

# ENERJİ TESİSLERİNDE KULLANILAN RADYATÖRLERDE (KURU SOĞUTUCULAR) ENERJİ VERİMLİLİĞİNE ETKİ EDEN FAKTÖRLER

**Hasan ACÜL**  
Makine Mühendisi  
Ar-Ge Bölüm Şefi

**Fırat BOLAZAR**  
Makine Mühendisi

## ABSTRACT

*Increasing efficiency and reaching maximum power capacity output with minimized expenses is a very important point in our era for energy manufacturers. That point affects design of radiators (dry coolers) widely used in power plants for heat rejection from the system and urges manufacturers to develop high performance, energy-efficient, environment friendly, economic, and long life radiators. This paper is intended to provide information on the factors that affects energy efficiency of radiators.*

## 1. GİRİŞ

Enerji tesislerinde kullanılan radyatörlerin tasarım ve seçimi için gerekli veriler istenen soğutma kapasitesi, ortam giriş havası kuru ve yaş termometre sıcaklıkları , akışkan (glikol/su) giriş ve çıkış sıcaklıkları, glikol oranı, su debisi, su tarafı basınç kaybı istenen değerleri ve arzulan ünite boyutlarıdır. Bu verilere ek olarak fanların izolasyon, sıcaklık dayanım ve koruma sınıfı özellikleri ile ses seviyesi limitleri de önemli verilerdendir.[1]

Üretici firmalar, yukarıda belirtilen tasarım verileri ve istenen ek özelliklerin bilinmesi sureti ile kendi üretim tekniklerine uygun olarak radyatör tasarımı ve üretimi yapabilir. Üretici firmanın performans onaylı tasarım yazılımının olması ve bataryaların bu yazılım/program yardımı ile tasarım edilmesi sonradan ortaya çıkabilecek telafisi zor olumsuz durumları önlemede çok önemlidir. [2]

Bir radyatörün ihtiyaç duyulan performansı gösterebilmesi için dikkat edilmesi gereken temel tasarım veri ve kriterleri vardır. Aşağıda bu veri ve kriterler açıklanmıştır.

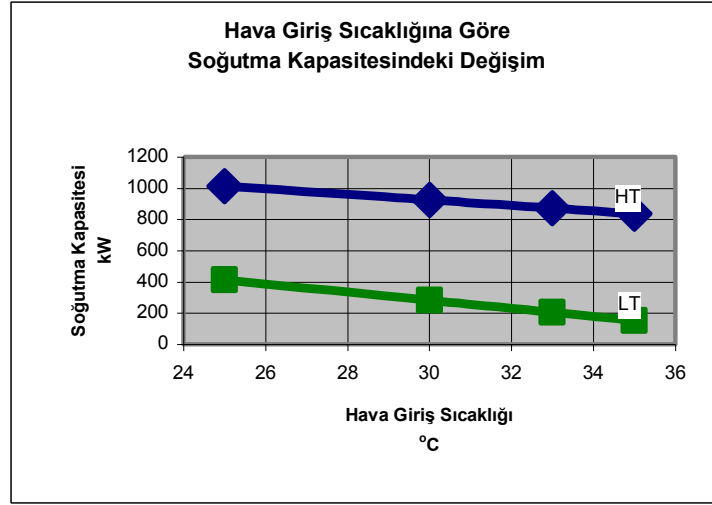
## 2. RADYATÖRLERİN TASARIM VERİLERİ VE PERFORMANSLARINA ETKİ EDEN FAKTÖRLER

### 2.1 Ortam Şartları

Bir radyatörün soğutma kapasitesi ancak kullanılacağı ortam şartları bilindiği zaman belirlenebilir. Ortam hakkındaki en önemli kriter hava giriş sıcaklığıdır. Örneğin, HT (*Jacket Water*) soğutma amacıyla kullanılan ve 99°C / 73°C çalışan bir radyatör ile LT (*After Cooler*) soğutma amacıyla kullanılan ve 44°C / 39°C çalışan bir radyatör için farklı hava giriş sıcaklıklarındaki soğutma kapasiteleri aşağıdaki grafikte verilmiştir.

Radyatör seçiminde dikkat edilmesi gereken nokta, alınacak Kuru Soğutucunun kullanılacağı bölge şartlarındaki soğutma kapasitesinin bilinmesi gerekliliğidir. Elimizdeki örnekte 25 °C hava giriş sıcaklığındaki soğutma kapasitesine göre alınan HT Kuru Soğutucu, gerçek kullanım yerinde 35 °C hava

giriş sıcaklığı ile çalıştırıldığında istenen kapasitenin % 83'ünü verebilmektedir; bu oran LT radyatör için ise ancak % 37'dir. [2]



Grafik 1. Hava giriş sıcaklığına göre soğutma kapasitesindeki değişim [2]

## 2.2 Akışkan Özellikleri ve Radyatörlerde Donma Koruması

Radyatör devresinde dolaşan suyun eksi dış ortam sıcaklıkları ile karşılaşarak karşılaşmayacağı da tasarım için önemlidir. Sistemin soğutma suyu ihtiyacında %100 su kullanılabileceği gibi, eksi dış ortam sıcaklıkları altında çalışma durumunda donmayı önlemek için glikol-su karışımı (salamuralı) suyun kullanılması gerekmektedir. Örneğin, hacmen %20 etilen-glikollü bir karışım yaklaşık  $-8^{\circ}\text{C}$ , hacmen %30 etilen-glikollü bir karışım ise yaklaşık  $-16^{\circ}\text{C}$ 'a kadar koruma sağlar (Bakınız Tablo 1) [3].

