

SOĞUTMA ENERJİ GEREKSİNİMİ TESPİTİNDE FARKLI KULLANIM ŞARTLARI İÇİN PRATİK BİR YAKLAŞIM

Can COŞKUN
Zuhal OKTAY
Bahar BAYBOZ
Enver YALÇIN

ÖZET

Bu çalışmada, farklı kullanım saatlerine ve iç referans sıcaklıklara sahip kullanıcılar için aylık ve toplam soğutma enerji gereksinimi oldukça pratik bir yöntem kullanılarak hesaplanmaktadır. Çalışmada ortaya konulan yaklaşım, her kullanıcının kendi kullanım şartlarına bağlı olarak enerji gereksinimi ve maliyetlerini hesaplamasını sağlamaktadır. Farklı saat aralıklarında kullanılan binalar için kolay bir biçimde hesaplamalar oluşturulabilmektedir. Bu yaklaşımın en önemli avantajı olarak çok fazla parametreye gerek duymaksızın oldukça hassas sonuçlara ulaşılabiliyor olmasıdır. Bu çalışmanın binalarda soğutma uygulamaları yapan işletmeciler ve akademisyenler için pratik ve yararlı bilgiler ortaya koyması beklenmektedir

Anahtar Kelimeler: Soğutma, derece-saat, bina uygulamaları, maliyet

ABSTRACT

In this study, monthly and total cooling energy amount is calculated by using practical approach for different users which have different operating hours and indoor reference temperatures. Each users can be determined cooling requirement and energy cost depending on the own operating conditions. Most important advantage of this approach is to achieve accurate results without using many parameter and detailed information. It is hoped that this method will produce practical and useful tools for cooling applications of designers, engineers and energy managers.

Key Words: Cooling, Degree-hour, Building applications, Cost

1. GİRİŞ

Bir bölge için soğutma yükü veya soğutma profilinin tespitinde iki ana dış etmenin bilinmesi önem kazanmaktadır. Bu iki etmen dış sıcaklık ve güneş radyasyon değer dağılımıdır. Uzun yıllar iller için ölçülen bu değerler farklı kaynaklardan elde edilerek hesaplamalar yapılmaktadır. Detaylı analizler için dış sıcaklık değerlerini veya dağılımını bilmek gerekmektedir. Çeşitli araştırmacılar [1,2] geçmiş dönemlere ait dış sıcaklık değerlerini analiz ederek Türkiye'deki birçok farklı il için toplam soğutma derece-saat değerlerini literatüre kazandırmışlardır. Bu çalışmalar, sabit ve değişken iç ortam referans sıcaklıkları olmak üzere iki ana başlık altında incelenebilir. Çalışmalarda toplam soğutma derece-saat değerleri kullanıcıya sunulmaktadır. Bu değerlerin aylık, hatta saatlik baza çevrilme imkânı bulunmamaktadır. En basitinden soğutma gereksinimi olan beş ay için toplamda bilinen değerlerin aylara dağıtılması pek mümkün bulunmamaktadır. Toplam soğutma-derece saat değerleri tüm sezon boyunca 7/24 saat durmaksızın soğutulan binalar için toplamda yararlı bir bilgi sağlarken belli saatler arasında çalışan binalar için aylık veya toplamda herhangi bir bilgi sağlamamaktadır. Örneğin yaz

döneminde 09:00 ile 20:00 arasında çalışan bir iş yeri hakkında toplamda bir bilgiye ulaşılamamaktadır. Bu tarz inceleme çalışmaları için farklı paket programlar bulunmaktadır. Eğer iliniz program içinde kayıtlı ise, bu tarz paket programlarıyla saatlik bazda detaylı incelemeler yapılabilmektedir. Ancak bilindiği üzere paket program lisans bedelleri oldukça yüksek düzeylere ulaşması nedeniyle sınırlı sayıda insan bu bilgilere ulaşabilmektedir. Coşkun ve arkadaşları [3] her kullanıcının saatlik, aylık ve toplam soğutma gereksinimini ve maliyetini kolayca hesaplayabilmeleri için yeni ve oldukça pratik bir yöntem ortaya koymuşlardır. Analiz bölümünde hesaplama yöntemi hakkında detaylı bilgi verilecektir. Bu yöntem sayesinde farklı çalışma saatlerine sahip birçok bina için oldukça hassas bir biçimde aylık bazda hesaplamalar yapılabilmektedir. Hesaplama için bilinmesi gereken iki ana sıcaklık bulunmaktadır. Bu değerler; aylık ortalama maksimum ve minimum sıcaklık değeridir ve meteorolojinin sitesinden kolayca bu değerlere ulaşmak mümkündür.

