



Bu bir MMO
yayıdır

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

ÇATI TİPİ KLİMALARDA SEZONSAL VERİMLİLİK HESAPLAMA YÖNTEMİ

VOLKAN ARSLAN
ALARKO CARRIER

ÇATI TİPİ KLİMALARDA SEZONSAL VERİMLİLİK HESAPLAMA YÖNTEMİ

Seasonal Energy Efficiency Calculation Method of Packaged Rooftop Units

Volkan ARSLAN

ÖZET

Çatı tipi klimalar Ekodizayn regülasyonunda Lot 21 altında değerlendirilmektedir. 1 Ocak 2018 tarihinden itibaren Avrupa'da çatı tipi klimalar için minimum SEER ve SCOP değerleri aranmaya başlanacaktır. Bu bildiride başta karışık gibi görünen bu yeni sezonsal verim hesabı, hesaplama yönteminde kullanılan gerekli tablolar ile detayları ile açıklanmıştır. Böylece önümüzdeki dönemde Türkiye'de de kullanılması muhtemel sezonsal verimlilik kriterinin Türkiye iklimlendirme sektöründe de bilinirliğinin ve anlaşılmasının yaygınlaştırılması amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: çatı tipi klima, EN 14825, EN 14511, EER, COP, SEER, SCOP, ekodizayn, enerji sınıfı, verimlilik, sezonsal verimlilik, ERP, Lot 21.

ABSTRACT

Packaged rooftop units are classified under Lot 21 of Ecodesign regulation. Minimum SEER and SCOP values are required in Europe for packaged rooftop units starting from 1st of January, 2018. This report detailly explains new seasonal efficiency which seems a little bit difficult at first look with all related tables. New seasonal efficiency calculation method is aimed to be understand more easily and used more frequently with this report in HVAC sector.

Key Words: rooftop, EN 14825, EN 14511, EER, COP, SEER, SCOP, eco design, energy class, efficiency, seasonal efficiency, ERP, Lot21.

1. GİRİŞ

Uzun yıllardır iklimlendirme cihazlarında verimlilik değerleri hep pik yükteki çalışma koşullarındaki şartlarda hesaplanan değerlere göre belirlenmekteydi. Fakat cihazlar yılın çok az bir döneminde bu koşullarda çalışmakta geri kalan dönemde ise o iklim şartlarına göre farklı iklim koşullarında çalışmaktadır. Bu yüzden verimlilik hesaplarının da cihazın çalışacağı dönemlere göre farklı süre ve sıcaklıklara göre revize edilmesi gerekmektedir. Bu ihtiyaçlar doğrultusunda son zamanlarda cihazların tam yükteki verimleri haricinde sezonsal verimlilik değerleri de müşteriler tarafından sorgulanır olmuştur. Bu bildiride çatı tipi klima cihazlarında sezonsal verimlilik hesaplamaları ile ilgili son dönemlerde yürürlüğü giren ve gelecekte yürürlüğe girecek standart/regülasyonlar da dikkate alınarak sezonsal verimlilik hesapları basit bir dille anlatılmaya çalışılmıştır.

1.1 Çatı Tipi Klima nedir?

Çatı tipi paket klimalar, paket klima cihazlarının bir parçasıdır ve klima santrali ve kondensanç cihazını tek bir yapı içerisinde toplayan, soğutma veya ısıtma çevriminin tümüyle aynı ünite içerisinde gerçekleştiği kompakt ve birleşik (unitary) bir hava koşullandırıcıdır. Bu cihazlar soğutma-ısıtma kontrolü, havalandırma ve havanın temizlenmesini de kapsayan toplam bir iklimlendirme sağlar. Isının

sağlandığı ortam ve ısıtının verildiği ortam hava olduğu için “havadan havaya” tip iklimlendiricilerdir. Az da olsa kondenser tarafı (ısıtının atıldığı ortam) su soğutmalı olan uygulamaları da mevcuttur. İklimlendirme olarak “sadece soğutma” veya “hem ısıtma hem soğutma” yapabilen cihazlar olarak iki ana tipe ayrılırlar. Isıtma işlevi cihazın tersine çevrimle ısı pompası olarak çalıştırılmasının yanında, elektrikli ısıtıcı, sıcak su bataryası veya gaz yakma modülü kullanılarak da sağlanabilir.

Soğutma çevriminde ısı iç ortamdaki alınıp ve dış ortama iletilir. Bu durumda dış ortam tarafındaki batarya kondenser, iç ortam tarafındaki batarya ise evaporatör işlevi görür. Isıtma çevriminde ise soğutma çevriminin tersine ısı dış ortamdaki alınıp ve iç ortama iletilir. Bu durumda dış ortam tarafındaki batarya evaporatör, iç ortam tarafındaki batarya ise kondenser işlevi görür.

Çatı tipi klimalar, sinema, havalimanı, depo, spor salonu, yemekhane, ibadethane, alışveriş merkezi, konser/teyatro salonu, süpermarket gibi daha çok büyük hacimli mekanların iklimlendirilmesinde kullanılan paket tipi cihazlardır.