Radyatör tasarımında ve seçiminde soğutma suyuna eklenecek glikol oranının da hesaba katılması gerekir. Soğutucu bataryada donmayı önlemek için kullanılan glikol-su karışımının kapasitesinin %100 su kullanılan sistemlere göre çok daha düşük olduğu ve bu nedenle de daha büyük ısı transfer alanına, dolayısıyla daha büyük (maliyeti daha yüksek) bir soğutma radyatörüne gereksinim olduğu unutulmamalıdır. Aksi takdirde, suya eklenecek glikolün soğutma kapasitesinde yol açacağı düşüş, radyatörden beklenen performansın alınamamasına yol açacaktır. Dolayısıyla, kuru soğutucunun soğutma kapasitesinin değeri, tasarım şartları ve glikol oranı bilgisi verilmezse bir anlam taşımaz.

Radyatörlerde standart kapasiteler TS EN 1048 (Isı Değiştiriciler-Hava Soğutmalı Sıvı Soğutucular "Kuru Soğutucular"-Performansın Belirlenmesi İçin Deney Metotları) standardına göre hacmen %34 etilen glikol oranı için tanımlanmaktadır.

Tablo 1.'de antifriz oranına göre karışımların donma noktası verilmiştir [3]. Burada dikkat edilmesi gereken nokta glikol oranının % 60'ının üstüne çıkması durumunda donma sıcaklıklarının yükselmeye başlamasıdır.

Hacimsel Karışım Oranı	Donma Sıcaklığı
%100 Su	0 °C
% 90 Su + % 10 Glikol Karışımı Durumunda	-3 °C
% 80 Su + % 20 Glikol Karışımı Durumunda	-8 °C
% 70 Su + % 30 Glikol Karışımı Durumunda	-16 °C
% 60 Su + % 40 Glikol Karışımı Durumunda	-25 °C
% 50 Su + % 50 Glikol Karışımı Durumunda	-37 °C
% 40 Su + % 60 Glikol Karışımı Durumunda	-50 °C
% 30 Su + % 70 Glikol Karışımı Durumunda	<-50 °C
% 20 Su + % 80 Glikol Karışımı Durumunda	-45 °C
% 10 Su + % 90 Glikol Karışımı Durumunda	-28 °C

Kış aylarında kuru soğutucularda donma riskine karşı önlem alınmadığı takdirde iç akışkanın donması sonucu borularda oluşacak tahribatın onarılması neredeyse imkansızdır (Onarım yapılabilse bile, getireceği ek maliyetin yanında, kuru soğutucunun performansının düşmesi de söz konusudur). Ülkemizde, donma sonucu kullanılamaz hale gelmiş kuru soğutucuların tamamen yenilenmek zorunda kaldığı örneklere sıklıkla rastlanmaktadır. Şekil 1.'de donma sonucu bir kuru soğutucunun borularında meydana gelmiş tipik hasar gösterilmektedir [1].



**Şekil 1.**Donma sonucu Radyatör borularında meydana gelen tipik bir hasar [1]

Donma riskine karşı genel olarak uygulanan önlem, sistemin kullanım dışı bırakıldığı soğuk havalarda Radyatör içindeki suyun boşaltılmasıdır. Bununla birlikte, borulama yapısından dolayı Radyatör içindeki suyun tam olarak boşaltılması mümkün olmadığından, soğutma suyuna yeterli oranda antifriz (etilen-glikol) katılması gereklidir. Bu işlem ülkemizde sıklıkla meydana gelen plansız elektrik kesintilerinden dolayı yaşanabilecek donma olaylarını önlemek için de gerekli bir durumdur.

### 2.3 Lamel Geometrisi

Radyatör tasarımında boru çapı ve borular arasındaki mesafeleri tanımlayan lamel geometrisi, kapasite ve basınç kayıpları üzerinde etkilidir. Lamel geometrisi, tasarım şartlarında ihtiyaç duyulan soğutma kapasitesinin uygun basınç kayıpları dahilinde sağlanacağı şekilde üretici tarafından kendi standartları arasından seçilir.

