

# ESNEK İKİ FAZLI TERMoeLEKTRİK CPU SOĞUTUCUSU

**Rasit AHISKA ve Kenan AHISKA**

Elektronik-Bilgisayar Bölümü, Teknik Eğitim Fakültesi, Gazi Üniversitesi, 06500 Teknikokullar, Ankara  
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara  
[ahiska@gazi.edu.tr](mailto:ahiska@gazi.edu.tr), [kahiska@hotmail.com](mailto:kahiska@hotmail.com)

(Geliş/Received:22.03.2006 ; Kabul/Accepted:08.08.2006 )

## ÖZET

Bu çalışmada iki fazlı ısı transfer sistemli termoelektrik CPU soğutucusunun özellikleri araştırılmıştır. Testler boyutları 3,1cm x 3,1cm olan 1.70Ghz INTEL Pentium 4 CPU'nun bulunduğu bilgisayar üzerinde yapılmıştır. İki fazlı sistem, tek fazlı ve fanlı sistemlerle kıyaslanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre tek fazlı sistem termoelektrik modülde 37,6oC sıcaklık farkı yaratırken, iki fazlı sistem 50,6oC fark meydana getirmiştir. Testler esnasında iki fazlı termoelektrik soğutucunun CPU'nun sıcaklığını 9oC 'e kadar düşürdüğü görülmüştür. Bu da iki fazlı sistemin fanlı sisteme kıyasla yaklaşık 5 kat daha fazla soğutma sağladığını göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** İki fazlı ısı transfer sistemi, termoelektrik modül, CPU soğutucusu.

## FLEXIBLE TWO PHASE THERMOELECTRIC CPU COOLER

### ABSTRACT

In this study, features of two-phase thermoelectric CPU cooler are searched. The CPU used in the tests is INTEL Pentium 4 CPU 1.70 GHz and its dimensions are 3.1cms x 3.1cms. The effect of using this system is compared with the effects of using the water cooler and the aluminum fan cooler. The comparison illustrates that the water cooler can create a maximum of 34.6 OC temperature difference while this value reaches a maximum of 50.6 OC in two-phase cooler. Two-phase cooler can keep CPU at 9OC, five times lower than the values of the aluminum fan cooler.

**Keywords:** Two-phase heat transfer systems, thermoelectric module, CPU cooler

### 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Teknolojideki önemli gelişmelerden biri bilgisayar sistemleridir. Bilgisayar sistemleri portatif hale dönüşerek küçültülmektedir. Bu küçülme, aynı işi daha küçük elemanlarla yapmak demektir ve beraberinde soğutma problemlerini de getirir. Çünkü küçülme işlemiyle açığa çıkan ve birim yüzeye düşen ısı miktarı artmaktadır [1].

Bilgisayarların merkezi işlemci birimi olan CPU'lar ısı yükünü dışarı atılmaması nedeniyle bozulabilir. Ayrıca CPU'ların üzerindeki ısı yük onları çalışma performanslarını da olumsuz etkiler. CPU'ları soğutabilmek için çeşitli sistemler kullanılmaktadır. Bunlardan biri alüminyum fanlı soğutma sistemidir. Fakat bu sistem aldığı ısıyı kasanın içine dağıttığından soğutma kapasitesi sınırlıdır. Bir başka sistem ise tek fazlı su

dönüşümlü sistemdir. Ancak bu sistem de montajı sırasında yarattığı mekanik gerilimlerle tehlikelidir. Ayrıca bu sistemin uygulanabilmesi için bir pompaya ihtiyaç vardır.

Termoelektrik modülerin birçok küçük hacimli soğutucuda kullanıldığı bilinmektedir. Bu cihazlardaki termoelektrik modülerin verimli çalışması için kullanılan ısı transfer sistemleri çok önemlidir [2-4]. İki fazlı ısı transfer sistemlerinin; büyük boyutlarda, ısı dönüşümlerinde [5] ve küçük boyutlarda, elektrik ve elektronik elemanların soğutulmasında [6] kullanılması tavsiye edilmektedir. Buna uygun olarak iki fazlı sistemler termoelektrik soğutucularda da kullanılmaktadır [7].