2. Tam Yükte Verim Hesaplama Yöntemi

Çatı tipi klimalarda sezonsal verimlilik hesaplama yöntemini açıklamadan önce tam yükteki verim hesabının nasıl yapıldığını anlamakta fayda bulunmaktadır.

Verim hesabı EN 14511-2013: Mekan ısıtma ve soğutma için elektrikle tahrik edilen kompresör ile çalışan iklimlendirme cihazları, sıvı soğutma paketleri ve ısı pompaları (Air conditioners, liquid chilling packages and heat pumps with electrically driven compressors for space heating and cooling) standardına göre yapılmaktadır.

$$EER = \frac{\text{Cihaz NET Kapasitesi (kW)} + X}{\text{Cihazın Çektiği TOPLAM Güç (kW)} - X} \quad (1)$$

$$COP = \frac{\text{Cihaz NET Kapasitesi (kW)} - X}{\text{Cihazın Çektiği TOPLAM Güç (kW)} - X}$$

(2)

$$X = \frac{q \cdot (\Delta p_e - ESP_{min})}{\eta} \quad (3)$$

X: Basınç Düzeltme Faktörü:

η : Eğer üreticinin fan motor gücü 125 W ve 500 kW arasında ise 327/2011 ecodesign fan regülasyonundaki tablolardaki kapasite aralıklarındaki verilen değer alınır.

η : 0.3 (125 W altı motorlar için)

Δp_e : EN 14511-1:2013'deki 2.52 bölümüne göre Pa olarak ölçülen ESP değeri. Eğer bu değer Tablo 1'deki güce karşılık gelen ESP değerinin 2 katında fazla ise Δp_e değeri Tablo 1'deki değerin maksimum 2 katı alınabilir.

ESP_{min} : EN 14511'e göre Pa olarak minimum ESP değeri; eğer cihazın dış ünite tarafı fanı kanallı ise bu değer 30 Pa alınır.

q: Cihaz nominal debisi (m^3/s)

Cihaz net kapasitesi, cihazın iç ünite bataryasından elde ettiği kapasiteden soğutma modunda iç ünite fan motoru ısıtının çıkarılması, ısıtma modunda ise iç ünite bataryasından elde ettiği kapasiteye iç ünite fan motorunun ısıtının eklenmesi ile elde edilen net kapasitedir.

Eşitlikte paydaya eklenen ve paydan çıkarılan kapasite ise cihazlarda kullanılabilecek farklı fan ve motorların ve çektikleri güce göre sağlayabildikleri ESP'nin (toplam cihaz dışı statik basıncın) firmalar arasında birbirine göre avantaj/dezavantaj yaratmaması için bir çeşit düzeltme katsayısıdır. Böylece daha fazla ESP sağlayan ama aynı zamanda daha fazla güç çeken bir üreticiye ilave düzeltme faktörü ile dezavantajlı olma durumu giderilmeye çalışılmıştır.

Tablo 1. Konfor klimaları için basınç gereklilikleri [1].

Standart Kapasite Aralığı kW	Minimum Dış Statik Basınç (ESP _{min}) Pa
$0 < Q < 8$	25
$8 \leq Q < 12$	37
$12 \leq Q < 20$	50
$20 \leq Q < 30$	62
$30 \leq Q < 45$	75
$45 \leq Q < 82$	100
$82 \leq Q < 117$	125
$117 \leq Q < 147$	150
$Q \geq 147$	175

EN 14511 standardına göre tam yükteki verim hesaplamaları için kullanılan sıcaklık değerleri aşağıdaki gibidir.

Tablo 2. Verim hesaplamaları için kullanılacak iç ve dış ortam sıcaklık değerleri.

	İÇ ORTAM		DIŞ ORTAM			
	Hava giriş °C		Hava giriş °C		Su °C	
	DB	WB	WB	WB	Giriş	Çıkış
Soğutma	27	19	35	24	30	35
Isıtma	20	15	7	6	20	

3. Lot 21 Ecodesign Regülasyonu – Çatı Tipi Klimalar

Avrupa Birliği ülkelerinde geçerli olan, enerji tüketen veya dolaylı yoldan enerji tüketimine etkisi olan ürünlerin enerji tüketimleri ve çevreye olan etkilerine düzenlemeler getiren 2009/125/EC Direktifi (ErP) bazı ürünler için çoktan yayımlanmış bazıları için son taslak aşamasında bazı ürünler için ise son halini almış ve yayımlanması beklenmektedir. Tüm bu ürünler Lot olarak numaralandırılan çeşitli ürün grupları altında sınıflandırılmaktadır. Çatı tipi klimalar da uzun süren görüşmelerin sonucunda Lot 21: Isıyı dağıtmak için sıcak hava kullanan merkezi ısıtma ürünleri (Central heating products using hot air to distribute heat) kategorisi altında sınıflandırılmıştır.