Yoğun borulu geometrilerin daha avantajlı kapasite/fiyat değeri verdikleri söylenebilir; fakat bu durumda basınç kayıpları da artacağı için optimizasyona gidilmesi gerekmektedir. Pratik olarak, aynı

ısı transfer yüzeyine sahip fakat farklı lamel geometrisi kullanılmış radyatörlerin, aynı şartlarda farklı soğutma kapasitesi ve farklı basınç kayıpları vereceğine dikkat edilmesi önemlidir.

#### **2.4 Hava Hızı**

Hava hızı, hava tarafındaki kısmi ısı transfer katsayısını etkilediği için önemli bir kriterdir. Hava hızı arttıkça ısı transferi arttığı için daha küçük bir ısı değiştiricisi yeterli olacaktır; bununla birlikte hava tarafı basınç kaybının artması nedeniyle yüksek hızlarda fan performansı düşer. Bu nedenle hava hızının optimum değerlerde seçilmesi gereklidir. radyatör uygulamalarında tavsiye edilen hava hızı 3-3,5 m/s civarındadır. Bu hızın altında hava hızları radyatörün büyük seçilmesini gerektirir. Yüksek hava hızları ise daha güçlü ve pahalı fanlar gerektirir.

#### **2.5 Kuru Soğutucularda Standartlar ve Enerji Sınıflandırması**

Kuru soğutucularda standart kapasiteler TS EN 1048 (Isı Değiştiriciler-Hava Soğutmalı Sıvı Soğutucular "Kuru Soğutucular"-Performansın Belirlenmesi İçin Deney Metotları) standardına göre hacmen %34 etilen glikol oranı için tanımlanmaktadır [4].

Soğutucu bataryalar, 97/23/EC PED (Basıncılı Ekipmanlar Direktifi) altında tanımlanan SEP ( Sound Engineering Practice ) kapsamına uygun üretilmeli, ünitenin tümü CE şartlarını karşılamalıdır [5].

Ürünlerde enerji verimliliği EUROVENT Rating Standard (For Forced Convection Air Cooled Liquid Coolers "Dry Coolers") 7/C/003 – 2007 standardına göre Tablo 2.'de verilen değer aralıkları için hesaplanabilir [6].

<b>Tablo 2. Enerji Verimliliği Sınıfı</b>		
<b>Sınıf</b>	<b>Enerji Sarfiyatı</b>	<b>Enerji Oranı (R)*</b>
<b>A</b>	En Düşük (Extremely low)	$R \geq 110$
<b>B</b>	Çok Düşük (Very low)	$70 \leq R < 110$
<b>C</b>	Düşük (Low)	$45 \leq R < 70$
<b>D</b>	Orta (Medium)	$30 \leq R < 45$
<b>E</b>	Yüksek (High)	$R < 30$

\* Enerji oranı "R", ürün standart kapasitesinin fan motorlarının toplam enerji tüketimine bölünmesi ile elde edilir.

Enerji verimliliğinin artırılması ile ilk yatırım masrafları arasında ciddi bir ilişki söz konusudur. Enerji verimliliği yüksek ürünlerin ilk yatırım maliyetleri göreceli olarak yüksek olsa da aradaki maliyet farkını çok kısa zamanda geri kazandırdıklarını ifade etmek mümkündür.

Tablo 3.'te aynı şartlarda çalıştıkları ve eşit kapasiteye sahip oldukları varsayılan iki radyatör üzerinde yapılan örnek karşılaştırma görülmektedir. Karşılaştırmada sistemdeki soğutma ihtiyacının bir radyatöre düşen kapasitesi 1400 kw olarak varsayılmış ve alternatif radyatör dizaynları bu kapasiteye göre yapılmıştır. Örnek üniteler arasındaki temel farklar ısı transfer yüzeyleri, ünite boyutları, batarya alın hava hızları, elektrik güçleri, enerji verimliliği sınıfları ve maliyetlerdir. İlk yatırım maliyeti fazla olan ünitenin boyutları ve ısı transfer alanı daha fazladır. Bu kısım maliyete doğrudan etki etmektedir. Ancak hava hızı, dolayısıyla hava tarafı basınç kaybının düşüklüğü fanların elektrik tüketim değerine etkimekte ve tüketim değerleri düşmektedir. Bu durum ünitenin enerji verimliliğini artırmakta, buradaki örnekte olduğu gibi üniteyi C sınıfından B sınıfına çıkartmaktadır. Tablo 4.'te ise farklar gösterilmiştir.

