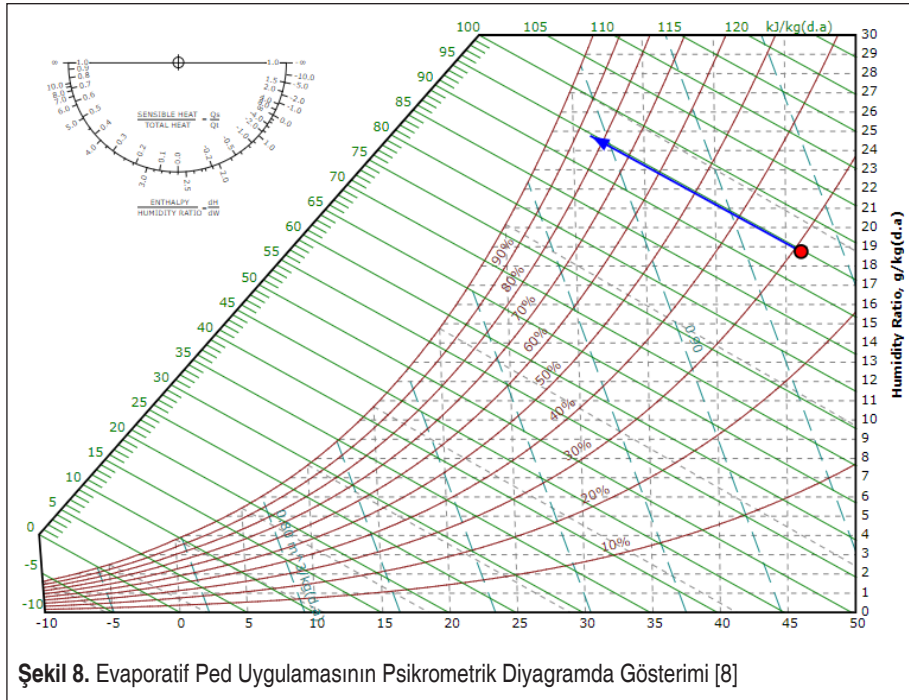
Tropikal iklim şartında çalışacak olan çatı tipi paket klima düzeneğinin iç ünite ve dış ünite fanları, 3.1.1.1 nuralı başlık altında verilen yöntem ile seçilmektedir. Tüm bu ekipman seçimlerinin sonucunda standartlara uygun olarak yapılan katı modelleme ile birlikte düzeneğin uzunluğu 2.350 mm, yüksekliği 1.200 mm ve genişliği 1.900 mm olmaktadır.

Tablo 6. Sabit Hızlı Kompresörün Hesaplanan Şartlardaki Performans Detayı [7]

Nokta	Açıklama	Sıcaklık [°C]	Basınç [bar]	Yoğunluk [kg/m ³]	Entalpi [kJ/kg]	Entropi [kJ/(kg.K)]
1	Kompresör Emiş	15,0	10,82	40,21	429,3	1,810
2	Kompresör Basma	93,6	38,24	124,90	476,8	1,844
2s	Kondenser Çiğ Noktası	60,0	38,24	198,60	415,5	1,667
3s	Kondenser Kaynama Noktası	59,9	38,24	824,70	307,1	1,342
3a	Kondenser Çıkış	56,9	38,24	854,80	300,0	1,321
3	Aşırı Soğutma dahil	56,9	38,24	854,80	300,0	1,321
4	Genleşme Vanası sonrası	9,9	10,82	97,33	300,0	1,353
4s	Evaporatör Kaynama Noktası	9,9	10,82	1130,00	215,2	1,054
1s	Evaporatör Çiğ Noktası	10,0	10,82	41,75	423,6	1,790
1a	Evaporatör Çıkış	15,0	10,82	40,21	429,3	1,810