30 Kasım 2016 tarihinde yayımlanan 2016/2281 nolu regülasyonunda rooftop cihazları aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır.

Rooftop ısı pompası cihazı: havadan havaya ısı pompası, elektrikli bir kompresör ile çalışan, kondenser, kompresör ve evaporatörü tek bir paket cihaz içinde olan. (*'rooftop heat pump' means an air-to-air heat pump, driven by an electric compressor, of which the evaporator, compressor and condenser are integrated into a single package*)

Rooftop klima cihazı: havadan havaya klima cihazı, elektrikli bir kompresör ile çalışan, kondenser, kompresör ve evaporatörü tek bir paket cihaz içinde olan. (*'rooftop air conditioner' means an air-to-air air conditioner, driven by an electric compressor, of which the evaporator, compressor and condenser are integrated into a single package*)

Ecodesign regülasyonu için rooftop cihazlarında iki aşamalı olarak 2018 ve 2021 yıllarında soğutma ve ısıtma verimlilikleri için aşağıdaki minimum değerler belirlenmiştir.

η_s = Sezonsal mahal enerji verimliliği, %

$\eta_{s,c}$ = Sezonsal mahal soğutma enerji verimliliği, %

$\eta_{s,h}$ = Sezonsal mahal ısıtma enerji verimliliği, %

1 Ocak 2018'den geçerli olmak üzere;

$\eta_{s,c} = 117$ = Sezonsal mahal soğutma enerji verimliliği, %

$\eta_{s,h} = 115$ = Sezonsal mahal ısıtma enerji verimliliği, %

1 Ocak 2021'den geçerli olmak üzere;

$\eta_{s,c} = 138$ = Sezonsal mahal soğutma enerji verimliliği, %

$\eta_{s,h} = 125$ = Sezonsal mahal ısıtma enerji verimliliği, %

Ecodesign regülasyonlarını açıklayıcı belge olma özelliği olan Çalışma Dökümanı'nda (*Working Document – Possible requirements for air heating products, cooling products and high temperature process chillers - Transitional Method*) enerji kaynağı olarak direkt fosil yakıt kullanan ısıtma cihazları ile fosil yakıtları kullanarak üretilen elektrik enerjisini kullanan ısıtma cihazları için verim hesabında $\Sigma F(i)$ düzeltme faktörleri kullanılması gerektiğinden bahsedilmiştir.



Şekil 1. Kullanılan birincil enerji kaynaklarına göre iklimlendirme cihazları arasındaki ilişki

Çatı tipi klima cihazlarında sezonsal mahal enerji verimliliği ile EN 14825 standardından hesaplanan SEER ve SCOP değerleri arasında aşağıdaki gibi bir ilişki bulunmaktadır.

$$\eta_{s, cool} = \frac{SEER \times 100}{2,5} - \Sigma F(i) \quad (4)$$

$$\eta_{s, heat} = \frac{SCOP \times 100}{2,5} - \Sigma F(i) \quad (5)$$

Çatı tipi klima cihazları için fosil yakıttan elektrik tüketimi için enerji kayıp katsayısı (*conversion coefficient*) 2,5 alınmaktadır.

Çatı tipi klima cihazları için düzeltme faktörü % 3 alınacaktır [5].

Formülasyonda 2,5 ve $F(1)$ için % 3 değerleri yerine konduğunda SEER ve SCOP için aranacak minimum değerler yıllara göre aşağıdaki şekilde olacaktır.

1 Ocak 2018'den geçerli olmak üzere;

SEER = 3,00

SCOP = 2,95

1 Ocak 2021'den geçerli olmak üzere;

SEER = 3,53

SCOP = 3,20

4. EN 14825 Standardına Göre SEER ve SCOP Değerlerinin Hesaplanması

4.1 Soğutma Modunda Kısmi Yük Koşulları

Referans SEER/SEERon ve uygulama SEER'in hesaplanma amacı için, aşağıda bahsedilen kısmi yük oranları, kısmi yük oran eşitlikleri (Tablo 3 ile Çizelge 5'in 1'inci kolonu) esas alınmalı ve buradaki Çizelgelerin 2'inci kolonunda bahsedildiği gibi sonuçlar yuvarlatılmamalıdır.

Referans SEER (Eşitlik 6) ve referans SEERon (Eşitlik 9) belirlenmesi için kısmi yük koşulları aşağıdaki çizelgede verilmiştir.