ÖZELLİKLER	RADYATÖR 1		RADYATÖR 2	
Q (Soğutma Kapasitesi)	1401	KW	1403	KW
Isı Transfer Yüzeyi	2705	m <sup>2</sup>	3373	m <sup>2</sup>
Batarya Uzunluğu	8500	mm	10675	mm
Hava Hızı	3,67	m/s	2,72	m/s
Fan Çapı	1250	mm	1250	mm
Fan Devri	750	d/d	750	d/d
Fan Adedi	5	adet	5	adet
Fan elk. Gücü	5,94	kw/h	3,61	kw/h
<i>Toplam Fan elk.gücü</i>	<i>29,7</i>	<i>kw/h</i>	<i>18,05</i>	<i>kw/h</i>
<i>Enerji oranı (R)</i>	<i>47</i>		<i>78</i>	
<i>Enerji Verimliliği Sınıfı</i>	<i>C</i>		<i>B</i>	
<i>Ünite Fiyatı</i>	<i>23300</i>	<i>Euro</i>	<i>25500</i>	<i>Euro</i>

**Tablo 3.** Varsayılan iki radyatör üzerinde yapılan örnek karşılaştırma [1], [2]

HESAPLAMALAR	FARKLAR	
Toplam Fan elk.gücü farkı	11,65	kw/h
Yıllık Fan elk.gücü farkı	100656	kw
Elektrik maliyeti	0,08	\$/kW
Yıllık Toplam elk. Harcama farkı	8052,5	\$
Yıllık Toplam elk. Harcama farkı	5195,1	€
Aylık Toplam elk. Harcama farkı	432,93	€
Ünite maliyet farkı	2200	€
<i>Maliyet geri dönüş süresi</i>	<i>5</i>	<i>ay</i>

**Tablo 4.** Varsayılan radyatörlerin karşılaştırması ve ilk yatırım maliyeti geri ödeme süresi hesabı [1], [2]

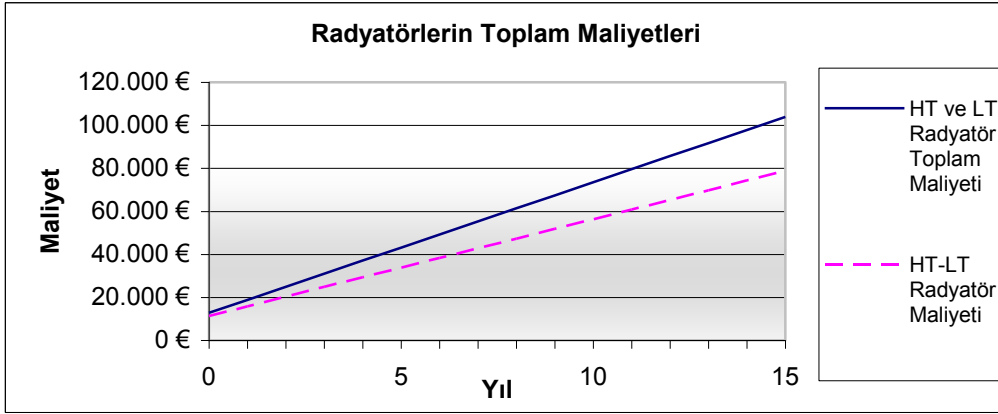
## 2.6 LT-HT Radyatör Dizaynı

Enerji tesislerinde kullanılan motorların atık ısılarının uzaklaştırılmasında, maliyet ve kapladığı yer açılarından avantaj sağlayan özel bir sistemden yararlanılabilmektedir. HT (Jacket Water) devresinde sirküle eden suyun ortalama sıcaklığı yüksektir. Bunun yanında, LT (After Cooler) devresinde daha düşük sıcaklıklarda su sirküle eder. LT devresini soğutmak için kullanılan hava ısındıktan sonra bile, HT devresindeki soğutma ihtiyacını karşılayabilecek sıcaklıklarda kalmaktadır. Bu nedenle, HT devresi için yeni bir radyatör kullanmak yerine, iki ısı değiştiricisinin aynı fanlarla soğutulduğu LT-HT Radyatörlerden yararlanılabilir [7]



**Şekil 2.**LT-HT Radyatör [1]

LT-HT Radyatörlerde, LT devresinin çıkış havası, HT devresinin giriş havasıdır. LT devresine ortam sıcaklığında giren hava After Cooler suyunu soğuturken bir miktar ısınır. HT devresine bu ısınmış hava gireceğinden, ısı değiştiricisinin Jacket Water için gereken soğutma ihtiyacını karşılayacak kapasiteyi sağlaması için, ortam havasıyla soğutma uygulamasındakinden daha büyük bir ısı transfer yüzeyine ihtiyaç vardır. Bununla birlikte, sistemin aynı kasetleme içinde çözülmesinin getireceği ilk yatırım avantajı unutulmamalıdır [7].



**Grafik 2.** HT ve LT radyatörlerin ayrı ayrı yapılması ve birlikte yapılması (LT-HT Radyatör) durumlarında toplam maliyetin (ilk yatırım + işletme) yıllara göre değişimi [7]

## 2.7 Ses Seviyesi ve Fanlar

Özellikle yerleşim yerlerine yakın uygulamalarda kuru soğutucuların çalışma sırasında fazla gürültülü olmaması önemli bir kriter haline gelir. Temel olarak fan motorundan ve fan kanatlarının yapısından kaynaklanan ses seviyesi, üretici verileri değerlendirilerek belirlenir ve uygun sınırlar arasında kalıp kalmadığı kontrol edilir. Gerekirse motor devri düşürülerek ses seviyesi azaltılabilir; bu durumda gerekli soğutma kapasitesinin sağlanması için ısı değiştiricisinin ısı transfer yüzeyi artırılmalıdır.