**Tablo 7.** Değişken Hızlı Scroll Kompresörün Hesaplanan Şartlardaki Performans Detayı [10]

Evaporatör kütleli debisi: 696,1 kg/h						
Nokta	Açıklama	Sıcaklık [°C]	Basınç [bar]	Yoğunluk [kg/m ³]	Entalpi [kJ/kg]	Entropi [kJ/(kg.K)]
1	Kompresör Emiş	15,0	10,82	40,21	429,3	1,810
2	Kompresör Basma	98,5	38,24	120,40	483,5	1,862
2s	Kondenser Çiğ Noktası	60,0	38,24	198,60	415,5	1,667
3s	Kondenser Kaynama Noktası	59,9	38,24	824,70	307,1	1,342
3a	Kondenser Çıkış	56,9	38,24	854,80	300,0	1,321
3	Aşırı Soğutma dahil	56,9	38,24	854,80	300,0	1,321
4	Genleşme Vanası sonrası	9,9	10,82	97,33	300,0	1,353
4s	Evaporatör Kaynama Noktası	9,9	10,82	1130,00	215,2	1,054
1s	Evaporatör Çiğ Noktası	10,0	10,82	41,75	423,6	1,790
1a	Evaporatör Çıkış	15,0	10,82	40,21	429,3	1,810



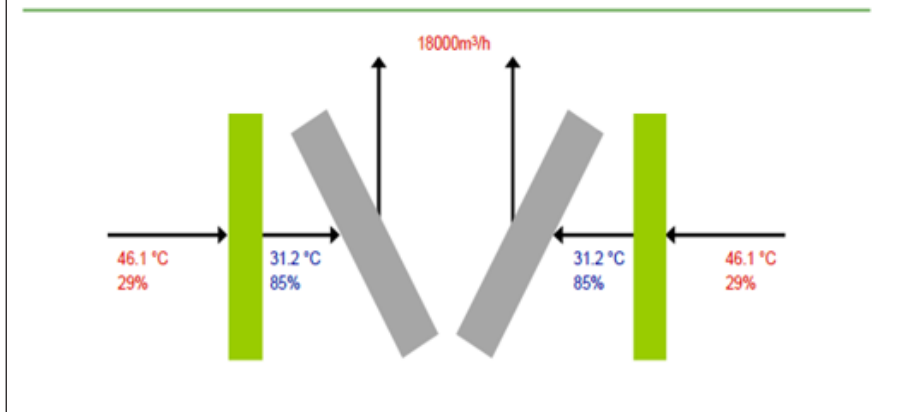
3.1.2.2 Evaporatif Ped Uygulaması ile Tasarlanan Sistem

Tropikal iklim şartlarında incelenen sistemde soğutma kapasitesini daha az enerji harcayarak elde etmek için evaporatif soğutma uygulaması yapılmıştır. Kullanılan yüksek verimli evaporatif ped sayesinde 46,1 °C %28,5 bağıl neme sahip dış hava sıcaklığı 31,2 °C sıcaklığa kadar düşmektedir (Şekil 8).

Tablo 8 ile verildiği gibi gerekli evaporatif soğutmayı yapmak için, evaporatif ped

Tablo 8. Evaporatif Ped Teknik Özellikleri [8]

Uygulama: Kondenser Ön Soğutucu			
Konum		Sonuçlar	
Yer	N/A	Besleme Hava Sıcaklığı [°C]	31,2
Ortam Basıncı [hPa]	1011,1	Besleme Hava Bağıl Nemi [%]	85
		Ped Verimi [%]	87
		Basınç Kaybı [Pa]	64
Hava Şartı			
Kuru Termometre Sıcaklığı [°C]	46,1	Çekilen Güç [W]	644
Yaş Termometre Sıcaklığı [°C]	29	Harcanan Su Miktarı [L/h]	130,8
Çiğ Noktası Sıcaklığı [°C]	23,8	Kompresör Verim Artışı [%]	66,9
Bağıl Nem [%]	29,1	Kondenser Çalışma Maliyetini İndirgeme [%]	40
Mutlak Nem [g/kg]	18,7		
Özellikler			
Ped Yüzey Alanı [m ²]	2.000		
Hava Hızı [m/s]	2,5		
Besleme Hava Debisi [m ³ /h]	18.000		





üzerine püskürtülen su miktarı 130,8 L/s debide olmaktadır. Yine suyu püskürtmek için gerekli olan pompanın çektiği güç 65 W olacaktır. Aynı zamanda, havanın kuru termometre sıcaklığı değerinin yaklaşık olarak 15 °C kadar düşmesini sağlayarak sistemin enerji tüketimini azaltmayı sağlayan evaporatif ped, hava tarafında 64 Pa gibi bir basınç kaybına neden olmaktadır.