2. ANALİZ VE HESAPLAMA YÖNTEMİ

Bu yöntem [3] literatürdeki ilk pratik metot olarak, herhangi bir ay için toplamda veya saatlik derece-saat değerinin bulunmasını sağlamaktadır. Herhangi bir ay için toplam veya saatlik soğutma yükü ve enerji ihtiyacı kolayca tespit edilebilmektedir. Hesaplama yöntemi esas temelinde saatlik dış sıcaklık dağılımını tespit edilmesi üzerine şekillendirilmiştir. Günlük dış sıcaklık dağılımı maksimum ve minimum dış sıcaklığın bir fonksiyonu olarak aşağıdaki formülde verilmiştir.

$$T_{ger.} = (T_{max} - T_{min}) \cdot Z + T_{min} \quad (^\circ\text{C}) \quad (1)$$

Formülde ortaya konana $T_{ger.}$ belirlenen herhangi bir saatteki gerçek dış sıcaklık değerini göstermektedir. T_{min} ve T_{max} ise maksimum ve minimum sıcaklık değerini ifade etmektedir. Hesaplamalar aylık ortalama referans değerler esas alınarak oluşturulmuştur. Ayrıca formülde geçen Z parametresi 'sıcaklık değişim katsayısını' ifade etmektedir. Hesaplama yöntemi aşağıdaki verilen formüller ile yapılmaktadır.

$$Z = \frac{T_{yeni,ger.}}{T_{yeni,max}} \quad (-) \quad (2)$$

$$T_{yeni,max} = T_{max} - T_{min} \quad (^\circ\text{C}) \quad (3)$$

$$T_{yeni,ger.} = T_{ger.} - T_{min} \quad (^\circ\text{C}) \quad (4)$$

Sıcaklık değişim katsayısı (Z) boyutsuz bir sayı olarak sıfır ile bir arasında değişiklik göstermektedir. Literatürde [3] Türkiye'deki 58 il için sıcaklık değişim katsayısı hesaplanarak, beş dağılım grubu içinde verilmiştir.

$$F_x = \left(a + b \cdot x + c \cdot x^2 + d \cdot x^3 \right) \cdot \left(\frac{T_{max} - T_{min}}{13} \right) \quad (-) \quad (5)$$

Formülde yer alan F sıcaklık ($^\circ\text{C}$) değişim faktörünü ifade etmektedir. a, b, c ve d ise model parametrelerini göstermektedir. Hesaplama yönteminde bir ay 10 eşit parçaya bölünerek dağılım bu biçimde hesaplanmıştır. Yüzde onluk dağılım parçaları alt indist 'x' ile 95, 85, 75, 65, 55, 45, 35, 25, 15 ve 05 olarak verilmektedir. Model parametreleri aşağıdaki biçimde belirlenmiştir.

$$a = -7.417, \quad b = 0.412, \quad c = -0.00786, \quad d = 5.23 \cdot 10^{-5}$$

Her bir yüzde onluk dağılım parçası için maksimum ve minimum sıcaklık değerleri Eşitlik 6-12'de belirtilen hesaplama yöntemiyle bulunabilmektedir.

$$T_{x,max} = F_x + T_{max} \quad (^\circ\text{C}) \quad (6)$$

$$T_{x,min} = 0.5 \cdot F_x + T_{min} \quad (^\circ\text{C}) \quad (7)$$

$$T_{x,yeni,max} = T_{x,max} - T_{x,min} \quad (^\circ\text{C}) \quad (8)$$

$$T_{x,yeni,ger.} = Z \cdot T_{x,yeni,max} \quad (^\circ\text{C}) \quad (9)$$

Aylık dış sıcaklık dağılımının belirlenmesinin ardından istenen herhangi bir saat aralığında toplam soğutma derece-saat değeri Eşitlik 10 ve 11 yardımıyla bulunabilmektedir.