Radyatör seçiminde dikkat edilmesi gereken bir nokta da, tasarımın ortam sıcaklığının yüksek olduğu zamanlarda ihtiyaç duyulan soğutma kapasitesini sağlayacak şekilde yapılması gerekliliğidir. Hava sıcaklık değerlerinin düşük olduğu zamanlarda istenen kapasitenin elde edilmesi için fanların hepsinin tam devirde çalışması gereksiz ve masraflı olur. Soğutma suyu çıkış sıcaklığı üzerinden kontrol edilen sistemlerde, fanların düşük devirle çalıştırılması veya devreden çıkarılması ile sistem için uygun debide hava tedariki sağlanır.

### 2.6.1 Çift Devirli Fanlar

Değişken debide hava sağlanması için en pratik yol, çift devirli fan kullanımıdır. En yüksek çalışma devrinin 3 / 4 'ü gibi bir ikinci hızda da çalışabilen bu fanlar sayesinde, hava giriş sıcaklığının tasarım sıcaklığının çok altına düştüğü zamanlarda önemli oranda enerji tasarrufu sağlanabilmektedir.

Örneğin, 870 kW'lık 4 fanlı bir kuru soğutucu, ortam sıcaklığı 33 °C'tan 20 °C'a düştüğünde fan devri düşürülerek çalıştırılabilir. Bu durumda fan başına 0,75 kW az güç harcanır ki bu da % 40'a yakın tasarruf demektir. Bu örnek 4 fan içindir; çoğu tesiste çok daha fazla fanlı sistemler kullanılmaktadır.

Örnekte kullanılan 800 mm çaplı fanın her iki devirde harcadığı güç ve daha düşük devirlerde kullanılabilecek diğer bir fana ait veriler aşağıdadır [8].

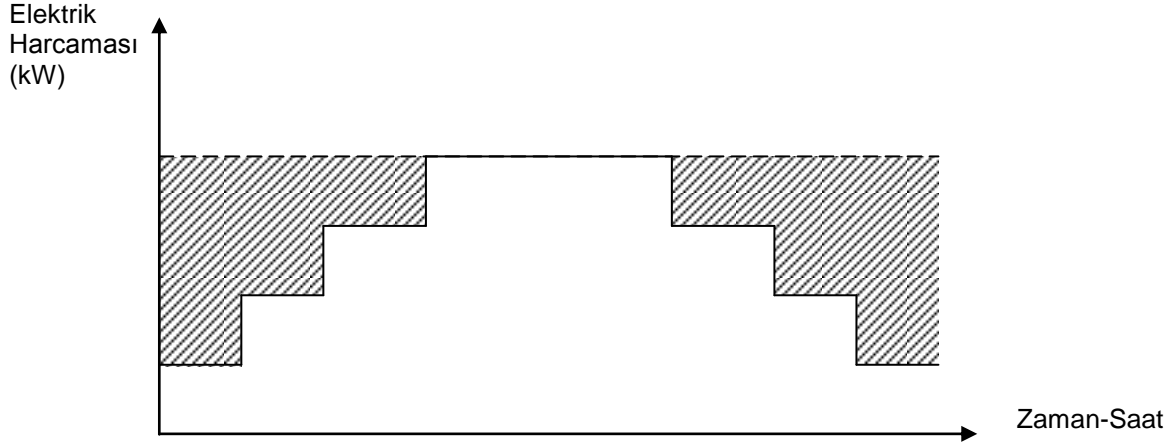
880 d/d	2,00 kW
660 d/d	1,25 kW
440 d/d	0,37 kW
330 d/d	0,20 kW

### 2.6.2 Frekans Invertörleri ve Step Kontrol Üniteleri Kullanımı

Tek devirli fanlarda da, çift devirli fanlarda da kullanılabilen kontrol üniteleri ile de hava debileri ihtiyaca göre değiştirilebilir.

Fan devirleri üzerinde hassas kontrol gerekmeyen yerlerde, fanların sırayla devreye girdiği ve devreden çıktığı step kontrol sistemleri uygulanır. Fanların hangi sırayla çalışacakları kullanıcı tarafından tariflenebilmektedir; fan çalışma sürelerinin dengeli dağıtıldığı alternatifler de vardır. Step kontrol üniteleri fanın sadece açık ya da kapalı olması esasına göre çalıştığı için, fan devrinin kontrol edildiği sistemlerden daha ucuza mal edilebilmektedir. Bu nedenle, çok sayıda fanın bulunduğu ve hassas kontrol gerektirmeyen sistemlerde genellikle bu yöntem tercih edilir.

