

## TERMÖELEKTRİK SİSTEMLİ YEMEK TAŞIMA MODÜLÜ TASARIMI VE ANALİZİ

Murat Hacı\*, Zafer KAHRAMAN\*

\*Öztiryakiler Ar-Ge ve Teknoloji Merkezi, Büyükçekmece/ STANBUL

### ÖZET

Bu çalışmada, maddeleri iki bölüme, farklı sıcaklıklarda yiyecek ve içecek taşıyabilen, esnek ve zamanla değişmeyen ve soğutma sağlayabilen endüstriyel mutfaklara yönelik mobil yemek taşıma modülü, Ar-Ge sistematiğine dayanan çalışmalarıyla üniversite-sanayi işbirliği ile geliştirilmiştir. Soğutucu bölüme termoelektrik modül (Peltier), soğutucu bölüme ise boru rezistans kullanılmıştır. Tasarlanan kabinin istenilen sıcaklıkta en uygun termoelektrik/rezistans gücünde ve termoelektrik sistem konumunun ulaşılması için Hesaplama, Akışkanlar Dinamiği (HAD) analizleri yapılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Soğutma, Soğutma, Termoelektrik sistem (Peltier), Termal analiz, Yemek taşıma modülü

### 1. GİRİŞ

Yiyecek taşıma kapları, yemekleri dış ortamdan izole edip soğutmasını veya saklamasını önlemek için tasarlanmıştır. Genellikle plastik bir kabin için izolasyon maddesi ile kaplanarak ekilde üretilirler. Soğutma veya soğutma üniteleri bulunmadığından uzun süreli muhafazalara uygun değildir.

Endüstriyel mutfaklar için yemek taşıma modülleri (banket arabası), yiyecek ve içeceklerin uygun ortam koşullarında servis edilmeden önce belirli periyotlarda muhafazasını sağlamak için mutfak sektöründe yaygın olarak kullanılmaktadır. Yemek taşıma modüllerinin ülkemizde yalnızca soğuk veya soğuk koşullarda istenilen yiyecek ve içeceklerin saklayacak ekilde üretimleri bulunmaktadır. Fakat hem soğuk hem de sıcak olacak ekilde tek bir sistem üzerinde toplanarak, yemek taşıma modüllerinin ülkemizde yerli imalat, bulunmamaktadır.

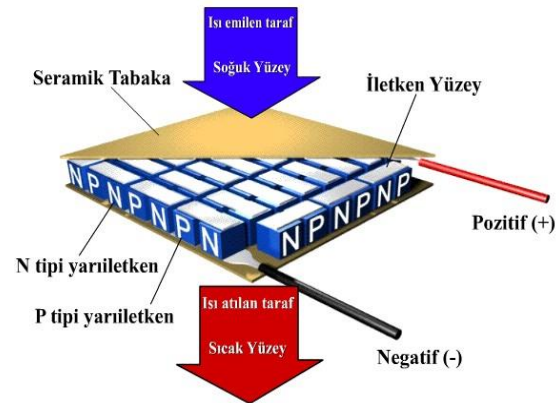
Termoelektrik soğutma sistemleri mekanik hareketli parçaları olmadığı için hafif, sessiz ve akışkanlı, içermemesinden dolayı tercih edilmektedirler. Termoelektrik sistemlerin soğutucu gazlar kullanan sistemlere kıyasla daha ekolojik olduğu ve bu sistem kompresör içermediğinden daha sessiz ve montaj kolaylığı sağlayacak ekilde kullanılabileceği vurgulanmıştır [1-10].

Ancak bu projede tasarlanan yemek taşıma kabini soğuk taraf termoelektrik sistemle soğuk tutulmakta, sıcak taraf ise boru rezistans ile sıcak tutulmaktadır. Kabinin iç ve dış yüzeyi paslanmaz çelik (AISI 304) olup ara katman yalıtım malzemesi olarak poliüretan kullanılmıştır. Bu çalışmada, manüel en büyük özelliği soğuk ve soğuk bölme arasında bulunan batarya ile enerji ihtiyacı karşılanarak uzun süreli yiyecek muhafaza etmektedir. Ayrıca soğutucu bölüme termoelektrik sistem kullanılmasıyla kompresör ve akışkan gaz kullanılmaması nedeniyle çevresel kaygılardan önüne geçilmesi sağlanmıştır. Termoelektrik sistem,

sessiz çalışması, mas ve ağırlık bakımından avantajlar sağlamaktadır. Benzer çalışmalar halen devam etmekte olup farklı sektörlerde kullanım alanları bulunmaktadır.