Tablo 3. Havadan havaya ünitelerin referans SEER ve referans SEERon hesaplaması için kısmi yük koşulları

	Kısmi yük oranı	Kısmi yük oranı %	Dış ortam hava kuru termometre sıcaklığı °C	İç ortam hava kuru termometre (ıslak termometre) sıcaklıkları °C
A	$(35-16)/(T_{designc} -16)$	100	35	27(19)
B	$(30-16)/(T_{designc} -16)$	74	30	27(19)
C	$(25-16)/(T_{designc} -16)$	47	25	27(19)
D	$(20-16)/(T_{designc} -16)$	21	20	27(19)

4.2 Isıtma Modunda Kısmi Yük Koşulları

Referans SCOP/SCOPon/SCOPnet ve uygulama SCOP'un hesaplanma amacı için, aşağıda bahsedilen kısmi yük oranları, kısmi yük oran eşitlikleri (Tablo 4 ile Çizelge 35'in 1'inci kolonu) esas alınmalı ve buradaki Çizelgelerin 2'inci kolonunda bahsedildiği gibi sonuçlar yuvarlatılmamalıdır.

Referans SCOP ve referans SCOPon/SCOPnet'in amacı için, üç referans koşul vardır: ortalama (A), sıcak (W) ve soğuk (C).

İlgili Tdesign h değerleri aşağıdaki gibi tanımlanır:

- Tdesign “ortalama” -10 °C (-11 °C ıslak termometre) dış ortam sıcaklığı ve 20 °C iç ortam sıcaklığında kuru termometre sıcaklık koşulları,
 - Tdesign “soğuk” -22 °C (-23 °C ıslak termometre) dış ortam sıcaklığı ve 20 °C iç ortam sıcaklığında kuru termometre sıcaklık koşulları,
 - Tdesign “sıcak” +2 °C (1 °C ıslak termometre) dış ortam sıcaklığı ve 20 °C iç ortam sıcaklığında kuru termometre sıcaklık koşulları,
- ve ilgili Tbivalent aşağıdaki gibi tanımlanır:
- Ortalama ısıtma mevsimi için, kuru termometre bivalent sıcaklık +2 °C veya daha düşük,
 - Soğuk ısıtma mevsimi için, kuru termometre bivalent sıcaklık - 7 °C veya daha düşük,
 - Sıcak ısıtma mevsimi için, kuru termometre bivalent sıcaklık +7 °C veya daha düşük.

Tbivalent ve TOL, - 7 °C'tan daha yüksek veya eşit olduğunda, ıslak termometre sıcaklığı kuru termometre sıcaklığından 1°C çıkartılmasına eşittir. Tbivalent ve TOL, - 7 °C'tan daha düşükse, ıslak termometre sıcaklığı tanımlanmaz.

Beyan edilen TOL dikkate alınan iklimin Tdesignh'ından daha düşükse, TOL'un Tdesignh'a eşit olduğu kabul edilebilir.

Referans SCOP (Eşitlik 12), referans SCOPon (Eşitlik 15) ve referans SCOPnet'in (Eşitlik 16) belirlenmesi için kısmi yük koşulları aşağıdaki Çizelgede verilmiştir.

Tablo 4. Referans ısıtma mevsimi “A” = ortalama için havadan havaya ünitelerin referans SCOP, referans SCOPonve referans SCOPnet hesaplaması için kısmi yük koşulları

	A		Dış ortam hava kuru termometre (ıslak termometre) sıcaklıkları °C	İç ortam hava kuru termometre sıcaklığı °C
	Kısmi yük oranı	Kısmi yük oranı %		
A	$(-7-16)/(T_{designh} - 16)$	88	-7(-8)	20
B	$(+2-16)/(T_{designh} - 16)$	54	2(1)	20
C	$(+7-16)/(T_{designh} - 16)$	35	7(6)	20
D	$(+12-16)/(T_{designh} - 16)$	15	12(11)	20
E	$(TOL-16)/(T_{designh} - 16)$		TOL	20
F	$(T_{bivalent}-16)/(T_{designh} - 16)$		Tbivalent	20

Tablo 5. Referans ısıtma mevsimi “W” = sıcak için havadan havaya ünitelerin referans SCOP, referans SCOPon ve referans SCOPnet hesaplaması için kısmi yük koşulları

	W		Dış ortam hava kuru termometre (ıslak termometre) sıcaklıkları °C	İç ortam hava kuru termometre sıcaklığı °C
	Kısmi yük oranı	Kısmi yük oranı %		
A	Uygulanmaz			
B	$(+2-16)/(T_{designh} - 16)$	100	2(1)	20
C	$(+7-16)/(T_{designh} - 16)$	64	7(6)	20
D	$(+12-16)/(T_{designh} - 16)$	29	12(11)	20
E	$(TOL-16)/(T_{designh} - 16)$		TOL	20
F	$(T_{bivalent}-16)/(T_{designh} - 16)$		Tbivalent	20

Tablo 6. Referans ısıtma mevsimi “C” = soğuk için havadan havaya ünitelerin referans SCOP, referans SCOPon ve referans SCOPnet hesaplaması için kısmi yük koşulları

	C		Dış ortam hava kuru termometre (ıslak termometre) sıcaklıkları °C	İç ortam hava kuru termometre sıcaklığı °C
	Kısmi yük oranı	Kısmi yük oranı %		
A	$(-7-16)/(T_{designh} - 16)$	61	-7(-8)	20
B	$(+2-16)/(T_{designh} - 16)$	37	2(1)	20
C	$(+7-16)/(T_{designh} - 16)$	24	7(6)	20
D	$(+12-16)/(T_{designh} - 16)$	11	12(11)	20
E	$(TOL-16)/(T_{designh} - 16)$		TOL	20
F	$(T_{bivalent}-16)/(T_{designh} - 16)$		Tbivalent	20
G ^a	$(-15-16)/(T_{designh} - 16)$	82	-15	20

^a Koşul G, TOL'un -20 °C'dan aşağıda olması durumunda uygulanır.

