



ENDÜSTRİYEL BİR TESİSDEKİ BASINÇLI HAVA ÜRETİM VE DAĞITIM SİSTEMLERDE ENERJİ TASARRUFU ANALİZİ

Yavuz ÜSER
Mehmet Ali YALÇIN
Şükrü ÖZEN
Bülent CERİT

ÖZET

Bu çalışmada, tipik bir endüstriyel sanayi tesisindeki pnömatik sistemlerinde tasarruf edilecek enerji miktarı ile bunun mali değerinin hesabı yapılmıştır. Her bir tasarruf potansiyeli için tasarruf miktarı, tasarrufun mali karşılığı, yatırım tutarı ve geri ödeme süreleri hesaplanmıştır. Pnömatik sistemlerindeki tasarruf potansiyelleri araştırılmış ve uygulanabilecek olan önlemlerin şunlar olduğu tespit edilmiştir. (1) pnömatik sistemlerde düşük basınçlı hava kullanımı, (2) pnömatik sistemlerindeki kaçakların önlenmesi, (3) kompresör emiş havasının dış ortamdan alınmasıdır. Burada amaç açık ve basit koruma önlemleriyle maliyet ve enerji tasarrufu imkanları göstermek ve farkına varılmasını sağlamaktır.

ABSTRACT

In this study, the evaluation of the energy amount and financial value of this energy that can be saved in compressed air systems in the typical industrial facility are given. For each potential energy saving, the amount of the saved energy, financial evolution of this energy, investment cost and pay back period are calculated. In compressed air systems are investigated potential energy savings and to be applicable measures are determined such as (1) using low pressure air in compressed air systems (2) repairing air leaks in compressed air systems (3) providing the compressed inlet air from outside. Here the goal is to raise awareness and show the tremendous energy and cost saving opportunities missed as a result of overlooking some simple and obvious conversation measures.

1.Giriş

Dünyadaki enerji kaynakları sınırlıdır. Her fert enerji savurganlığına engel olmalı ve bunu engellemek için elinden geleni yapmalıdır. 1970 enerji krizi, dünya çapında enerji tasarrufunun önemi hakkında insanları bilinçlendirmiş ve enerji tasarrufu sağlayabilen teçhizatların geliştirilmesine ve kullanılmasına itmiştir. Örneğin 1991 yılında ABD' de yapılan bir çalışmada, birleşik devletlerin enerji yoğunluğu açığa çıkarıldığında sadece izolasyon ile ABD endüstrisinde bir yıl içinde 2 milyar varil petrol yani 60 milyar \$ değerinde enerji tasarrufu yapılacağı hesaplanmıştır [1]. Burada eski endüstriyel tesislerin tekrar yapılandırılması ve daha yeni tasarruf teknikleri uygulanmasıyla daha da fazla tasarruf sağlanacağı açığa çıkarılmıştır. Genellikle bir üretim tesisinde enerji yoğunluklu ekipmanların bakımından ve işletmesinden sorumlu olarak görevlendirilmiş personel ve işletme sahibi kendi tesislerinde yapılabilecek enerji tasarrufu yöntemleri hakkında pek bilinçli değildir. Bu yöntemleri yapmaya ikna etmek ve bu konuda yatırım yaptırmak hayli zordur. Bunun için üretici bilinçlendirilmelidir.

Enerji tasarrufu, enerjiyi kullanmamak anlamına gelmez. Enerji tasarrufu, enerji arz hizmetlerinin azaltılması veya kısıtlanması şeklinde de düşünülmemelidir. Enerji tasarrufu kullanılan enerji



miktarının değil, ürün başına tüketilen enerjinin azaltılmasıdır. Enerji tasarrufu, enerjinin gereksiz kullanım sahalarının belirlemek ve savurganlığı asgari düzeye indirmek veya tamamen ortadan kaldırmak için alınan önlemleri içerir. Bu şekilde, üretici aynı miktardaki mal veya hizmetleri daha az enerji veya aynı miktar enerji ile daha çok mal ve hizmet üreterek, ulusal ve uluslararası alanda rekabet gücünü arttırabilir. Bu makalede yapılması basit ve bir çok durumda cazip fiyatlara sahip 3 farklı enerji tasarruf yöntemi gösterilmiştir. Bu önlemler Antalya ETİ Elektrometalurji A.Ş. Ferrokrom ve Karpit fabrikası tesislerinde yapılan ölçümlere göre belirlenen tesisler için tasarruf hesaplamaları yapılmıştır.