Tablo 9. Sabit Hızlı Kompresörün Hesaplanan Şartlardaki Performans Detayı [7]

Evaporatör kütleli debisi: 564,3 kg/h						
Nokta	Açıklama	Sıcaklık [°C]	Basınç [bar]	Yoğunluk [kg/m ³]	Entalpi [kJ/kg]	Entropi [kJ/(kg.K)]
1	Kompresör Emiş	13,0	10,20	37,83	428,7	1,813
2	Kompresör Basma	70,9	27,18	91,23	463,6	1,836
2s	Kondenser Çiğ Noktası	45,0	27,18	119,40	424,4	1,717
3s	Kondenser Kaynama Noktası	44,9	27,18	948,20	274,9	1,248
3a	Kondenser Çıkış	41,9	27,18	967,50	269,2	1,230
3	Aşırı Soğutma dahil	41,9	27,18	967,50	269,2	1,230
4	Genleşme Vanası sonrası	7,9	10,20	132,60	269,2	1,246
4s	Evaporatör Kaynama Noktası	7,9	10,20	1138,00	212,1	1,043
1s	Evaporatör Çiğ Noktası	8,0	10,20	39,25	423,1	1,794
1a	Evaporatör Çıkış	13,0	10,20	37,83	428,7	1,813

Tablo 10. Değişken Hızlı Kompresörün Hesaplanan Şartlardaki Performans Detayı [10]

Evaporatör kütleli debisi: 564,3 kg/h						
Nokta	Açıklama	Sıcaklık [°C]	Basınç [bar]	Yoğunluk [kg/m ³]	Entalpi [kJ/kg]	Entropi [kJ/(kg.K)]
1	Kompresör Emiş	13,0	10,20	37,83	428,7	1,813
2	Kompresör Basma	74,7	27,18	88,78	468,5	1,850
2s	Kondenser Çiğ Noktası	45,0	27,18	119,40	424,4	1,717
3s	Kondenser Kaynama Noktası	44,9	27,18	948,20	274,9	1,248
3a	Kondenser Çıkış	41,9	27,18	967,50	269,2	1,230
3	Aşırı Soğutma dahil	41,9	27,18	967,50	269,2	1,230
4	Genleşme Vanası sonrası	7,9	10,20	132,60	269,2	1,246
4s	Evaporatör Kaynama Noktası	7,9	10,20	1138,00	212,1	1,043
1s	Evaporatör Çiğ Noktası	8,0	10,20	39,25	423,1	1,794
1a	Evaporatör Çıkış	13,0	10,20	37,83	428,7	1,813

Tropikal iklim bölgeleri için tasarlanan evaporatif pedli çatı tipi klima santralinin soğutma paket programlar ile yapılan optimizasyonunda ise; sistem 10 °C evaporasyon, 45 °C kondenzasyon sıcaklığında tasarlanmıştır. Bu değerlere göre tüm soğutma komponent seçimleri yapılmıştır. Ayrık 2 devreli olarak tasarlanan hassas soğutma sisteminin toplam soğutma kapasitesi 50 kW ve kondenser kapasitesi ise 62,03 kW olmaktadır (Tablo 9 ve Tablo 10).

3.1.1.2 nuralı başlık altında verilen Eurovent standardı sıcaklık şartlarında evaporatif pedli tasarlanan sistem başlığı ile değinildiği gibi iç ünite ve dış ünite fan seçimleri, bu başlık altında incelenen sistem için de yapılmıştır.