Bu çalışmada CPU'yu soğutmak için tasarlanan esnek iki fazlı ısı transfer sistemli termoelektrik soğutucunun uygulaması yapılmıştır. Bu sistem bir

pompaya ihtiyaç duymaz ve esnekliğinden dolayı mekanik gerilimler yaratmaz. Bilgisayarın, en ağır sıcaklık şartları olan çöl şartlarında çalıştığı düşünülerek ısı transfer sisteminde iç basınç suyun 45°C’ de kaynayacağı kadar düşürülmüştür.

Bu sisteminde CPU termoelektrik modülle soğutulmakta, suyun kaynaması için gerekli olan ısı termoelektrik modülün sıcak tarafından alınmakta, bu ısının tamamı da suyun tekrar yoğunlaşmasıyla çevreye yayılmaktadır. Ancak gerektiğinde termoelektrik modül kullanılmadan CPU soğutulabilir.

İki fazlı sistemin üretimi kolay, maliyeti düşük ve malzemeleri her yerde bulunabilir. Sistemde fanlar dışında hareketli parça yoktur. Bu nedenle garanti süresi uzundur. Ayrıca sistem sessiz ve güvenilirdir. Sistemin çalışır hale getirebilmek için herhangi bir hava pompası ile düşük basınç oluşturulabilir. Burada oluşturulan basınç 0,1 atm’dir. Bu basınç için ise birkaç dakikalık pompa çalıştırılması yeterlidir. Sistemde kullanılan sıvı 100gr saf sudur.

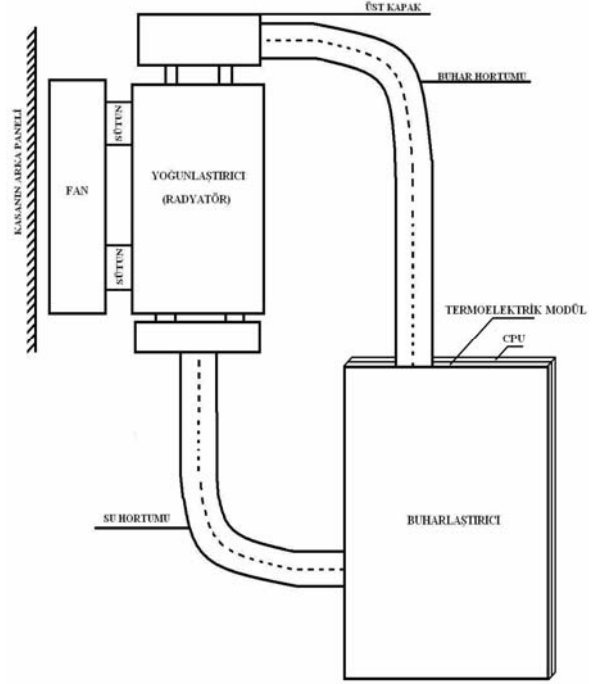
## 2. DENEY (EXPERIMENT)

Esnek iki fazlı ısı transfer sistemli termoelektrik soğutucusu doğal su döngüsünü temel alan bir CPU soğutma sistemidir. Bu sistemin genel görünüşü Şekil 1’de verilmiştir.

Şekil 1’de görüldüğü gibi bu sistem iki ana parçadan oluşmaktadır. Bu parçalardan ilki buharlaştırıcı, ikincisi yoğunlaştırıcı olup birbirlerine esnek silikon hortumlar vasıtasıyla bağlanmışlardır. Buharlaştırıcı, teflondan yapılmış ve ebatları 93x68x53mm olan dış, ve bakırdan yapılmış ve boyutları 40x40x9mm olan iç bölümlerden oluşan bir kutu şeklinde tasarlanmıştır. Yoğunlaştırıcı bakırdan yapılmış olup 180x77x80mm boyutlarına sahiptir.