Aşağıdaki grafikte, 4 fanlı bir kuru soğutucunun step kontrollü çalışmada elektrik harcamasındaki tasarruf görülmektedir. Günün sıcak saatlerinde 4 fanın da çalıştığı, en serin saatlerde ise tek fanın yeterli olduğu kabul edilmiştir.



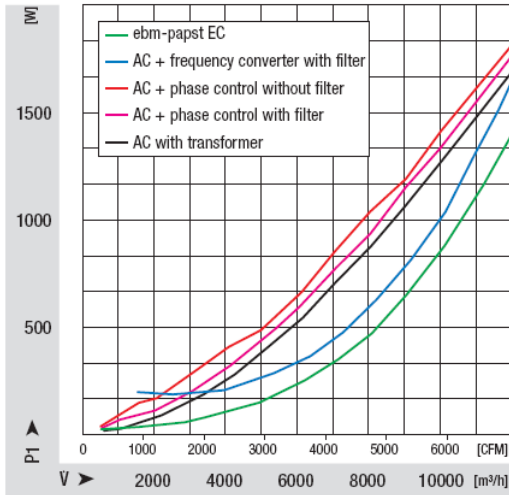
**Grafik 3.** Fanların step kontrol uygulanarak ihtiyaca göre devreye alındığı bir kuru soğutucuda bir günlük periyotta fanların elektrik harcaması. (Taralı alan, tüm fanların sürekli kullanılmaması sayesinde tasarruf edilen elektrik miktarını kWh olarak göstermektedir.)

Soğutma suyu dönüş sıcaklığının fazla değişmemesi istenen ve kullanılan fan adedinin az olduğu yerlerde step kontrol ile yeterli sonuç alınamaz. Böyle yerlerde fan devirlerinin kontrol edildiği ve dolayısıyla hava debisi üzerinde çok daha hassas kontrol sağlayan sistemler (frekans invertörleri/konvertörleri) kullanılır. Frekans invertörleri/konvertörleri ilk yatırım maliyeti açısından step kontrol ünitelerinden daha pahalıdır; bu nedenle genellikle tüm fanların ayrı frekans invertörleri/konvertörleri ile kontrol edildiği sistemler yerine, fanların gruplar halinde kontrol edildiği ve step kontrol üniteleri ile frekans invertörleri/konvertörlerinin birlikte kullanıldığı sistemler tercih edilmektedir.

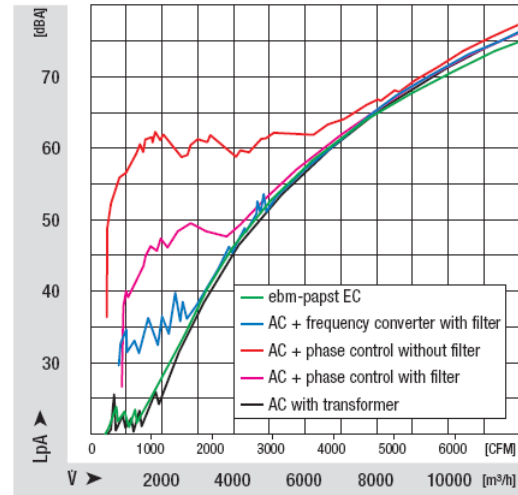
### 2.6.3 EC Fanlar

Farklı devir aralıklarındaki motor seçeneklerinin yanı sıra son yıllarda kullanım alanları hızla artan EC Motor teknolojisi kuru soğutma uygulamalarında Ø 1000 mm çaplı fanlara kadar kullanılabilir. Daha büyük çaplı fanlarda Frekans invertörleri kullanılmaktadır. EC fanlar kutup sayılarından bağımsız olarak fan motorunun tüm hızlarda kontrol edilebilmesini sağlamaktadır. Grafik 4.A' da verildiği üzere EC Motor sistemleri, frekans invertörü-step kontrol-trafo, vb. konvansiyonel hız kontrol sistemleri ile karşılaştırıldığında nominal hızlarda ortalama % 10 enerji tasarrufu sağlamaktadır [9].

EC Motorların akustik avantajlı tasarımı sayesinde ne frekans konvertörlü sistemlerin istenmeyen rezonansları ne de faz kontrollü sistemlerin uğultuları, EC Motorlarda gözükmez. Bu sayede EC motor sistemlerinde daha düşük ses seviyeleri sağlanır. Grafik 4.B'den görüldüğü üzere EC motor sistemleri faz kontrollü ve frekans konvertörlü sistemlere nazaran asgari 4 dBA avantaj sağlamakla birlikte özellikle düşük fan hızları ve hava debilerine inildiğinde bu fark 15~30dBA civarına çıkmaktadır.