2. PNÖMATİK SİSTEMLERDE DÜŞÜK BASINÇ KULLANIMI

Basıncılı hava sistemlerinde enerjinin çokça israf edildiği yerlerden biri de ekipmanların ihtiyaç duyduğundan daha yüksek basınçlara kadar havanın sıkıştırılmasıdır. Bilindiği üzere basınç yükseldikçe sıkıştırmak için harcanan enerji de artar. Bu nedenle basınçlı hava kullanan ekipmanlar incelenerek, asgari gerekli basınç tespit edilmeli ve kompresör çıkış basıncı buna göre ayarlanmalıdır. Gerekirse farklı seviyede basınç ihtiyacı ekipmanlar ayrı kompresör ve hatlardan beslenmelidir. Basıncılı hava hatlarındaki sızıntılar ve boru kesitlerinin yeterince büyük seçilmemesi gibi nedenlerle özellikle ani hava kullanımlarında basınç düşümleri olur. Makinaların basınç düşümlerinden etkilenmeden çalışması için genelde uygulanan yöntem kompresör çıkış basıncının (kompresör set değeri) yükseltilmesidir. Bunun sonucu olarak kompresörün harcadığı enerji de artmaktadır. Ani hava çekimlerinde hat basıncının düşmemesi için son kullanım yerlerine yakın hava tankları yerleştirilebilir. Aynı zamanda hat basıncının düşmesinin sebebi tesisatta dar kesitli boruların kullanılmasıdır. Aşağıdaki denklemde mevcut kompresör çıkış basıncının set değeri P_h , kompresör tavsiye edilen çıkış basınç değeri P_2 düşürülmesiyle elde edilen güç tüketim oranı GTO hesaplanmıştır [2].

$$GTO = \frac{\left[\frac{(P_2 + P_{atm})}{P_{atm}} \right]^{(k-1)/k} - 1}{\left[\frac{(P_h + P_{atm})}{P_{atm}} \right]^{(k-1)/k} - 1} \quad (1)$$

olarak hesaplanır. Burada P_{atm} kompresör emiş basıncı, k havanın özgül ısı oranı (1,4)'dür. Buna göre bir kompresörde basıncın düşürülmesiyle yıllık tasarruf edilecek enerji miktarı ve bunun mali karşılığı ise aşağıdaki formüllerle hesaplanabilir.

$$ET = HP \cdot KF \cdot \text{ÇS} \cdot (1-GTO) / h \quad YMT = (ET \cdot \text{Ortalama Elektrik Birim Fiyatı}) \quad (2)$$

Burada; ET elde edilen enerji tasarrufu, HP kompresör motor gücü, ÇS yıllık çalışma saati, h kompresör motor verimi, KF kompresörün kapasite kullanım oranı, YMT yıllık mali tasarruftur[3]. Bu tasarrufu gerçekleştirmek için yatırıma gerek olmadığından kompresörlerin set değerleri değiştirildiği andan itibaren, bu önlem kâra dönüşür. Bu tedbir için Antalya ETİ Ferrokrom ve Karpit fabrikalarında yapılan gözlemlerde kompresörlerin set değerleri cihazların normal çalışma basınçlarına göre kısmen 1 veya 1,5 bar civarında daha yüksek bulunmuştur. Tablo 1' de kompresör çalışma parametreleri ve Tablo 2' de ise yıllık enerji tasarruf miktarı ve bunun mali karşılığı hesaplanmıştır[4]. Ayrıca bu çalışmada fabrikanın TEDAŞ' la yaptığı anlaşma baz alınarak fabrikanın satın aldığı elektriğin anlaşmadaki talep edilenin üzerine çıkması durumundaki (demand) maliyeti 5,18 \$/kW, standart kullanım ücreti ise 0,0444 \$/kW olarak hesaba katılmıştır. Tablo 2'ye göre yıllık tasarruf 18.952\$' dir.