Buharlaştırıcı, CPU’nun üzerine yerleştirilen termoelektrik modülün ısınan yüzeyine doğrudan temasta olarak çalışmaktadır. Buradan buharlaştırıcıya gelen ısı, burada bulunan suyu buharlaştırmaktadır. Daha sonra buhar, buhar taşıyıcı hortum vasıtasıyla kendi kendine yoğunlaştırıcıya ulaşır. Yoğunlaştırıcı (kondenser) buharlaştırıcıdan gelen buharı, tekrar suya dönüştürmek için kullanılmaktadır. Yoğunlaştırıcıda buhar suya dönüştükten sonra yer çekiminden dolayı tekrar su taşıyıcı hortum ile buharlaştırıcıya döner. Böylece pompa kullanılmadan döngü tamamlanır. Dönüşümün sürekli devir daimiyle sistem çalışmaktadır. Bu sistemin avantajı; ısınan yüzeyden (termoelektrik modülden veya doğrudan CPU’dan) küçük boyutlardaki bir buharlaştırıcı vasıtasıyla ısıyı alarak, bu yüzeyden başka bir yerde bulunan yoğunlaştırıcıya aktarabilmesidir. Daha sonra yoğunlaştırıcıda sıcak buhar soğuyarak ısıyı çevreye verir. Böylece elektronik eleman soğutulmakta ve elemanın performansı ve hızı artmaktadır. Mevcut olan iki fazlı ısı transfer

sistemlerinden farklı olarak buharlaştırıcı ve yoğunlaştırıcı birbirleri ile esnek hortumlar vasıtasıyla bağlanmışlardır. Sisteminin esnek olması, bu sistemin montajı ve çalışması sırasında, çok hassas olan CPU’nun sistemde meydana gelebilecek mekanik gerilimlerden korunmasını sağlar. Ayrıca sistemde buharlaştırıcının alt kısmına boyutları 40x40mm olan bir adet termoelektrik modül konulmuştur [8].



Şekil 1. Esnek iki fazlı termoelektrik cpu soğutma sistemi’nin genel görünümü (General appearance of flexible two-phase thermoelectric CPU cooler)

Bilindiği gibi zarlı kaynamanın ısı transfer katsayısı, kabarcıklı kaynamaya göre oldukça düşüktür. Bu nedenlerden dolayı sistemde zarlı kaynama yerine kabarcıklı kaynama tercih edilmiştir [9]. Bunun için buharlaştırıcının iç yüzeyi biçimlendirilerek kabarcıklı kaynama sağlanmıştır.

Isı transfer sistemlerinin verimli çalışabilmesi için  $Q_{buh} \equiv Q_{yoğ}$  olmalıdır. Burada  $Q_{yoğ}$  yoğunlaştırıcıdan birim zaman içinde çevreye atılan ısı miktarıdır. Denge bozulduğunda yani  $Q_{buh} > Q_{yoğ}$  olduğunda sistemde yoğunlaşmamış buhar miktarı artacaktır. Bunun sonucu olarak sistemdeki buhar basıncı ve buna bağlı olarak suyun kaynama sıcaklığı yükselecektir. Aynı zamanda buharlaştırıcının ısınan yüzeyinin sıcaklığı da yükselecektir. Böylece sistem soğutulmakta olan elektronik elemanın (CPU) yüzeyinin sıcaklığını etkin bir şekilde düşüremeyecektir.

Sistemdeki suyun kaynama sıcaklığı, yeni bir ısıl denge kurulana kadar artacaktır. Buharlaştırıcıdaki suyun sabit bir ısı kaynağından ( $Q_{buh} = \text{sabit}$ ) devamlı ısıtılması durumunda ise sistemde aşırı ısınma ve sistemin bazı parçalarında (lehim gibi) erime meydana gelir ve sistem bozulur.