4.3 Referans SEER ve Referans SEER_{on} için Hesaplama Yöntemleri

4.3.1 Referans SEER'in Hesaplanması için Genel Eşitlik

Referans SEER'in hesaplanması, referans yıllık soğutma talebinin (Q_C) yıllık elektrik tüketimine (Q_{CE}) bölünmesine eşittir:

$$SEER = \frac{Q_C}{Q_{CE}} \quad (6)$$

4.3.2 Referans Yıllık Soğutma Talebinin (Q_C) Hesaplanması

Referans yıllık soğutma talebi (Q_C), kWh olarak ifade edilir ve aşağıdaki gibi hesaplanabilir:
Ek A*'da tanımlandığı gibi, soğutma (H_{CE}) için eşdeğer aktif mod saatlerinin sayısı ile tam yük ($P_{designc}$) çarpılır.

$$Q_C = P_{designc} \times H_{CE} \quad (7)$$

Not - Eşdeğer saatlerin belirlenmesinde, Ek E*'de bulunabilen iklimsel bin yöntemi ve yapıların belirli tipleri için kullanım senaryoları esas alınır.

4.3.3 Referans yıllık elektrik tüketiminin (Q_{CE}) hesaplanması

Yıllık elektrik tüketimi, aktif mod, termostat kapalı mod, hazırda bekleme modu, kapalı modu ve karter ısıtıcı modu boyunca güç tüketimini içerir.

Aktif mod esnasında güç tüketimi, $SEER_{on}$ 'un hesaplanmasından elde edilir. $SEER_{on}$ 'un belirlenmesi için, Madde 4.3.4'e bakılmalıdır.

$$Q_{CE} = \frac{Q_C}{SEER_{on}} + H_{TO} + P_{TO} + H_{SB} + P_{SB} + H_{CK} + P_{CK} + H_{OFF} + P_{OFF} \quad (8)$$

Q_C : Referans yıllık soğutma talebi, kWh olarak ifade edilir,

H_{TO} , H_{SB} , H_{CK} , H_{OFF} : Ek A*'da belirtildiği gibi, sırasıyla termostat kapalı mod, hazırda bekleme modu, karter ısıtıcı modu ve kapalı modunda çalışması düşünülen ünitenin saatlerinin sayısı,

P_{TO} , P_{SB} , P_{CK} , P_{OFF} : kW olarak ifade edilen, sırasıyla termostat kapalı mod, hazırda bekleme modu, karter ısıtıcı modu ve kapalı modu esnasında elektrik tüketimidir.

4.3.4 Referans $SEER_{on}$ 'un Hesaplanması

Referans $SEER_{on}$ aşağıdaki gibi belirlenir:

$$SEER_{on} = \frac{\sum_{j=1}^n h_j \times P_c(T_j)}{\sum_{j=1}^n h_j \left(\frac{P_c(T_j)}{EER_{bin}(T_j)} \right)} \quad (9)$$

Burada:

T_j	bin sıcaklığı,
j	bin sayısı,
n	bin miktarı,
$P_c(T_j)$	ilgili sıcaklık T_j için yapının soğutma talebi,
h_j	ilgili sıcaklık T_j 'de oluşan bin saatlerinin sayısı,
$EER(T_j)$	ilgili sıcaklık T_j için ünitenin EER değerleri,
dir.	

j , T_j ve h_j için kullanılacak değerler, Ek A*'da belirtilmiştir. Soğutma talebi $P_c(T_j)$ her bir ilgili bin için kısmi yük oranı ile tam yük değeri ($P_{designc}$) çarpılarak belirlenebilir. Bu kısmi yük oranı % olarak aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$\text{Kısmi yük oranı} = \frac{(T_j - 16)}{(35 - 16)} \quad (10)$$

Her bir bin'de EER değerleri, kısmi yük koşulları A, B, C ve D'de EER değerlerinin enterpolasyonu yardımıyla belirlenir.

Kısmi yük koşulu A üzerindeki kısmi yük koşulları için, koşul A için olduğu gibi aynı EER değerleri kullanılır.

Kısmi yük koşulu D altındaki kısmi yük koşulları için, koşul D için olduğu gibi aynı EER değerleri kullanılır.

4.3.5 Kısmi Yük Koşulları B, C, D'de EERbin(Tj)'nin Belirlenmesi için Hesaplama Prosedürü

Kısmi yük koşulu A'da (tam yük), ünitenin beyan edilen kapasitesi soğutma yüküne eşit olarak dikkate alınır (Pdesignc).