Tüm bu seçimler sonucunda yüksek verimli evaporatif ped ile tasarlanan tropikal iklim şartlarında çalışacak olan enerji tasarruflu çatı tipi paket klima santralinin tasarımı yapılmıştır. Yapılan 3 boyutlu tasarım çalışması sonucunda düzeneğin uzunluğu 2.290 mm, yüksekliği 915 mm, genişliği ise 1.700 mm olmaktadır (Şekil 9).

Yüksek verimli evaporatif ped kullanıldıktan sonra, düzeneğin boyutlarında %33,6 oranında bir küçülme meydana gelmiştir.

Evaporatif pedli ve evaporatif ped kullanılmadan tasarlanan sistemleri karşılaştırırken; kondenser giriş sıcaklığı ile kondenzasyon sıcaklığı arasındaki fark yani ΔT sabit tutulmaz ise, evaporatif ped kullanıldığında kompresörün çektiği güç az miktarda düşerken kondenser ısı transfer alanı azalmaktadır böylece düzeneğin hacmi %33,6 oranında küçülmektedir. Bu sayede düzeneğin maliyetinde azalma görülmektedir.



Şekil 9. Kondenser Tarafı Evaporatif Pedli Tropikal Çatı Tipi Klima Düzeneği



Eğer kondenser giriş sıcaklığı ile kondenzasyon sıcaklığı arasındaki fark ΔT sabit tutulur ise, kondenser ısı transer alanı sabit kalırken kompresörün çektiği güç ciddi oranda azalmakta ve yüksek oranda enerji tasarrufu sağlanmaktadır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışma 2 farklı iklim şartında, evaporatif ped kullanımının avantajını incelemek üzerine yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda evaporatif pedin her iki iklim şartı için, 2 farklı soğutma çevrimi optimizasyonu koşulunda yani sabit tutulan ΔT (kondenser sıcaklığı ile kondenzasyon sıcaklığı arasındaki fark) ile sabit tutulmayan ΔT arasındaki farka da değinerek detaylı bir enerji tasarrufu analizi yapılmıştır. Eurovent standardı şartı sıcaklık değerlerinde tasarlanan evaporatif pedli ve evaporatif pedsiz sistemin COP, EER, COPçevrim ve EERçevrim değerleri hesaplanmıştır.

EN14511 standardına göre COP ve EER hesabı [9] aşağıda verildiği gibi yapılmıştır. Bu çalışmada incelenen parametrelerin sisteme etkisini görmek ve tasarlanan sistemleri karşılaştırmak için performans katsayıları (COP) denklem (1) ile hesaplanmıştır. Bu hesaplamada sistemin ısıtma performansı da bulunmaktadır.

$$COP = \frac{\text{Toplam Kompresör Isıtma Kapasitesi (kW)}}{\text{İç ünite fan gücü(kW)+Dış ünite fan gücü(kW)+Kompresör Gücü(kW)+Pompa Gücü(kW)}} \quad (1)$$

4.2 numaralı denklem ile verilen eşitlik ile de tasarlanan değişik parametrelerdeki sistemlerin enerji verimlilik oranları (EER) hesaplanmıştır.

$$EER = \frac{\text{Toplam Kompresör Soğutma Kapasitesi(kW)}}{\text{İç ünite fan gücü(kW)+Dış ünite fan gücü(kW)+Kompresör Gücü(kW)+Pompa Gücü(kW)}} \quad (2)$$

Denklem (3) ve denklem (4) ile EN14511 standardında geçen eşitlik dışında, basit EER ve COP hesaplarına da değinilmiştir. Sistemin verimliliği bu eşitliklere göre de değerlendirilmiştir.

$$COP_{\text{çevrim}} = \frac{\text{Toplam Kompresör Isıtma Kapasitesi(kW)}}{\text{Kompresör Gücü (kW)}} \quad (3)$$

$$EER_{\text{çevrim}} = \frac{\text{Toplam Kompresör Soğutma Kapasitesi(kW)}}{\text{Kompresör Gücü(kW)}} \quad (4)$$

Tüm elde edilen sonuçlar Tablo 11 ve Tablo 12 ile verilmiştir.