Eğer sistemde  $Q_{buh} < Q_{yoğ}$  şartı gerçekleşirse yani yoğunlaştırıcı buharlaştırıcıdan gelen ısıdan daha fazla ısıyı çevreye atabilme kapasitesine sahipse, sistem mükemmel şekilde çalışır.

İki fazlı sistemi için  $Q_{buh} \equiv Q_{yoğ}$  denge şartı buharlaştırıcının taban sıcaklığı ile meydana gelen buharın sıcaklığı arasındaki farkının 0 veya düşük olduğu anlamına gelir. Bu açıdan yapılan deneylerin sonuçlarına bakıldığında, sıcaklık farkının  $1,8^{\circ}\text{C}$  olması sistemin mükemmel yakın çalıştığını gösterir.

Deneyler aynı sıcaklık ortamında ve aynı P4 bilgisayarda; aynı programların aynı sürümleri kullanılarak yapılmıştır. Testlerin yapıldığı bilgisayar INTEL Pentium 4 CPU 1.70Ghz olup CPU'nun boyutları  $3,1\text{cm} \times 3,1\text{cm}$ 'dir. Öte yandan kullanılan fanlar da aynıdır.

İlk deneyde iki fazlı sistem genellikle overclock bilgisayarlar için kullanılan "Aquarius TM Liquid Cooling" tek fazlı su dolaşımli soğutma sistemiyle karşılaştırmalar yapılmıştır. Aynı koşullarda kıyaslama yapılabilmesi için tek fazlı su dolaşımli sistemde de ısı kaynağı olarak termoelektrik modül kullanılmıştır.

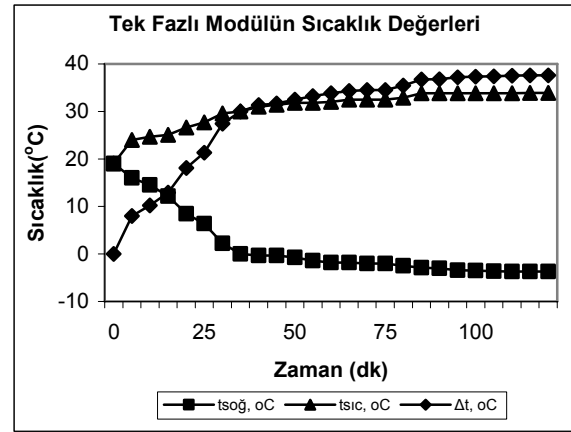
Bu kıyaslamalar aynı ortamda ve aynı araçlar kullanılarak yapılmıştır. Kıyaslamaların yapıldığı ortam laboratuvar ortamı olup  $19^{\circ}\text{C}$  çevre sıcaklığındadır. Deneylerde güç kaynağı olarak bilgisayarın normal güç kaynağı (Power Supple) LC-B300ATX, akım ölçmek için 1000DCA/ACA clampmeter kullanılmıştır. Ayrıca gerilimi ölçmek için FLUKE 45 Dualdisplay markalı multimetre, sıcaklıkları ölçmek için çift termokupolu 307 CIE Digital termometre kullanılmıştır. Zaman ölçümü için bilgisayarın mevcut kronometresi kullanılmıştır. Termoelektrik modül olarak ısınan yüzeye doğrudan temasta bulunan PT-4-12 Model TC kullanılmıştır [10]. Modülün çektiği güç  $5\text{A} \times 10\text{V} = 50\text{W}$  olarak tespit edilmiştir.