**Tablo 1.** Kompresörlerin Çalışma Parametreleri

Kompresörler	Mevcut Kompresör Basıncı (Bar)	Hedeflenen Çalışma Basıncı (Bar)	Kompresör Motor Gücü (kW)	Kompresör Motor Verimi	Kompresör Tipi	Yıllık Çalışma Saati	Kapasite Kullanma Oranı
#1	7	5	85	0,88	Pistonlu	4500	0,93
#2	7	5	85	0,88	Pistonlu	4500	0,93
#3	7	5	37	0,80	Pistonlu	5000	0,92
#4	7	5	37	0,80	Pistonlu	5000	0,92
#5	8	6	75	0,85	Vidalı	8000	0,79
#6	8	6	55	0,80	Vidalı	8000	0,75
#7	8	6	76	0,85	Vidalı	6000	0,80

Tablo 2. Kompresör Basıncının Düşürülmesiyle Hesaplanan Tasarruf Miktarı

Kompresörler	GTO	ET (kWh/Yıl)	YMT (\$/Yıl)
#1	0,823	71.439,33	3.171,91
#2	0,823	71.439,33	3.171,91
#3	0,823	37.850,40	1.680,56
#4	0,823	37.850,40	1.680,56
#5	0,851	82.866,31	3.679,26
#6	0,851	61.462,50	2.728,94
#7	0,851	63.947,29	2.839,26
Toplam		426.855,56	18.952,39

3.PNÖMATİK SİSTEMLERİNDEKİ KAÇAKLARIN ÖNLENMESİ

Hava kaçakları, basınçlı hava sistemlerinde meydana gelen enerji kayıplarının en önde gelen sebebidir. Bir kompresörün hava kaçaklarının oluşturduğu basınç düşümünü önlemesi için daha uzun zaman çalışması gerekmektedir. Özellikle yeniden yapılandırılmamış fabrikalarda üretilen basınçlı havanın % 25' i sızıntılar nedeniyle kayıp olur[2]. Bu kayıpların tamamen önlenmesi pratik değildir ve ortalama % 10 gibi bir seviyeye indirilmesi kabul edilebilir bir sınırdır[5]. Kaçak hava miktarı hat basıncına, basınçlı havanın kaçak noktasındaki sıcaklığına, kompresör emişindeki hava sıcaklığına ve havanın kaçtığı deliğin çapına bağlıdır. Genelde hava kaçakları boruların bağlantı yerlerinde, flanşlarda, manşon ve dirseklerde, redüksiyonlarda, vana gövdelerinde, filtrelerde, hortumlarda, çek valflerinde, uzatmalarda ve basınçlı havayı kullanan cihazlarda olmaktadır. Hava kaçağının delik çapı büyüdükçe hava kaçağı daha hızlı olarak artar. Tablo 3' de hava kaçaklarının sebep olduğu örnek enerji kayıpları verilmiştir[7].

Bir basınçlı hava sisteminde hava kaçağı olan yerde delikten kaçan havanın debisi (V_f) aşağıdaki bağıntıyla hesaplanabilir [6].

$$V_f = \frac{N_L \cdot T_i \cdot \frac{P_L}{P_i} \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot C_d \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4}}{\sqrt{T_L}} \quad (3)$$

**Tablo 3.** Hava kaçakları tarafından israf edilen güç

Delik çapı	Hava kaçağı 6 bar basınçta	Sıkıştırma için gerekli güç
mm	(lt / sn)	KW
1	1	0,3
3	10	3,1
5	27	8,3
10	105	33

Burada, N_L hava kaçaklarının sayısı, T_i kompresör içindeki havanın sıcaklığı (K°), P_L delik olan yerdeki hat basıncı (kPa), $C_1 \times C_2$ sonik akış sabiti (volumetrik) (13,29), C_d kare kesitli orifis katsayısı (0,80), π pi sayısı, D delik çapı (m), T_L ortalama hat sıcaklığı ($^\circ K$)' dir. Kaçaklardan dolayı oluşacak güç kaybı (L), atmosferik basınçtan kompresör boşalma basıncına kaçak hava miktarı havayı sıkıştırmak için gereken güce eşit olduğu varsayımı ile aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$L = \frac{P_i \cdot V_f \cdot \left(\frac{k}{k-1} \right) \cdot N \cdot \left[\left(\frac{P_o}{P_i} \right)^{\frac{k-1}{k \cdot N}} - 1 \right]}{E_a \cdot E_m} \quad (4)$$