Tablo 11 ile Eurovent standardındaki sıcaklık için yapılan evaporatif pedli ve evaporatif pedsiz sistemlerin sabit ve sabit olmayan ΔT durumlarındaki mekanik, sıcaklık,

kapasite ve verim karşılaştırmaları yapılmaktadır. Evaporatif ped kullanımı sayesinde meydana gelen verim artışı oldukça net bir şekilde görülmektedir. Ayrıca sabit tutulmayan ΔT ile evaporatif ped uygulamasının kondenser ısı transfer alanını oldukça düşürdüğü görülmüştür. Diğer bir taraftan da evaporatif ped uygulamasında sabit tutulan ΔT 'nin çok daha yüksek enerji verimliliği elde edildiği tespit edilmiştir.

Tablo 12 ile tropikal iklim şartındaki sıcaklık için yapılan evaporatif pedli ve evaporatif pedsiz sistemlerin sabit ve sabit olmayan ΔT durumlarındaki mekanik, sıcaklık, kapasite ve verim karşılaştırmaları yapılmıştır. Evaporatif ped kullanımı sayesinde meydana gelen verim artışı oldukça net bir şekilde görülmektedir. Ayrıca sabit tutulmayan ΔT ile evaporatif ped uygulamasının kondenser ısı transfer alanını oldukça düşürdüğü de görülmektedir. Diğer bir taraftan da evaporatif ped uygulamasında sabit tutulan ΔT 'nin çok daha yüksek enerji verimliliği elde edildiği de tespit edilmiştir.

Tablo 11. Eurovent Sıcaklık Koşulunda ΔT Karşılaştırması

			SABİT ΔT	SABİT TUTULMAYAN ΔT
		EUROVENT ŞARTI EVAPORATİF PEDSİZ	EUROVENT ŞARTI EVAPORATİF PEDLİ	EUROVENT ŞARTI EVAPORATİF PEDLİ
MEKANİK	Evaporatör Isı Transfer Alanı (m ²)	133,76	133,76	133,76
	Kondenser Isı Transfer Alanı (m ²)	83,15	81,59	42,33
SICAKLIK	Evaporasyon Sıcaklığı (°C)	8	8	8
	Kondenzasyon Sıcaklığı (°C)	48	38	48
KAPASİTE	Soğutma Kapasitesi (kW)	48,63	49,85	48,91
	Kondenser Kapasitesi (kW)	61,58	59,21	62,06
VERİM	COP	3,157	3,8	3,29
	EER	2,48	3,2	2,59
	COPçevrim	4,71	6,01	4,71
	EERçevrim	3,72	5,014	3,72

**Tablo 12.** Tropikal İklim Sıcaklık Koşulunda ΔT Karşılaştırması

			SABİT ΔT	SABİT TUTULMAYAN ΔT
		TROPİKAL İKLİM ŞARTI EVAPORATİF PEDSİZ	TROPİKAL İKLİM ŞARTI EVAPORATİF PEDLİ	TROPİKAL İKLİM ŞARTI EVAPORATİF PEDLİ
MEKANİK	Evaporatör Isı Transfer Alanı (m ²)	159,49	159,49	159,49
	Kondenser Isı Transfer Alanı (m ²)	78,11	78,74	32,27
SICAKLIK	Evaporasyon Sıcaklığı (°C)	10	10	10
	Kondenzasyon Sıcaklığı (°C)	60	45	60
KAPASİTE	Soğutma Kapasitesi (kW)	49,36	49,11	49,36
	Kondenser Kapasitesi (kW)	68,58	60,06	68,58
VERİM	COP	2,4	2,93	2,53
	EER	1,72	2,39	1,82
	COPçevrim	3,43	5,21	3,43
	EERçevrim	2,47	4,26	2,47

Sonuç olarak, Tablo 11 ve Tablo 12'den anlaşılacağı gibi yüksek sıcaklıktaki iklim şartlarında evaporatif ped uygulaması daha avantajlı olmaktadır.

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada, yüksek verimli evaporatif ped ile elde edilen enerji verimliliği ele alınmıştır. İki farklı iklim şartı ve iki farklı soğutma sistemi parametrelerinde çatı tipi paket klima düzeneğinde evaporatif ped etkisi analiz edilmiştir.