İkinci deneyde iki fazlı sistemi ile CPU soğutulmasında kullanılan mevcut alüminyum fanlı sistem karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmalar yapılırken  $t_{kasa}$ ,  $t_{anakart}$  ve  $t_{CPU}$  sıcaklık ölçümleri temel parametre olarak alınmıştır. Bu parametrelerin kaydının sürekli tutulabilmesi için Motherboard Monitor 5.0 programı kullanılmıştır. Ayrıca bilgisayarı yorabilecek ve böylece sıcaklıkları artırabilecek olan SiSoftware Sandra programından yararlanılmıştır. Bu programın Burn-In Wizard modülü çalıştırıldı. Bu modülde CPU Arithmetic Benchmark ve CPU Multi-Media Benchmark öğeleri seçildi. Çünkü diğer öğelerin çalıştırılması CPU üzerine güç getirmemektedir. Bu zorlayıcı testler yapılırken bir yandan da kayıtlar tutulmuştur. En sonda aynı testlere tabi tutulan alüminyum fanlı ve iki fazlı termoelektrik soğutma sistemleri kıyaslanmıştır. 5 defa üst üste yapılan Benchmarklar esnasında, bu iki sistem uygulanan aynı bilgisayarın sıcaklık değerleri elde edilmiştir.

P4 bilgisayar üzerinde yapılan deneylerde kayıt için kullanılan Motherboard Monitor programının kayıt yapma aralığı 2 s olarak ayarlanmıştır. Çünkü SiSoftware Sandra programı ile 5 kez üst üste yapılan testlerin süresi alüminyum fanda 210 s, iki fazlı sistemde 110 s'dir. Ve 2s aralıklarla yapılan kayıtlar doğru sonucu vermektedir. Testler yapıldıktan sonra da CPU sıcaklıklarının düşüşünün kaydı tutulmuştur. Elde edilen veriler onar saniye aralıklarla derlenerek grafikleri çizilmiştir. Testlerin bitiş süresi olarak grafiklerdeki CPU sıcaklık değerlerinin kırılmaya başladığı anı baz alabiliriz. Çünkü bu kırılma testlerin bittiği ve ardından kullanılan soğutma sisteminin CPU'yu soğutmaya başladığı gösterir.

### 3. SONUÇ VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSION)

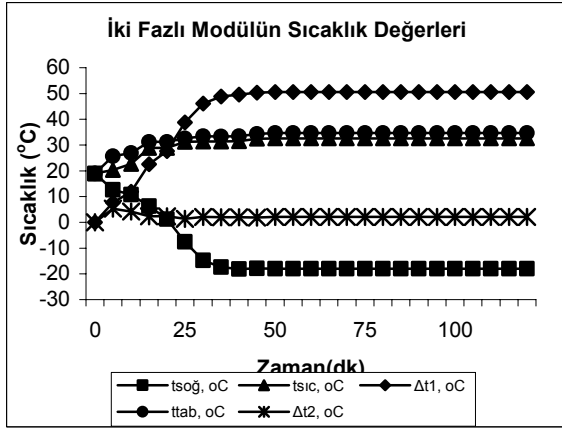
İlk deneyde yapılan kıyaslamalarda en önemli parametre olan termoelektrik modülün sıcak ve soğuk yüzeyleri arasındaki sıcaklık farkı  $\Delta t$  araştırılmıştır. Tek fazlı su dolaşımli soğutma sisteminin yüksüz modülün sıcaklıkları üzerindeki etkisi Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Tek fazlı sistemin termoelektrik modül üzerindeki etkisi (Effects of water cooler on the temperatures of the thermoelectric module)

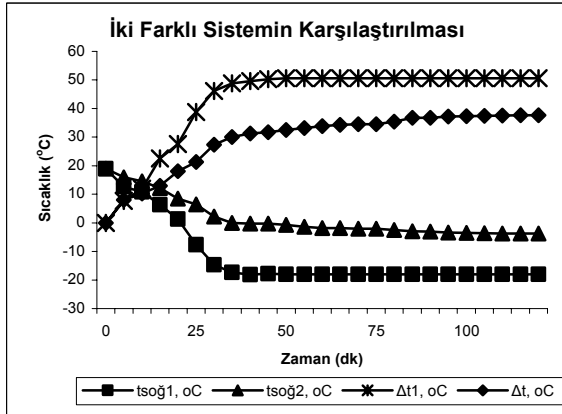
İki fazlı sisteminin yüksüz termoelektrik modül üzerindeki etkisinin araştırma sonuçları Şekil 3'te gösterilmiştir.