### 2. TERMÖELEKTRİK MODÜLLER VE ÖZELLİKLERİ

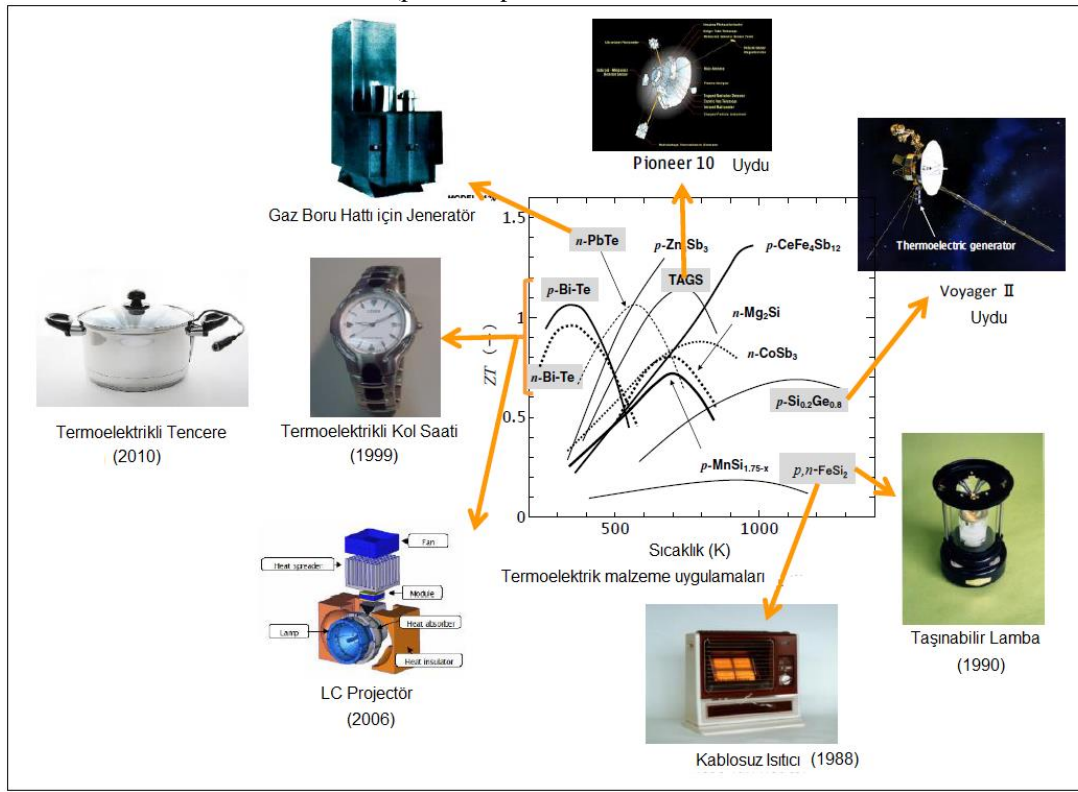
Termoelektrik sistem, elektrik enerjisi ile soğutma enerjisinin birbirleri arasındaki dönüşüm sağlayan bir sistemdir. Termoelektrik olay Joule yasası, Peltier etkisi, Seebeck etkisi ve Thomson etkisi ile izah edilebilir. Bir termoelektrik modül N ve P tipi yarıiletkenlerden oluşan termoelement malzemelerden oluşmaktadır. Bu termoelement sistem elektriksel olarak seri, termal olarak paralel bağlanarak değişik amaçlar için değişik kapasitelerde termoelektrik modüller elde edilmesi sağlanabilir. Küçük ucuna doğru akım verildiğinde N ve P tipindeki elemanlar elektronlar, bir uçtan diğerine doğru itilir ve bir yüzde soğutma diğer yüzde soğutma meydana getirirler. Böylece termoelektrik modül bir soğutucu, pompası gibi çalışır (ekil 1). Ayrıca termoelektrik modülün iki yüzeyi arasında sıcaklık farkı oluştuğunda termoelektrik modül bir DC akım kaynağı gibi davranarak elektrik üretir [11].



ekil 1: Termoelektrik modül [11].

ekil 2'de görüldüğü üzere projektör, kol saati, jeneratör, tencere, gibi temel alanlar olmakla birlikte uzayda uydu sistemlerinin üzerinde de kullanılan alanlar, bulunmaktadır. Farklı malzeme (p ve n tipi

yarı iletken malzemeleri) içeriklerine göre sıcaklık uygulamalar, farklılıklar göstermektedir [12].