$$r = \sum \left[\begin{array}{l} (T_{95,yeni,ger.} - T_{ref.}) + (T_{85,yeni,ger.} - T_{ref.}) + (T_{75,yeni,ger.} - T_{ref.}) + \\ (T_{65,yeni,ger.} - T_{ref.}) + (T_{55,yeni,ger.} - T_{ref.}) + (T_{45,yeni,ger.} - T_{ref.}) + \\ (T_{35,yeni,ger.} - T_{ref.}) + (T_{25,yeni,ger.} - T_{ref.}) + (T_{15,yeni,ger.} - T_{ref.}) + \\ (T_{05,yeni,ger.} - T_{ref.}) \end{array} \right] \quad (^\circ\text{C}) \quad (10)$$

$$MCDH = r \cdot \left(\frac{n}{10} \right) \quad (^\circ\text{C-saat})(11)$$

Formüle verilen MCDH aylık toplam derece-saat değerini ifade etmektedir. n ise belirlenen ay için toplam gün sayısını belirtmektedir. $T_{ref.}$ iç referans sıcaklık değerini göstermektedir. Modelde negatif değerler hesaplama katılmamaktadır.

2.1. Model Bina

Bu çalışmada 100 m² taban alanına sahip yalıtımlı bir işyeri değerlendirmeye alınmıştır. Model bina için bileşen yapı özellikleri ve toplam ısı transfer katsayısı Tablo 1'de açık bir şekilde görülmektedir. Balıkesir'de yer alan bu iş yerinin 8:00 ile 20:00 saatleri arasında çalıştığı düşünülerek hesaplamalar yapılmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda görülmüştür ki 08:00 ile 20:00 arasındaki 12 saatlik zaman diliminde, oluşan ısı kazançlar toplam 24 saatlik süreçte oluşan ısı kazancın ortalama %97'lik bir kısmını oluşturmaktadır.

2.2. Soğutma Talebi

Model binalar için toplam ısı transfer katsayısı (L) Eşitlik 12'de verildiği şekilde hesaplanabilmektedir [4].

$$L = \sum_{i=1}^M UA + I(q c_p)_{hava} \frac{V}{3600} \quad (\text{W}^\circ\text{C}) \quad (12)$$

Eşitlikte M terimiyle ifade edilen kavram ısının dışarıya kaybedildiği alanları ifade etmektedir. Bu alanlar pencereler, dış duvar, tavan ve çatı olarak alınmıştır. Formüldeki diğer bir kavram olan I ise saatlik hava değişim oranını ifade etmektedir. En genel olarak hava değişim oranı 0.5 ile 2 arasında

değişmektedir [5]. Bu çalışmada hava değişim oranı 1 olarak kabul edilmiştir ve havanın hacimsel ısı kapasitesi ($q.C_p$) $1200 \text{ Jm}^{-3} \text{ K}^{-1}$ olarak alınmıştır [6].

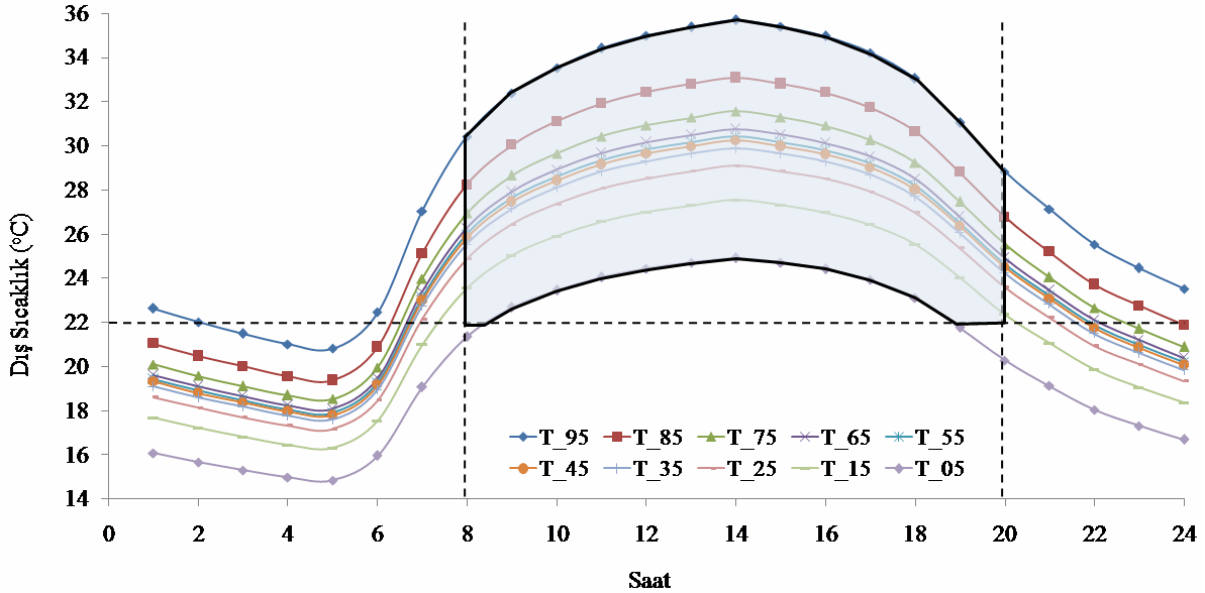
Tablo 1. Model Bina Özellikleri.