Grafik 4.A EC-Motor Güç Tüketimi [9]

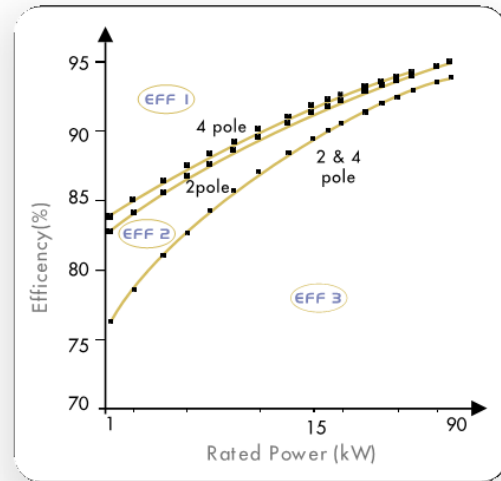


Grafik 4.B EC Motor Ses Seviyesi [9]

### 2.6.4 Yüksek Verimli Motor kullanımı

Radyatörlerde kullanılan fan motorlarının enerji verimliliğinin yüksek olması sistemin genel enerji verimliliğine etki etmekte ve verimi yükseltmektedir. Elektrik motorlarının enerji verimliliği seviyeleri Avrupa Birliğinin aldığı CO2 emisyonunun azaltmaya yönelik karar doğrultusunda düzenlenmektedir. Avrupa Elektrik Makineleri ve Güç Elektroniği İmalatçıları Komitesi (CEMEP) tarafından 1,1-90 kW arası 2 ve 4 kutuplu motorlar için verim sınıflandırılması 1999 yılında oluşturulmuştur. CEMEP EFF1, EFF2 ve EFF3 olmak üzere üç farklı enerji verimliliği sınıfı tanımlamıştır. Talep edildiği takdirde 6 kutuplu motorlarda ve 1,1-90 kW aralığı dışında da özel olarak "Yüksek Verimli" motorlar imalatçı firmalar tarafından üretilebilmektedir [10],[11].

Class definition for 4-pole motors				Class definition for 2-pole motors			
Kw	EFF3 motors $\eta_n$	EFF2 motors $\eta_n$	EFF1 motors $\eta_n$	Kw	EFF3 motors $\eta_n$	EFF2 motors $\eta_n$	EFF1 motors $\eta_n$
1.1	< 76.2	$\geq$ 76.2	$\geq$ 83.8	1.1	< 76.2	$\geq$ 76.2	$\geq$ 82.8
1.5	< 78.5	$\geq$ 78.5	$\geq$ 85.0	1.5	< 78.5	$\geq$ 78.5	$\geq$ 84.1
2.2	< 81.0	$\geq$ 81.0	$\geq$ 86.4	2.2	< 81.0	$\geq$ 81.0	$\geq$ 85.6
3	< 82.6	$\geq$ 82.6	$\geq$ 87.4	3	< 82.6	$\geq$ 82.6	$\geq$ 86.7
4	< 84.2	$\geq$ 84.2	$\geq$ 88.3	4	< 84.2	$\geq$ 84.2	$\geq$ 87.6
5.5	< 85.7	$\geq$ 85.7	$\geq$ 89.2	5.5	< 85.7	$\geq$ 85.7	$\geq$ 88.6
7.5	< 87.0	$\geq$ 87.0	$\geq$ 90.1	7.5	< 87.0	$\geq$ 87.0	$\geq$ 89.5
11	< 88.4	$\geq$ 88.4	$\geq$ 91.0	11	< 88.4	$\geq$ 88.4	$\geq$ 90.5
15	< 89.4	$\geq$ 89.4	$\geq$ 91.8	15	< 89.4	$\geq$ 89.4	$\geq$ 91.3
18.5	< 90.0	$\geq$ 90.0	$\geq$ 92.2	18.5	< 90.0	$\geq$ 90.0	$\geq$ 91.8
22	< 90.5	$\geq$ 90.5	$\geq$ 92.6	22	< 90.5	$\geq$ 90.5	$\geq$ 92.2
30	< 91.4	$\geq$ 91.4	$\geq$ 93.2	30	< 91.4	$\geq$ 91.4	$\geq$ 92.9
37	< 92.0	$\geq$ 92.0	$\geq$ 93.6	37	< 92.0	$\geq$ 92.0	$\geq$ 93.3
45	< 92.5	$\geq$ 92.5	$\geq$ 93.9	45	< 92.5	$\geq$ 92.5	$\geq$ 93.7
55	< 93.0	$\geq$ 93.0	$\geq$ 94.2	55	< 93.0	$\geq$ 93.0	$\geq$ 94.0
75	< 93.6	$\geq$ 93.6	$\geq$ 94.7	75	< 93.6	$\geq$ 93.6	$\geq$ 94.6
90	< 93.9	$\geq$ 93.9	$\geq$ 95.0	90	< 93.9	$\geq$ 93.9	$\geq$ 95.0



Tablo 5. ve Grafik 5.

Yandaki Tabloda ve Yukarıdaki Grafikte CEMEP tarafından tanımlanan EFF1, EFF2 ve EFF3 sınıflarına ait verimlilik karşılaştırılması 2 ve 4 pole motorlar için verilmiştir [10].