Kısmi yük koşulları B, C ve D'de iki ihtimal olabilir:

- Ünitenin beyan edilen kapasitesi gerekli soğutma yükleri ile eşleşirse, ünitenin ilgili EERd değeri kullanılmalıdır. Bu durum, aşamalı veya değişken üniteler ile meydana gelebilir,
- Ünitenin beyan edilen kapasitesi gerekli soğutma yüklerinden daha yüksekse, ünite aç/kapat çevrimine sahiptir. Bu durum, sabit kapasiteli veya aşamalı veya değişken kapasiteli üniteler ile meydana gelebilir.

Bu gibi durumlarda, ayırıştırma faktörü (Cd veya Cc) ilgili EERbin(Tj) değerini hesaplamak için kullanılmalıdır. Bu gibi hesaplama aşağıda açıklanmıştır.

4.3.5.1 Havadan Havaya ve Sudan Havaya Üniteler

4.3.5.1.1 Sabit Kapasiteli Üniteler için Hesaplama Prosedürü

Her bir kısmi yük koşulları B, C ve D için, EER aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$EER_{bin}(T_j) = EER_d \times (1 - C_d \times (1 - C_{Ru})) \quad (11)$$

Burada:

EERd Kısmi yük koşulları B, C ve D için olduğu gibi aynı sıcaklık koşullarında ünitenin beyan edilen kapasitesi (Pd) ile ilgili EER,

Cd Ayırıştırma katsayısı,
CRu Kapasite oranıdır.

Kapasite oranı, aynı sıcaklık koşullarında ünitenin beyan edilen kapasitesi (Pd) üzerinde soğutma talebinin (Pc) oranıdır.

Cd deney ile belirlenemediğinde, varsayılan ayırıştırma katsayısı Cd, 0,25 olmalıdır.

4.3.5.1.2 Aşamalı ve Değişken Kapasiteli Üniteler için Hesaplama Prosedürü

Gerekli soğutma yüküne ulaşmak için ünitenin kapasite kontrolünün en yakın adımsal veya oransal artışında EERbin(Tj) ve beyan edilen kapasitesi belirlenmelidir. Bu adım $\pm$ % 10'u içerisinde gerekli soğutma yüküne ulaşmasına müsaade etmiyorsa (9 kW gerekli soğutma yükü için 9,9 kW ile 8,1 kW arasındaki gibi), gerekli soğutma yükünün taraflarının birinde adımlar için tanımlanmış kısmi yük sıcaklıklarındaki kapasitesi ve EERbin(Tj) belirlenmelidir. Gerekli soğutma yükünde kısmi yük kapasitesi ve EERbin(Tj), buradaki iki adımdan elde edilen sonuçlar arasında lineer enterpolasyon ile belirlenir.

Ünitenin en küçük kontrol adımı, gerekli soğutma yükünden daha yüksekse, gerekli kısmi yük oranında EERbin(Tj) sabit kapasiteli üniteler için olduğu gibi Eşitlik (11) kullanılarak hesaplanır.

4.4 Referans SCOP, Referans SCOP_{on} ve Referans SCOP_{net} için Hesaplama Yöntemleri

4.4.1 Referans SCOP Hesaplanması için Genel Eşitlik

Referans SCOP, referans yıllık ısıtma talebinin yıllık elektrik tüketimine bölünmesi ile tanımlanır.

$$SCOP = \frac{Q_H}{Q_{HE}} \quad (12)$$

Burada:

Q_H referans yıllık ısıtma talebi, kWh olarak ifade edilir,
 Q_{HE} yıllık elektrik tüketimi, kWh olarak ifade edilir.

4.4.2 Referans Yıllık Isıtma Talebinin (Q_H) Hesaplanması

Referans yıllık ısıtma talebi kWh olarak ifade edilir ve aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

Ek A*'da belirtildiği gibi, eşdeğer ısıtma saatlerinin (H_{HE}) sayısı ile ısıtmadaki tam yük ($P_{designH}$) çarpılır.

$$Q_H = P_{designH} \times H_{HE} \quad (13)$$

Not - Ünitelerin belirli tipleri için ortalama, sıcak ve soğuk referans ısıtma mevsimleri ile ilgili eşdeğer ısıtma saatlerinin sayısının belirlenmesi; Ek E*'de bulunabilen iklimsel bin yöntemi ve yapıların belirli tipleri için kullanım senaryolarını esas alır.

4.4.3 Referans Yıllık Elektrik Tüketiminin (Q_{HE}) Hesaplanması

Yıllık elektrik tüketimi, aşağıdaki eşitliğiesas alan aktif mod, termostat kapalı mod, hazırda bekleme modu, kapalı modu ve karter ısıtıcı modu boyunca güç tüketimini içerir:

$$Q_{HE} = \frac{Q_H}{SCOP_{on}} + H_{TO} + P_{TO} + H_{SB} + P_{SB} + H_{CK} + P_{CK} + H_{OFF} + P_{OFF} \quad (14)$$

Burada:

Aktif mod esnasında güç tüketimi SCOP_{on}'un hesaplanmasından elde edilir; SCOP_{on}'un belirlenmesi için; Madde 4.4.4'e bakılmalıdır.