Eleman Tipleri	Alan (m ²)	U (W/m ² °C)	UA (W/ °C)
Dış duvar	96	1.50	144
• 2cm İç sıva + 20 cm Delikli tuğla + 3 cm Dış sıva			
Çift camlı pencere	24	3.46	83
Çatı	100	3.58	358
• 15 cm beton + 3 cm sıva			
Taban	100	2.10	210
	Toplam UA (W/ °C)		795

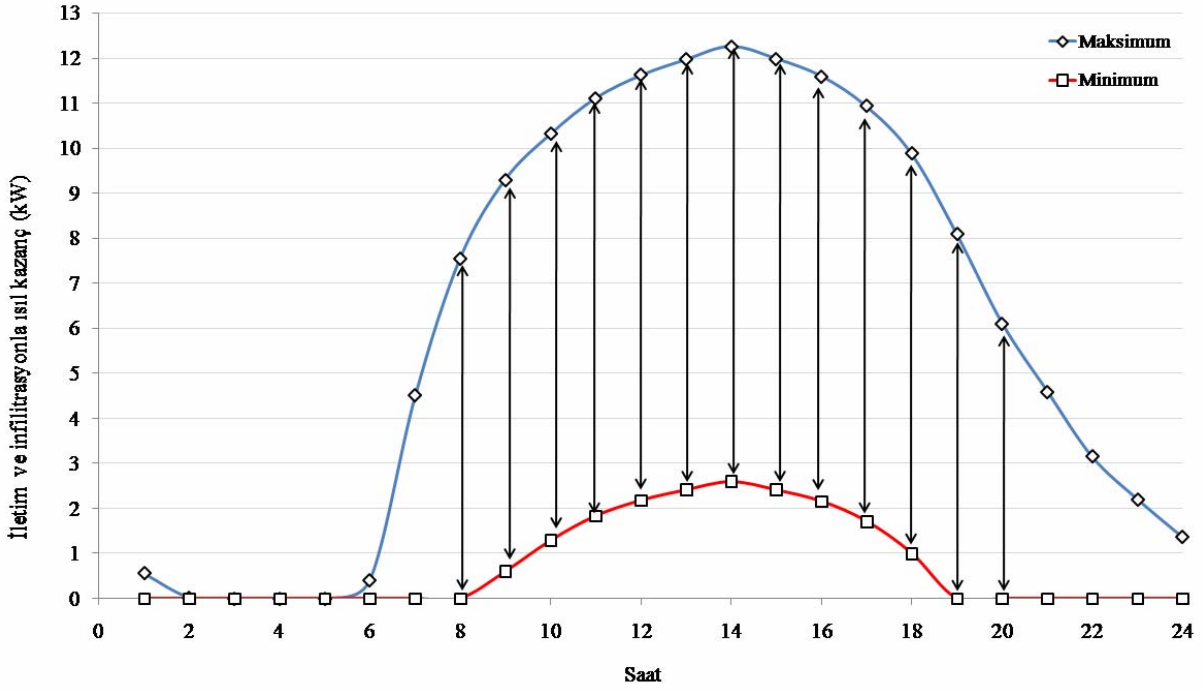
Eşitlik 12 yardımı ile iletimle (795 W/°C) ve sızıntı ile olan ısı kayıp katsayısının (100 W/ °C) toplanması ile toplam ısı transfer katsayısı 895 W/ °C olarak bulunmuştur.