Burada, V_f kaçak debisi (m^3 / s), k havanın spesifik ısı oranı (1,4), N kompresör kademe sayısı, P_o kompresör çalışma basıncı (kPa), E_a kompresör adiyabatik verimi ($E_a = 0,88$ pistonlu tek kademeli kompresör, $E_a = 0,75$ pistonlu çok kademeli kompresör, $E_a = 0,82$ vidalı kompresör), E_m kompresör motor verimidir. Yıllık mali tasarruf (YMT) ve yıllık enerji tasarrufu (ET);

$$YMT = (ET \times \text{Ortalama Birim Enerji Fiyatı}) \quad (5)$$

$$ET = L \cdot \text{ÇS} \quad (6)$$

ile hesaplanır. ÇS yıllık çalışma saatidir. Geri ödeme süresi ise aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$\text{Geri Ödeme Süresi} = \frac{\text{Gerçekleştirme Maliyeti}}{\text{Yıllık Mali Tasarruf}} \quad (7)$$

Antalya ETİ Elektrometalurji A.Ş. Ferrokrom ve Karpit fabrikası tesislerinde merkezi basınçlı hava hattı takip edilerek kaçak olan yerler tespit edilmiş ve Tablo 4' de fabrikadaki basınç sisteminin parametreleri [4] ve Tablo 5' de kaçak delik çapları ve buradaki enerji tasarrufu hesaplamaları verilmiştir. Burada basınçlı hava kaçaklarının tamiri, contaların bağlantı yerlerinin değiştirilmesi yada malzemenin daha iyi izolasyonu ile yapılabilir. Tamirat ile her bir hava kaçağının önlenmesinin maliyeti yaklaşık 5\$ olarak hesap edilmiştir. Geri ödeme süresi Tablo 5' de verilmiştir.

Tablo 4. Basınçlı hava sistem parametreleri

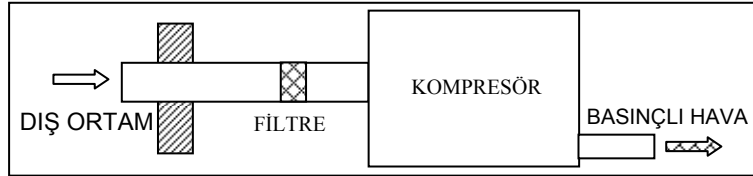
Parametreler	
Kompresör dairesi içindeki ortalama hava sıcaklığı ($^\circ C$)	25 $^\circ C$
Ortalama hat sıcaklığı ($^\circ C$)	28 $^\circ C$
Kaçak noktasındaki hat basıncı (kPa)	550
Kompresörün çalışma basıncı (kPa)	700
Atmosferik ortam basıncı (kPa)	101
Toplam kompresör motor gücü (kW)	450
Kompresör ortalama motor verimi	0,83
Kompresör tipi	Vidalı, Pistonlu
Kompresör ortalama çalışma saati (yıllık)	7300

Tablo 5. Basıncı hava kaçağlarının maliyet ve tasarruf hesaplaması

Delik Çapı (mm)	Kaçak Adedi	V_f (m ³ /sn)	L (kW)	ET (kWh/Yıl)	YMT (\$/Yıl)	Geri ödeme süresi (Ay)
0,5	15	0,002927	1,0101	7373,584	327,39	2,74
0,75	12	0,004590	1,6989	12401,897	550,64	1,30
1	7	0,005464	2,0224	14763,374	655,49	0,64
1,5	3	0,005269	1,9502	14236,533	632,10	0,28
2	5	0,015613	5,7788	42185,459	1873,03	0,16
Toplam	42		12,4604	90960,847	4038,66	0,62

4. KOMPRESÖR EMİŞ HAVASININ DIŞ ORTAMDAN ALINMASI

Bilindiği üzere sıcaklığın düşmesi ile yoğunluk artacağından daha az güç ile daha fazla hava sıkıştırma imkanı doğar. Yaklaşık olarak emiş havasının sıcaklığının her 3 °C düşüşünde, enerji tüketimi %1 azalır[3]. Genelde kompresörler kapalı odalarda çalıştığından ve oda içinden emiş yapıldığından, dış ortama göre daha sıcak hava ile çalışırlar. Bunu yerine Şekil 1' de gösterildiği gibi bir hava kanalı ile dış ortamdan hava alınması yararlıdır.