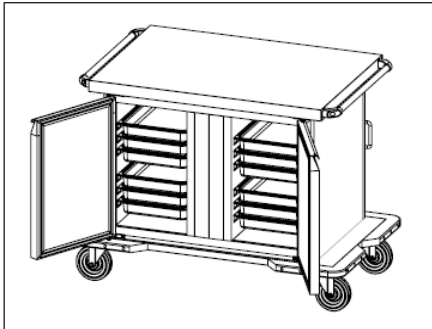


ekil 2: Termoelektrik sistemlerinin çeşitli kullanım alanları, [12].

### 3. YEMEK TAŞIMA MODÜLÜ TASARIMI VE ÖZELLİKLERİ

Modülün soğutucu tarafı için 200 W'lık TE-127-1.4-1.5 termoelektrik modülü kullanılmaktadır. Sıcak taraf için ise 400 W'lık boru tipi rezistans kullanılmaktadır.

Ulaşmak istenen sıcaklık soğuk taraf için  $+10^{\circ}\text{C}$ , sıcak taraf için ise  $+65^{\circ}\text{C}$ 'dir. Kabinin dış boyutları, 1100\*910\*810 mm'dir. Dış ve iç yüzeyler paslanmaz çelik ve iki yüzey arasında kalan kısım ise poliüretan izolasyon malzemesi olacak şekilde tasarlanmıştır (ekil 3).



ekil 3: Termoelektrik sistemli yemek taşıma modülü tasarımı.

### 4. YÖNTEM

Soğuk tarafta  $+10^{\circ}\text{C}$  sıcaklık arttırılması için en uygun termoelektrik sistem gücünü ve en uygun sıcaklık dağınıklık bulmak için en uygun termoelektrik sistem konumu araştırılmaktadır. Analizlerde 50W termoelektrik sistem gücü ile başlayarak termoelektrik sistem gücünü 25W arttırarak 325W'ya kadar analizler yapılmıştır.

Termoelektrik sistem konumu için üst cidar çizgisinden başlayarak 50 mm öteleyerek alt cidara kadar ötelenip analizler yapılmıştır. Sıcak taraf için ise  $+65^{\circ}\text{C}$ 'ye ulaşmak için rezistans gücü 50W'dan 50W arttırarak 600W'ya kadar analizler yapılmıştır.

### 5. SONUÇLAR

Yapılan analizler sonucunda soğutucu bölmede  $+10^{\circ}\text{C}$  sıcaklık için en uygun termoelektrik sistem gücünün 200 W ve sıcaklık dağınıklığı düzenli olması için en uygun termoelektrik sistem konumunun üst kapak noktasından 100 mm aşağıya olduğu bulundu. Sıcak tarafında  $+65^{\circ}\text{C}$ 'ye ulaşması,

için en uygun rezistans gücünün 400 W oldu u bulunmu tur.

Tablo 1’de so utucu bölmenin termoelektrik sistem gücü ve konumu de i ken olan analiz sonuçlar,

verilmi tir. Is,t,c, bölmede rezistans gücü de i ken olan analiz sonuçlar, Tablo 2’de verilmi tir.