Q_H referans yıllık ısıtma talebi, kWh olarak ifade edilir,
 $H_{TO}, H_{SB}, H_{CK}, H_{OFF}$ Ek A*'da tanımlandığı gibi sırasıyla termostat kapalı mod, hazırda bekleme modu, karter ısıtıcı modu ve kapalımodunda çalışması düşünülen ünitenin saatlerinin sayısı,

$P_{TO}, P_{SB}, P_{CK}, P_{OFF}$ kW olarak ifade edilen, sırasıyla termostat kapalı mod, hazırda bekleme modu, karter ısıtıcı modu ve kapalımodu esnasında elektrik tüketimi.

4.4.4 Referans SCOP_{on} ve SCOP_{net}'in Hesaplanması

Referans SCOP_{on} ve SCOP_{net} aşağıdaki gibi belirlenir:

$$SCOP_{on} = \frac{\sum_{j=1}^n h_j \cdot Ph(T_j)}{\sum_{j=1}^n h_j \cdot \left(\frac{Ph(T_j) - elbu(T_j)}{COP_{bin}(T_j)} + elbu(T_j) \right)} \quad (15)$$

$$SCOP_{net} = \frac{\sum_{j=1}^n h_j \cdot (Ph(T_j) - elbu(T_j))}{\sum_{j=1}^n h_j \cdot \left(\frac{Ph(T_j) - elbu(T_j)}{COP_{bin}(T_j)} \right)} \quad (16)$$

Burada:

T_J	bin sıcaklığı,
j	bin sayısı,
n	bin miktarı,
Ph(T_j)	ilgili sıcaklık T _j için yapının ısıtma talebi, kW olarak ifade edilir,
h_j	ilgili sıcaklık T _j 'de oluşan bin saatlerinin sayısı,
COP_{bin}(T_j)	ilgili sıcaklık T _j için ünitenin COP değerleri,
elbu(T_j)	ilgili sıcaklık T _j için elektrikli yedek ısıtıcının gerekli kapasitesi, kW olarak ifade edilir.

j, T_j ve h_j için kullanılacak değerler, Ek A*'da belirtilmiştir.

Isıtma talebi Ph(T_j) her bir ilgili bin için kısmi yük oranı ile tam yük değeri (P_{designh}) çarpılarak belirlenebilir.

Bu kısmi yük oranı aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

- Ortalama iklim için: Kısmi yük oranı = % (T_j-16) / (-10-16),
- Sıcak iklim için: Kısmi yük oranı = % (T_j-16) / (+2-16),
- Soğuk iklim için: Kısmi yük oranı = % (T_j-16) / (-22-16).

Her bir bin'de COP_{bin}(T_j) değerleri ve kapasite değerleri, uygulanabilir olduğu yerde kısmi yük koşulları A, B, C, D, E, F ve G'de COP_{bin}(T_j) ve kapasite değerlerinin enterpolasyonu yardımıyla belirlenir. Enterpolasyon COP_{bin}(T_j)'ler ile 2 en yakın kısmi yük koşullarının kapasiteleri arasında yapılır.

D üzerinde kısmi yük koşulları için kapasite değerleri ve COP_{bin}T_j değerleri kısmi yük koşulları C ve D'de kapasite değerleri ve COP_{bin}(T_j) değerlerinden ekstrapolasyon ile elde edilir.

Soğuk iklimde, TOL (çalışma sınırı) -20 °C'un altındaysa, ilave hesaplama noktası -15 °C'ta COP_{bin}(T_j) ve kapasiteden alınmalıdır (Koşul G).

Ancak, ısı pompasının kapasitesi Ph(T_j) değerinden daha düşükse, COP değeri 1 olan elektrikli yedek ısıtıcı ile hatalı kapasitenin düzeltilmesine ihtiyaç vardır. Bu düzeltme, SCOP_{net}'in hesaplanması için uygulanmaz.

TOL (çalışma sınırı) altında, ısı pompası çalışmaz. TOL altında dış ortam hava sıcaklıklarında ısı pompasının kapasitesi 0 kW'dır.

4.4.5 Kısmi Yük Koşulları A, B, C, D'de COP_{bin}(T_j) Değerlerinin Belirlenmesi için Hesaplama Yöntemi

Kısmi yük koşulu A, B, C ve D'de iki ihtimal olabilir:

- Ünitenin beyan edilen kapasitesi gerekli ısıtma talepleri ile eşleşir veya daha düşükse, ünitenin ilgili COP_d değeri kullanılmalıdır,
- Ünitenin beyan edilen kapasitesi gerekli ısıtma talebinden daha yüksekse, COP_{bin}(T_j); ünitenin kapasite kontrolüne bağlı olan aşağıdaki hesaplama yöntemlerine göre hesaplanmalıdır.