Şekil 1. Enerji tasarrufu için dış ortam havasının kullanılması

Sıcaklık düşümüyle tasarruf edilecek enerji miktarı aşağıdaki formül ile hesaplanır.

$$GDO = 1 - \frac{T_d + 273}{T_i + 273} \quad (8)$$

$$ET = \frac{GDO \cdot \text{Nominal Güç} \cdot \text{ÇS} \cdot \text{YK}}{h_{\text{motor}}} \quad (9)$$

Burada; ÇS çalışma süresi, YK yüklenme katsayısı (fiili yükün tam yüke oranı), h_{motor} motor verimi, GDO güç düşüm oranıdır ve değeri 0,04243' tür. Yıllık elektrik kullanımında yapılan tasarrufun parasal karşılığı YMT, aylık demand enerji tasarrufu DT ve bunun parasal karşılığı yıllık demand enerji tasarrufun DTM ve toplam mali tasarruf TMT aşağıdaki denklemlerde verilmiştir.

$$DT = \frac{\text{Nominal Güç} \cdot GDO}{h_{\text{motor}}} \quad \text{YMT} = ET \cdot (\text{Ortalama Elektrik Birim Fiyatı}) \quad (10)$$

$$DTM = DT \cdot (\text{Ortalama Demand Birim Fiyatı}) \cdot \left(12 \frac{\text{ay}}{\text{yıl}}\right) \quad \text{TMT} = DTM + \text{YMT} \quad (11)$$

olarak hesaplanır. Geri ödeme süresi ise tasarrufu gerçekleştirme maliyetinin, yıllık toplam maliyet kazancına bölünmesiyle hesaplanır. Burada gerçekleştirme maliyeti olarak dış ortamdan hava alabilmek için oda içerisinden açık havaya doğru çekilen saç ve ortası boş kanal hattının maliyeti hesaba katılmıştır. Antalya ETİ Elektrometalurji A.Ş. Ferrokrom ve Karpit fabrikası tesislerindeki kompresörler ve buldukları ortam hesaba katılarak, kompresör havasının oda dışarısında açık havadan alınmasıyla elde edilecek enerji tasarrufu ve geri ödeme süresi Tablo 6' da verilmiştir. Burada kompresörün dış ortamdaki havayı emiş sıcaklığı T_d 21 °C ve kompresörlerin bulunduğu dairenin yıllık ortalama iç ortam sıcaklığı T_i 34 °C olarak hesap edilmiştir. Tesiste 7 adet kompresör kullanılmaktadır.

**Tablo 6.** Kompresör emiş havasının dıştan alınmasının maliyet ve tasarruf hesabı

Kompresörler	Kompresör gücü (kW)	Kompresör motor verimi	DT (kW)	DMT (\$/Yıl)	ET (kW)	YMT (\$/Yıl)	TMT (\$/Yıl)	Geri Ödeme Süresi (Ay)
#1	85	0,88	4,08966	254,21	20898,16	927,88	1182,09	0,55
#2	85	0,88	4,08966	254,21	20898,16	927,88	1182,09	0,55
#3	37	0,80	1,95823	121,72	10006,53	444,29	566,01	1,14
#4	37	0,80	1,95823	121,72	10006,53	444,29	566,01	1,14
#5	75	0,85	3,73588	232,22	19090,36	847,61	1079,83	0,60
#6	55	0,80	2,91088	180,94	14874,57	660,43	841,37	0,77
#7	76	0,85	3,78569	235,32	19344,9	858,91	1094,23	0,59
Toplam	450		22,52822	1400,35	115119,2	5111,29	6511,65	0,69