**Tablo 1:** So utucu bölmenin termoelektrik sistem gücü ve konumu de i ken olan analiz sonuçlar,.

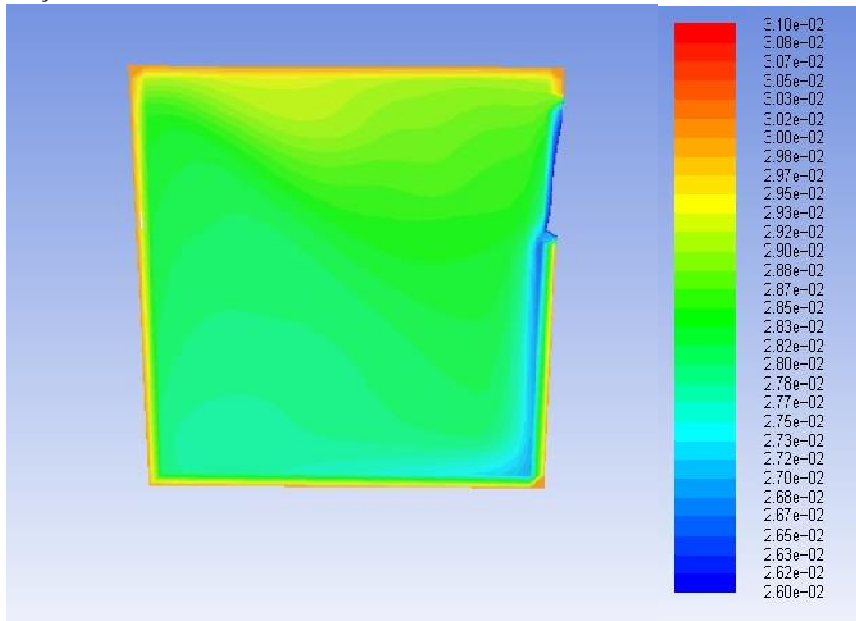
SO UK TARAF Ç N TERMOELEKTR K S STEM GÜCÜ DE	KEN OLAN ANAL Z SONUÇLARI											
Peltier Gücü(W)	50	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300	325
Ortalama S,cakl,k(K)	295,19	292,35	291,28	287,97	287,6	284,89	282,97	281,79	281	278,95	277,625	275,86

SO UK TARAF Ç N TERMOELEKTR K S STEM KONUMU DE	KEN OLAN ANAL Z SONUÇLARI											
Konum(mm)	0	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	
Ortalama S,cakl,k(K)	291,81	285,99	277,79	278,87	278,9	281,51	286,37	289,53	280,65	279,52	278,74	

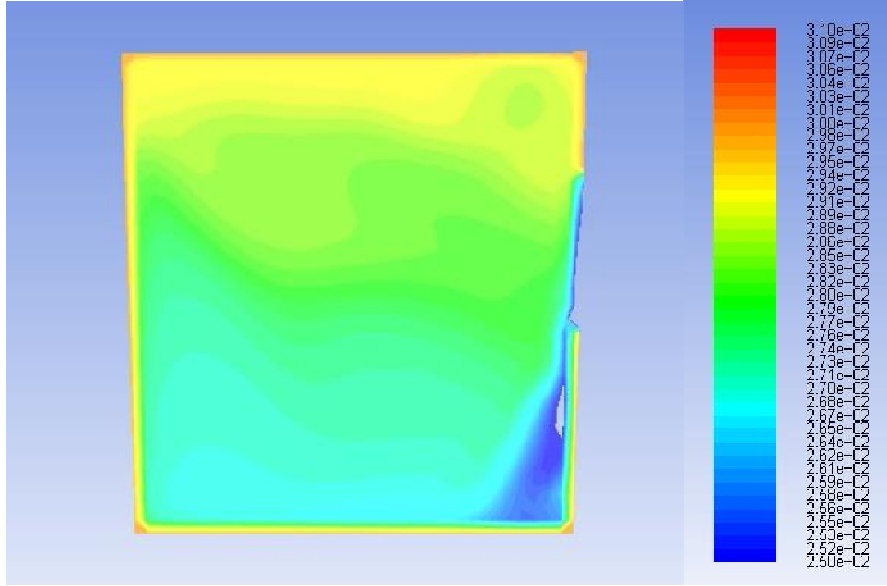
**Tablo 2:** Is,t,c, bölmede rezistans gücü de i ken olan analiz sonuçlar,.