Eurovent standardındaki sıcaklık şartında, evaporatif pedin uygulanması ile birlikte, ΔT yani kondenser giriş sıcaklığı ile kondenzasyon sıcaklığı arasındaki fark sabit tutulduğunda, sistemin COP değeri %21,6 ve EER değeri %25,8 oranında artmaktadır. Eğer ΔT sabit tutulmaz ise, evaporatif ped uygulaması ile COP ve EER değerlerindeki artış çok az miktarda olurken kondenser ısı transfer alanında %48 oranında ciddi bir küçülme meydana gelmektedir. Bu durum da göstermektedir ki ilk incelenen şartta bir enerji tasarrufu sağlanmış ve maliyette de azalma görülmüştür. 2. şartta ise enerji

tasarrufu 1. şarta göre daha azken, düzeneğin maliyeti boyuttan yani malzeme maliyetinden dolayı oldukça azalmaktadır.

Tropikal iklim şartları için yapılan evaporatif ped uygulaması ile birlikte, ΔT sabit tutulduğu zaman sistemin COP değeri %40, EER değeri ise %42 oranında artmaktadır. Eğer ΔT sabit tutulmaz ise COP ve EER değerlerinde az miktarda artış görülmekle birlikte, kondenser ısı transfer alanı %59 oranında azalmaktadır. ΔT sabit tutulduğu durumda da kayda değer bir enerji tasarrufu olduğu görülmüştür ve ΔT sabit tutulmadığında ise belli bir oranda düzenek boyutlarında küçülme meydana gelmekte ve maliyet azalmaktadır.

Bu çalışmanın sonucunda, evaporatif ped uygulanmasının özellikle yüksek sıcaklığa sahip bölgelerin soğutma sistemi tasarımlarında büyük bir önem taşıdığı görülmektedir. Yüksek sıcaklığa sahip bölgelerde tasarlanan çatı tipi paket klima düzeneklerinde evaporatif ped uygulanması, hedeflenen soğutma kapasitesini evaporatif soğutmadan destek almadan yapan bir sisteme göre daha az enerji harcayarak sağladığı görülmektedir.

Günümüzde de tükenen kaynaklarımız ve enerji tasarrufunun önemi göz önünde bulundurulduğunda, soğutmalı paket klima düzeneklerinde yüksek verimli evaporatif ped uygulamasının oldukça önemli olduğu tespit edilmiştir.

KAYNAKÇA

1. Çatı tipi paket klima çalışma prensibi: <https://www.tesisat.org/cati-tipi-klima-calisma-prensibi.html>, son erişim tarihi: 22 Nisan 2020.
2. Wang W., Katipamula S., Ngo H., Underhill N. 2019. Energy Performance Evaluation of Variable-Speed Packaged Rooftop Units Using Field Measurements And Building Energy Simulation, Energy and Buildings, United States, p.
3. Oxyvap brochure: <https://cdn2.hubspot.net/hubfs/5065855/Downloads/EN/28660-Oxyvap-A4-Folder-LR.pdf>, son erişim tarihi: 5Ekim 2020.
4. EUROVENT, Raiting Standart for the certification of rooftop, 2018, Paris, 28p.
5. Çengel A. Y., Dr. Boles A. M. 1999. Mühendislik Yaklaşımıyla Termodinamik, İstanbul, 867.
6. Özkol N. 2004. Uygulamalı soğutma tekniği, TMMOB, Ankara: 49-87s.
7. Danfoss Coolselector, 2020 (updated), Selection Software, Global, for Fixed Speed Compressor
8. Oxyvap Selection Software, 2020(updated), Selection software, Global.
9. EUROVENT, TS EN14511 Mekân Isıtma ve Soğutma İçin, Elektrikle Tahrik Edilen Kompresör İle Çalışan İklimlendirme Cihazları, Sıvı Soğutma Paketleri Ve Isı Pompaları, 2014, Ankara, 14p.
10. Danfoss Coolselector, 2020(updated), Selection software, Global, for Variable Speed Compressor