Şekil 2'deki  $\Delta t$ , tek fazda; Şekil 3'deki  $\Delta t_1$  ise iki fazda, modülün sıcak ve soğuk yüzeyleri arasındaki sıcaklık farkını,  $t_{soğ}$ , modülün soğuk yüzeyinin  $t_{sic}$  ise modülün sıcak yüzeyinin sıcaklığını ifade eder. Şekil 3'teki  $\Delta t_2$ ; iki fazlı sistemdeki modülün sıcak yüzeyi ile buharlaştırıcının taban sıcaklığı ( $t_{tab}$ ) arasındaki farktır. Bu farkın sabitlenme sonrası  $2,1^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar inebilmiş olması oluşan ısının tamamına yakınının suya aktararak buharlaşmaya harcandığı gösterir. Ayrıca  $t_{tab}$  ile  $t_{buh}$  arasındaki sıcaklık farkı sadece  $1,8^{\circ}\text{C}$  olmuştur. Bu ise buharlaştırıcıya gelen ısının neredeyse tümünün yoğunlaştırıcıdan dışarıya atıldığını gösterir. Bu sonuç iki fazlı sisteminin en ideal bir ısı transfer cihazı olduğunu göstermektedir.



**Şekil 3.** İki fazlı sisteminin termoelektrik modül üzerindeki etkisi (Effects of two-phase thermoelectric CPU cooler on the temperatures of the thermoelectric module)

Her iki deneyde de modül yüksüz olduğu için kıyaslama yapıldığında elde edilen sonuçlar Şekil 4'teki gibidir.

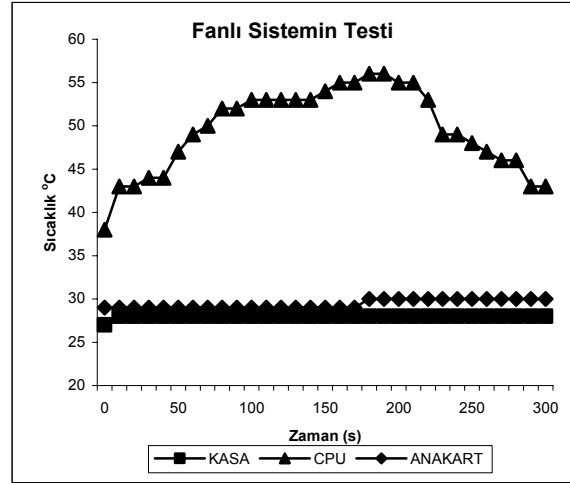


**Şekil 4.** Tek fazlı ve iki fazlı sistemlerin karşılaştırılması (Comparison between two-phase thermoelectric cooler and the water cooler)

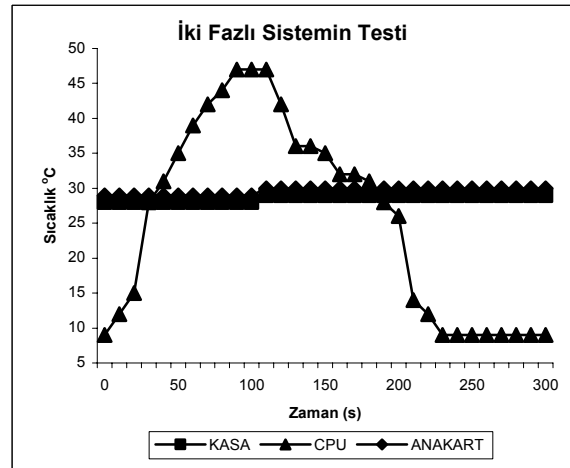
Şekil 4'te yapılan kıyaslamada tek fazlı sistem, modülün yüzeyleri arasında en fazla 37,6°C sıcaklık farkı yaratırken ( $\Delta t$ ), iki fazlı sistemin 50,6°C farka eriştiği görülür ( $\Delta t_1$ ). Ayrıca tek fazlı sistemde modülün soğuk tarafı en düşük -3,7°C ( $t_{soğ}$ ) iken iki fazlı sistemde bu değer -18°C tespit edilmiştir ( $t_{soğ1}$ ). Üstelik iki fazlı sisteminin sürekli şartlara ulaşma süresi tek fazlı sisteme göre 3 kat daha erken gerçekleşmiştir. Bu da iki fazlı sisteminin tek fazlı su dolaşım sistemine göre daha verimli ve hızlı soğutma yaptığını gösterir.