Örneğin EFF1 sınıfı yüksek verimli motorların kullanımı ile enerji kayıpları yüksek çalışma saatine sahip (6000 saat/yıl) sistemlerde % 40 oranında azalmaktadır. (Bu oran EEF2 sınıfı motorlardan yaklaşık %20 dir.) 15 kw lik EEF1 sınıfı bir motor için hesaplama yapılırsa, her yıl 4 MWh tasarruf sağlanabildiği; bunda 0,05 Euro/kWh üzerinden her yıl 200 Euro tasarrufa karşılık geldiği görülecektir. Yüksek verimli motorların kullanım ömürlerinin daha uzun olduğu ve ilk yatırım maliyetlerini kısa zamanda geri kazandırdığı da ayrıca hatırlanmalıdır[10].

### 3. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Enerjinin üretim, iletim, dağıtım ve tüketim aşamalarında, endüstriyel işletmelerde, binalarda, elektrik enerjisi üretim tesislerinde, iletim ve dağıtım şebekelerinde, ulaşımda, iklimlendirme tesislerinde enerji verimliliğinin artırılması ile yatırım ve işletme birim maliyetlerinin en düşük düzeye indirilmesi günümüzün rekabetçi ortamında en önemli konu haline gelmiştir. Bu durum yüksek performanslı, ekonomik, uzun ömürlü, çevreci ve enerji verimliliği yüksek Radyatörlerin geliştirilmesi, üretilmesi ve kullanılmasını zorunlu kılmaktadır.

Enerji sektörü içerisinde yer alan yatırımcıların, proje ve uygulama mühendislerinin yukarıda tanımlanan konular hakkında bilgi sahibi olmaları gerekmektedir. Enerji verimliliği yüksek ürünlerin kullanımının yaygınlaştırılması ile birlikte işletmelerimizde verimlilik artacak ve ülke olarak rekabet gücümüz yükselecektir. Bu sistemlerin aynı zamanda çevreci sistemler olduğu da akıldan çıkartılmamalıdır.

### 4. KAYNAKLAR

- [1] Friterm A.Ş Teknik Dokümanları ve Uygulamaları (<http://www.friterm.com>)
- [2] Friterm A.Ş COILS 5.5 FRT 1 Yazılımı Dokümanları ve Hesaplamaları (<http://www.friterm.com>)
- [3] The Dow Chemical Company Firması, Dowtherm 4000 Teknik Kataloğu (<http://www.dowtherm.com>)
- [4] TS EN 1048 (Isı Değiştiriciler-Hava Soğutmalı Sıvı Soğutucular "Kuru Soğutucular"-Performansın Belirlenmesi İçin Deney Metotları
- [5] 97/23/EC The Pressure Equipment Directive
- [6] EUROVENT Rating Standard (For Forced Convection Air Cooled Liquid Coolers "Dry Coolers") 7/C/003 – 2007
- [7] Bolazar F.,Acül H.,” Enerji Tesislerinde Kullanılan LT-HT Radyatörler (Kuru Soğutucular)” Makalesi, ICCI ,2006.
- [8] Ziehl-abegg Firması Teknik Kataloğu ([www.ziehl-abegg.com](http://www.ziehl-abegg.com))
- [9] EBM-PAPST GmbH Firması “EC Fans” Teknik Broşürü (<http://www.ebmpapst.com>)
- [10] Electric Motor Efficiency broşürü ( Energy Efficiency Classes For Low Voltage), Avrupa Elektrik Makineleri ve Güç Elektronikleri İmalatçıları Komitesi (CEMEP), 1999
- [11] GAMAK MOTOR Firması Teknik Broşürü (<http://gamakmotor.com>)

#### YAZAR ÖZGEÇMİŞİ:

*Hasan ACÜL 1976 yılı Ayvalık doğumludur. 1999 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümünden mezun olmuştur. Üniversite mezuniyeti öncesi ve sonrasında Isıtma, Soğutma, Klima sektöründe faaliyet gösteren çeşitli firmalarda satış, şantiye, üretim, ve ar-ge bölümleri olmak üzere farklı departmanlarda mühendislik görevi yürütmüştür. Halen FRİTERM A.Ş firmasında Araştırma ve Geliştirme Bölüm Şefi olarak çalışmakta; Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü'nde Bilim ve Teknoloji Stratejileri alanında yüksek lisans düzeyinde öğrenimine devam etmekte; Makine Mühendisleri Odası Kartal ilçesi temsilciliği yürütme kurulu üyeliği yapmaktadır. Hasan Acül evli ve bir kız çocuk babasıdır.*

Bu makale Makina Mühendisleri Hasan ACÜL ve Fırat BOLAZAR tarafından Mayıs 2008 tarihinde İstanbul'da düzenlenen 14. Uluslararası Enerji ve Çevre Fuarı ve Konferansı'nda yayınlanmıştır.