4.4.5.1 Havadan Havaya, Tuzlu Sudan Havaya ve Sudan Havaya Üniteler

4.4.5.1.1 Sabit Kapasiteli Üniteler için Hesaplama Yöntemi

Kapasite oranının 1'den daha düşük olduğu yerdeki kısmi yük koşulları A, B, C ve D için, COP_{bin}(T_j) aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$COP_{bin}(T_j) = COP_d \times (1 - C_d \times (1 - CR_u)) \quad (17)$$

Burada:

COP_d Kısmi yük koşulları A, B, C, D, E, F ve G için olduğu gibi aynı sıcaklık koşullarında ünitenin beyan edilen kapasitesi (Pd) ile ilgili COP,

C_d Ayırıştırma katsayısı,

CR_u Kapasite oranıdır.

Kapasite oranı, aynı sıcaklık koşullarında ünitenin beyan edilen kapasitesi (Pd) üzerinde ısıtma talebinin (Ph) oranıdır.

C_d deney ile belirlenemediğinde, varsayılan ayırıştırma katsayısı C_d, 0,25 olmalıdır.

4.4.5.1.2 Aşamalı ve Değişken Kapasiteli Üniteler için Hesaplama Prosedürü

Gerekli ısıtma yüküne ulaşmak için ünitenin kapasite kontrolünün en yakın adımsal veya oransal artışında COP_{bin}(T_j) ve beyan edilen kapasitesi belirlenmelidir. Bu adım $\pm$ % 10'u içerisinde gerekli ısıtma yüküne ulaşmasına müsaade etmiyorsa (9 kW gerekli ısıtma yükü için 9,9 kW ile 8,1 kW arasındaki gibi), gerekli ısıtma yükünün taraflarının birinde adımlar için tanımlanmış kısmi yük sıcaklıklarındaki kapasitesi ve COP_{bin}(T_j) belirlenmelidir. Gerekli ısıtma yükünde kısmi yük kapasitesi ve COP_{bin}(T_j), buradaki iki adımdan elde edilen sonuçlar arasında lineer enterpolasyon ile belirlenir.

SONUÇ

Çatı tipi klimalar için minimum sezonsal verimlilik değerleri 2018 ve 2021 yılı başlarında kademeli olarak Avrupa'da yürürlüğe girecektir. Ülkemizde ise henüz bu konuda bir yönetmelik hazır olmamasına rağmen yakın zamanda Türkiye'de de bu yasanın yürürlüğe gireceği öngörülmektedir. Bu amaçla iklimlendirme sektörünü bilgilendirmek amacıyla bu bildiri hazırlanmıştır. Yeni sezonsal verimlilik hesabı ile cihazların sadece tam yükteki verimlilikleri değil tüm yıl boyunca verimlilikleri dikkate alınarak hesaplamalar yapılacak böylece tüketiciler için daha bilinçli satınalma yapabilme imkanı doğacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] EN 14511, "Mekan Isıtma ve soğutma için Elektrikle Tahrik Edilen Kompresör ile Çalışan İklimlendirme Cihazları, Sıvı Soğutma Paketleri ve Isı Pompaları", 2015.
- [2] COMMISSION REGULATION (EU) NO 327/2011, "Implementing Directive 2009/125/EC of the European Parliament and of the Council with regard to Ecodesign Requirements for Fans Driven by Motors with an Electric Input Power Between 125 W and 500 kW", 2011
- [3] EN 14825, "Mekan Isıtma ve Soğutma için Elektrikle Tahrik Edilen Kompresörle ile Çalışan İklimlendirme Cihazları, Sıvı Soğutma Paketleri ve Isı Pompaları - Kısmi Yük Koşullarında Değerlendirme ve Deney ile Mevsimsel Performansın Hesaplanması", 2016.
- [4] TUNCAY, E., "Çatı Tipi Klimaların Çalışma Prensipleri", Alarko Carrier Teknik Bülteni, 2005.
- [5] ECODSIGN WORKING DOCUMENT, "Possible Requirements for Air Heating Products, Cooling Products and High Temperature Process Chillers", 2016.

**ÖZGEÇMİŞ****Volkan ARSLAN**

1980 İstanbul doğumludur. 2002 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü Tesisat Dalı'ndan mezun olmuştur. 2004-2006 yılları arasında Ece Mühendislik firmasında Proje ve Teklif Mühendisi olarak çalışmıştır. Alarko Carrier firmasında 2006-2011 yılları arasında Uygulama Mühendisi olarak çalışmış, 2011 yılından itibaren de Pazarlama Departmanı'nda Ticari Klimalar Ürün Müdürü olarak çalışmaktadır. 2015-2016 döneminde İSKİD Merkezi İklimlendirme Sistemleri Komisyonu Başkanlığı yapmıştır. Evli ve bir erkek çocuk babasıdır.