SONUÇ

Hesaplama yönteminin daha iyi anlaşılabilmesini sağlamak üzere temmuz ayı için muhtemel dış sıcaklık dağılımının fonksiyonu Şekil 1'de verilmektedir. Belirtilen grafikte, 22 °C referans sıcaklık değeri için saat 08:00 ile 20:00 arasında kullanılacak olan dış sıcaklık dağılımı verilmektedir. Belirlenen sıcaklık dağılımı kullanılarak temmuz ayı ve 22 °C iç referans sıcaklığı için saat 8:00–20:00 arası oluşacak maksimum ve minimum ısı kazanç dağılımı Şekil 2'de saatlere bağlı olarak vermiştir. Şekil 2'den de kolayca görülebileceği üzere herhangi bir saat için maksimum ve minimum soğutma gereksinimi tespit edilebilmektedir.



Şekil 1. Temmuz Ayı İçin Olası Dış Sıcaklık Dağılımı



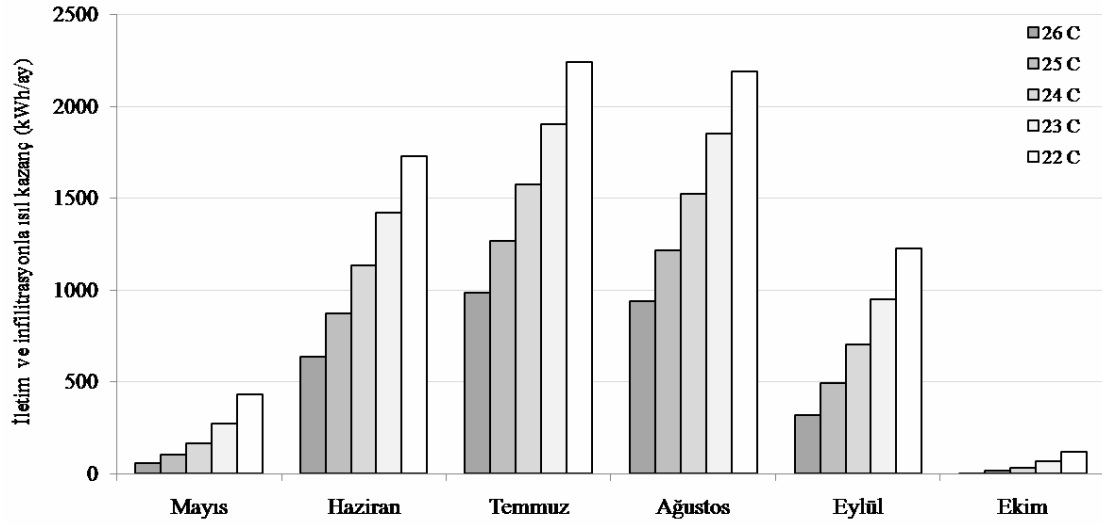
Şekil 2. Temmuz Ayı Ve 22 °C İç Referans Sıcaklığı İçin Saat 8:00–20:00 Arasında Oluşacak Maksimum Ve Minimum Isıl Kazanç Dağılımı

Bölge için farklı referans sıcaklıkları ve saat aralıkları için aylık ve toplam derece-saat değerleri hesaplanarak Tablo 2'de verilmiştir. Bu tablodan da açıkça görüleceği üzere, 08:00 ile 20:00 arasında farklı iç ortam sıcaklıkları için oluşan soğutma derece-saat değeri toplam derece-saat değerinin %96 ile %99 arasında değiştiği görülmüştür.

Tablo 2. Farklı Referans Sıcaklıkları Ve Saat Aralıkları İçin Aylık Ve Toplam Derece-Saat Değerleri.

	Referans Sıcaklık									
	22 °C		23 °C		24 °C		25 °C		26 °C	
	Saat Aralığı									
	00:00-24:00	08:00-20:00	00:00-24:00	08:00-20:00	00:00-24:00	08:00-20:00	00:00-24:00	08:00-20:00	00:00-24:00	08:00-20:00
Mayıs	483	483	303	303	181	181	112	112	65	65
Haziran	1966	1930	1602	1583	1273	1264	973	970	711	711
Temmuz	2628	2504	2189	2126	1789	1758	1430	1415	1107	1100
Ağustos	2566	2444	2126	2066	1729	1699	1371	1358	1052	1046
Eylül	1379	1367	1066	1061	786	786	550	550	357	357
Ekim	130	130	74	74	37	37	15	15	1	1
Toplam	9152	8858	7359	7212	5794	5725	4450	4419	3291	3279

Farklı referans iç referans sıcaklıkları için aylara bağlı olarak iletim ve infiltrasyonla oluşacak ısı kazanç dağılımı Şekil 3'te verilmiştir. Buradan da görüleceği üzere ayların toplam içerisindeki yeri kolayca tespit edilebilmektedir. Örneğin 24°C referans sıcaklığı için temmuz ayı toplam soğutma ihtiyacının %30,7'sini oluşturmaktadır.