5.SONUÇ

Ekonomik sıkıntılar yaşayan ülkemizde enerji verimliliği ve tasarrufu konusunda yapılacak en küçük çalışmanın ve alınacak tedbirlerin ülke ekonomisi için ne kadar önemli olduğu açıktır. Yukarıda açıklanan enerji analizleri bu tip çalışmalarda kullanılan en etkili yöntemlerdir ve konuya profesyonelce yaklaşılarak işletmeye katkı sağlayabilir. Bu çalışmada incelenen başlıca tasarruf potansiyelleri; pnömatik sistemlerde düşük basınçlı hava kullanımı, pnömatik sistemlerdeki kaçakların önlenmesi, kompresör emiş havasının dış ortamdan alınmasıdır. Öncelikle bu tasarruf potansiyellerinin enerji ve bunun mali değerlerinin hesabı için gerekli prosedürler açıklanmış daha sonra her bir potansiyel tasarruf yöntemi için Antalya ETİ Elektrometalurji Ferrokrom ve Karpit fabrikasında gerçekleştirilen tespitler ve gözlemler ele alınarak, bunlar için tasarruf edilen enerji, enerjinin mali değeri, gerekli yatırım tutarı ve geri ödeme süreleri hesap edilmiştir. Bu fabrikadaki tesislerde hesap edilen geri ödeme süreleri; basınçlı hava sistemlerindeki düşük basınçlı hava kullanılmasında gider olmadığı için geri ödeme süresi yoktur burada elde edilen kazanç 18953\$' dir. Basınçlı hava sistemlerindeki kaçakların önlenmesiyle tasarruf maliyetinin geri ödeme süresi 0,62 ay, kompresör emiş havasının dış ortamdan alınmasıyla 0,69 aydır. Bu prosedürler farklı sanayi dallarında, farklı tesisler için uygulanabilir. Makalede sunulan cazip ödeme süreleri sanayiciyi yatırıma teşvik etmelidir. Böylece sanayici aynı ürünü daha düşük maliyetle elde ederek, ulusal ve uluslar arası alanda rekabet gücünü arttıracaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Nutter, D.W., Conserve energy to Cut Operating Costs, Chemical Engineering, s.126-137, Eylül, 1993.
- [2] Terrell, R.E., Improving Compressed Air System Efficiency. Know What You Really Need, Sayı: 96 (1), s.7-15, 1999.
- [3] Kaya D., Güngör C., Sanayide Enerji Tasarrufu Potansiyeli – I+ II, Mühendis Makine, Sayı:514,s.20-30, 2002.
- [4] Fabrika Verileri, 2003.
- [5] Cerci, Y., Cengel Y.A., Turner H.T., Reducing The Cost of Compressed Air In Industrial Facilities, ASME, AES, Sayı:35, s.175-186, 1995.
- [6] Kaya D., Phelan P., Chau D., ve Sarac H.I., Energy Conservation in Compressed-air Systems, International Journal of Energy Research, Sayı:26, s. 837-849, 2002.
- [7] Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, "Sanayide Enerji Yönetimi Esasları", Cilt III, Ankara, 2002
- [8] Üser, Y., Sanayide Enerji Tasarruf Potansiyeli ve Eti Ferrokrom ve Karpit Fabrikası Enerji Etüdü, Haziran, 2004



ÖZGEÇMİŞLER

Yavuz ÜSER

1975 yılı Burdur doğumludur. Lisans eğitimini KOÜ Mühendislik Fakültesi Elektr.&Hab. Mühendisliği bölümünde, yüksek lisans eğitimini ise SA.Ü.Elektrik-Elektronik Fakültesi Elektrik Mühendisliği bölümünde tamamlamıştır.

Mehmet Ali YALÇIN

1960 yılı İstanbul doğumludur. Lisans eğitimini 1983 yılında İ.T.Ü. Elektrik-Elektronik Fakültesi Elektrik Mühendisliği bölümünde, yüksek lisans eğitimini 1985 yılında aynı bölümde tamamlamıştır. 1995 doçentlik yine aynı bölümde doktorasını yapmıştır. 2002 yılında SA.Ü. Mühendislik Fakültesi Elektrik Tesisleri bölümden Profesörlük ünvanı almıştır.

Şükrü ÖZEN

1971 yılı Manavgat doğumludur. 1992 yılında Y.T.Ü. Elektrik-Elektronik Fak. Elektrik Mühendisliği bölümünde lisans eğitimini, 2000 yılında S.D.Ü. Mühendislik F. Elektronik ve Haberleşme Müh. Bölümünde yüksek lisansını tamamlamıştır. 2004 yılından bu yana Akdeniz Ün. Elektrik Müh Bölümünde Yrd. Doç. Doç. Olarak görev yapmaktadır.

Bülent CERİT

1975 yılı Kayseri doğumludur. 1996 yılında A.Ü. Isparta Mühendislik Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği bölümünde lisans eğitimini, 1998 yılında S.D.Ü. Mühendislik Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği bölümünde yüksek lisans eğitimini tamamlamıştır.