İkinci deneyde iki fazlı sistem ile CPU soğutulmasında kullanılan mevcut alüminyum fanlı (CPU Cooler) sistem karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar Şekil 5, Şekil 6 ve Şekil 7'de gösterilmiştir.

Şekil 5 ve 6'deki veriler birleştirilerek hazırlanan karşılaştırmalı veriler Şekil 7'de gösterilmiştir.



**Şekil 5.** Alüminyum fanlı (CPU Cooler) CPU'nun sıcaklık değişimi (The temperature values during the test made under aluminium fan cooler)

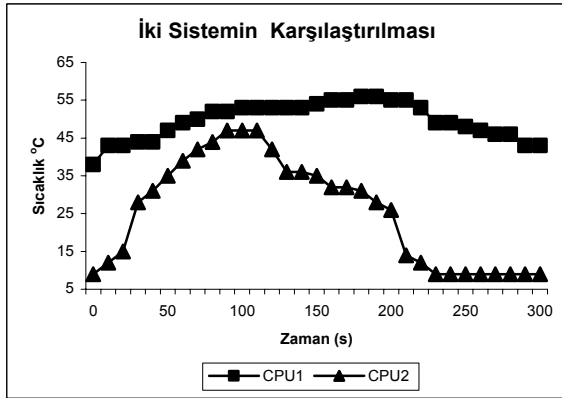


**Şekil 6.** İki fazlı CPU'nun sıcaklık değişimi (The temperature values during the test made under two-phase thermoelectric CPU cooler)

Şekil 7'de yapılan kıyaslamalarda alüminyum fanlı (CPU cooler) sistemin sağladığı en yüksek sıcaklık değeri 56°C iken iki fazlı sisteminde bu değer 47°C'ye kadar inmiştir. Şekil 5 ve 6'de verilen başlangıç değerlerine bakıldığında kullanılan sistemlerin CPU'yu kaçar derecede tuttuğu anlaşılır. Yani hiçbir zorlayıcı programı çalıştırmadan alüminyum fanlı sistem CPU'yu 38°C'de tutarken iki fazlı sistemi CPU'yu 9°C'de tutmaktadır. Oda sıcaklığının 19°C olduğunu göz önüne alırsak, alüminyum fanlı sistemin yeterince soğutma yapamadığı halde iki fazlı sistemin CPU'yu oda sıcaklığının yaklaşık 10°C altında tutabildiği anlaşılmaktadır.

CPU'nun ve bilgisayarın performansı CPU sıcaklığıyla ters orantılıdır. Bu kıyaslamalar bu bilgiyi de ispat etmiştir. 5 defa üst üste yapılan Benchmarklardan oluşan testi alüminyum fanlı sistem 210s'de gerçekleştirdiği halde iki fazlı sistem aynı sayıda testi 110s'de gerçekleştirmiştir. Yani iki fazlı sistem alümin-

yum fanlı sisteme göre yaklaşık 2 kat daha hızlı çalışmaya imkan vermiştir. Böylece iki fazlı sistemi alüminyum fanlı sisteme göre CPU'yu hem 4 kat daha soğuk tutmakta hem de 2 kat daha hızlı çalıştırmaktadır.