Şekil 3. Soğutma Sezonunda Farklı İç Referans Sıcaklıkları İçin Saat 8:00–20:00 Arası İletim ve İnfiltrasyonla Oluşacak Isıl Kazanç Dağılımı

KAYNAKLAR

- [1] SATMAN, A., YALCINKAYA, N., "Heating and cooling degree-hours for Turkey". Energy 1999;24(10):833–40.
- [2] COSKUN, C., "A novel approach to degree-hour calculation: Indoor and outdoor reference temperature based degree-hour calculation" Energy 2010;35:2455-60
- [3] COSKUN, C., OKTAY, Z., DINCER, I., "A New Approach for Cooling Degree-Hours Calculation: An Application for 58 Cities in Turkey" 5th Ege energy symposium and exhibition (IEESE-5), June 27-30, 2010, Denizli, Turkey.
- [4] KAYNAKLI, O., "A study on residential heating energy requirement and optimum insulation thickness". Renewable Energy 2008;33:1164–117
- [5] DURMAYAZ, A., KADIOGLU, M., SEN, Z., "An application of the degree-hours method to estimate the residential heating energy requirement and fuel consumption in Istanbul". Energy 2000;25:1245–1256.
- [6] ASHRAE handbook fundamentals. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc. (1997)

ÖZGEÇMİŞ

Can COŞKUN

2005 yılında Çukurova Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünü bölüm birinciliği ile bitirmiştir ve onur sertifikasına layık görülmüştür. Balıkesir Üniversitesinden 2007 yılında Yüksek Mühendis unvanını almıştır. 2011 yılı itibarıyla Balıkesir Üniversitesinde doktora tezini yazmış ve doktora sınavına girmeyi beklemektedir. Aynı üniversitede 2006 yılından bu yana Araştırma Görevlisi olarak görev yapmaktadır. Soğutma, yenilenebilir enerji ve ısı transferi konularında çalışmaktadır.

Zuhal OKTAY

1991 yılında Balıkesir Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünü dönem birincisi olarak bitirmiştir. Aynı üniversiteden 1994 yılında Yüksek Mühendis ve 1999 yılında Doktor unvanını almıştır. 1994-1999 yılları arasında Balıkesir Üniversitesinde Araştırma Görevlisi olarak görev yapmıştır. 2000-2006

yılları arasında Balıkesir Üniversitesinde Yard. Doç. Dr. olarak görev yapmıştır. 2006 yılından bu yana aynı üniversitede Doçent olarak görev yapmaktadır. 2002 yılından bu yana EİE tarafından verilen Sertifikalı Enerji Yöneticisi olarak çalışmaktadır. Isıl sistemlerin enerjetik ve ekserjetik analizi konusunda yurtdışında birçok projede görev almıştır. Yenilenebilir enerji, yakma sistemleri, enerji-ekserji analizi ve kurutma konularında çalışmaktadır.

Bahar BAYBOZ

1966 yılı Balıkesir doğumlu olan Bahar BAYBOZ, 1988 yılında Uludağ Üniversitesi Balıkesir Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümünden mezun olmuştur. 1989 yılında aynı Üniversitede Yüksek Lisans ve Araştırma Görevlisi olarak göreve başlamıştır. 1992 yılında Yüksek Lisansını tamamlayarak, aynı üniversite de Doktora başlamıştır. 1997 yılında Doktora çalışmasını tamamlamıştır. Halen Balıkesir Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi'nde Termodinamik Anabilim Dalında görevini sürdürmektedir.

Enver YALÇIN

Polatlı 1968 doğumlu olan Enver YALÇIN ilk ve orta öğrenimini Polatlı'da tamamladıktan sonra 1989 yılında Uludağ Üniversitesi Balıkesir Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. Aynı yıl yüksek lisans öğrenimine başladı ve 1992 yılında tamamladı. Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde Doktora başladı ve 1998 yılında Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde doktorasını tamamladı. 1998–1999 yılları arasında askerlik görevini yaptı. Halen Balıkesir Üniversitesi Mühendislik - Mimarlık Fakültesi'nde Termodinamik Anabilim Dalında görevini sürdürmektedir.