Şekil 7. Alüminyum fanlı ve iki fazlı sistemlerin sıcaklık değerleri (The comparison between two-phase thermoelectric cooler and the aluminium fan cooler)

#### 4. SONUÇ (RESULTS)

İki fazlı sistemin tek fazlı su dolaşımli soğutma sistemi ile yapılan kıyaslamada üstünlüğü kesinleştirilmiştir. İki fazlı sistemin meydana getirdiği termoelektrik modül yüzeyleri arasındaki fark tek fazlı sistemden yaklaşık %34 daha yüksektir. Öte yandan iki fazlı sistemin oluşturduğu en düşük sıcaklık değeri tek fazlı sisteminkinden 4,8 kat daha düşüktür. Ayrıca iki fazlı sistemin sabitleme süresi tek fazlı sisteme göre 3 kat daha erken gerçekleşmiştir.

İki fazlı sistemin alüminyum fanlı sistemle kıyaslama sonuçlarına göre zorlama olduğunda, CPU'nun sıcaklığını fanlı sistemin iki fazlı sisteme göre %16 daha sıcak değerlere tutmuştur. Fakat test yapılmadığı sürece yani normal bir kullanıcının bilgisayarı kullanması durumunda iki fazlı sistemin bu sisteme göre %71 daha soğuk ve 2 kat daha hızlı kullanılabilir.

CPU soğutma sistemlerinde gözüken teknik ve mühendislik açısından en önemli problemi de iki fazlı sistem çözmektedir. Bu problem soğutma sisteminin montajı esnasında oluşan mekanik gerilimler ve CPU bozulmalarıdır. Bu tip bozulmaları engellemek için iki fazlı sisteminde ilk defa esnek silikon hortumlar kullanılmıştır.

#### TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENT)

Bu çalışma BAP projesi olarak Gazi Üniversitesi'nce desteklenmektedir. Proje No: 07 / 2005 -09

#### KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. H. Monem Beitemal, D. Chandrakant Patel, "Two Phase loop : Compact Thermosyphon", Approved for External Publication, January 11, 2002.
2. D.M. Rowe, Editor, "Application of Thermoelectric Cooling", **Thermoelectric Handbook**, CRC Press Inc., 1995.
3. Güler, F., N., Ahıska, R., "Design and testing of microprocessor-controlled portable thermoelectric medical cooling kit," **Applied Thermal Engineering**, 2002. Volume 22, Issue 11 , August 2002, Pages 1271-1276
4. S.A. Omer, S.B. Riffat and X. Ma, "Experimental investigation of a thermoelectric refrigeration system employing a phase change material integrated with thermal diode (thermosyphons)". **Applied Thermal Engineering**, 21, pp. 1265–1271, 2001.
5. K.S. Kim , M.H. Won, J.W. Kim and B.J. Back, "Heat pipe cooling technology for desktop PC CPU", **Applied Thermal Engineering**, 23, 2003, pp. 1137–1144, 2003.
6. Y. Lee, I. Pioro, S.H. Rhi, A Cooling System using Heat Pipes for ATM Switching System, Final Report—Year Two, Period: February 17, 1996–February 16, 1997, Electronics and Telecommunications Research Institute, Korea, Department of Mechanical Engineering, University of Ottawa, Ottawa, Canada, January 1997.
7. J. S. Lee, S. H. Rhi, C. N. Kim, Y. Lee, Use of two-phase loop thermosyphons for thermoelectric refrigeration: experiment and analysis, **Applied Thermal Engineering**, 23 (1) 1167-1176, 2003.
8. J. Christopher, Two – Phase Constant – Pressure, Closed – Loop water cooling system for a heat device, USA Patent No: 5940270, 1999
9. Z. Q. Chen, P. Cheng and T. S. Zhao. An Experimental Study of Phase Flow and Boiling Heat Transfer in Bi-Dispersed Porous Channels", **Int. Comm. Heat Mass Transfer**, 27 (3) 293-302, 2000.
10. Melcor, The Standard in Thermoelectric, Catalog, 2006.