SICAK TARAF Ç N REZ STANS GÜCÜ DE	KEN OLAN ANAL Z SONUÇLARI											
Rezistans gücü (W)	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
Ortalama S,cakl,k(K)	307,79	313,24	319,33	324,08	328,25	330,36	337,19	339,89	342,0	348,71	355,89	362,44

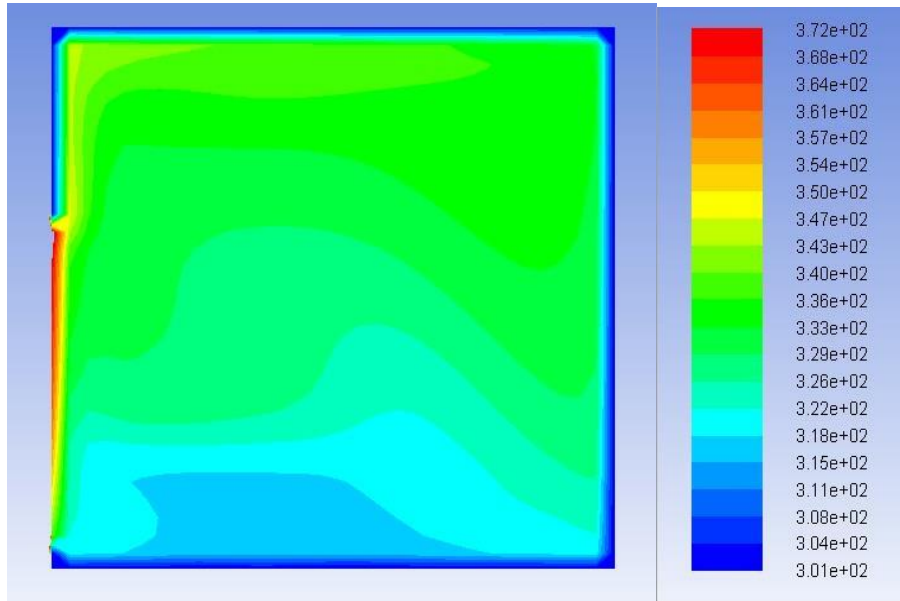
Termoelektrik sistemli yemek ta ,ma modülü prototipine yönelik ,s,t,c, ve so utucu bölmelerde yapılan analiz sonuçlar, ekil 4-6’da verilmi tir.



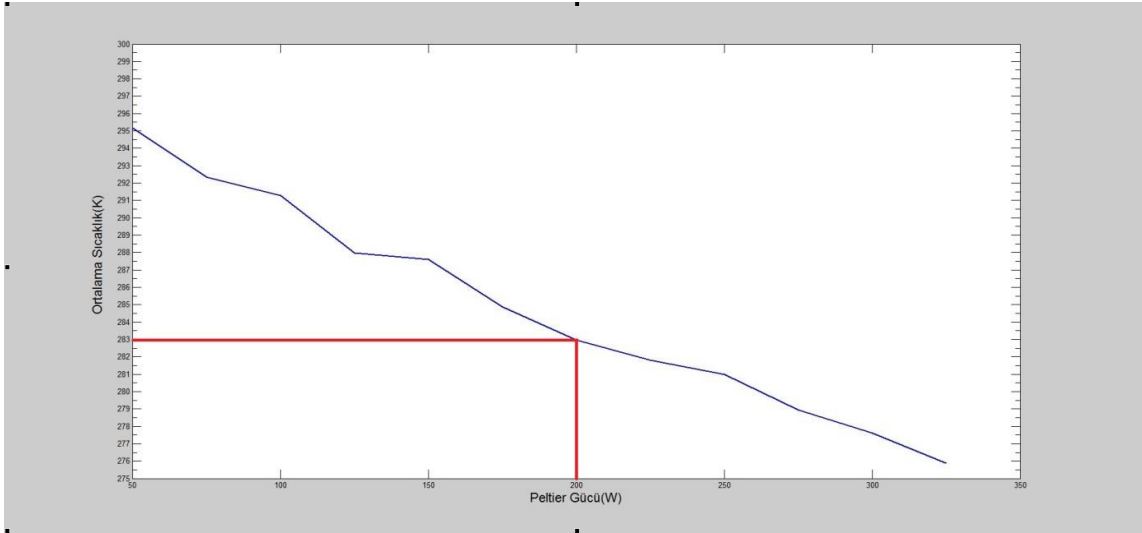
**ekil 4:** 200W Termoelektrik sistem gücü için analiz sonuçlar,.



ekil 5: Termoelektrik sistem konumu 100 mm ötelenmi analiz sonuçlar,.



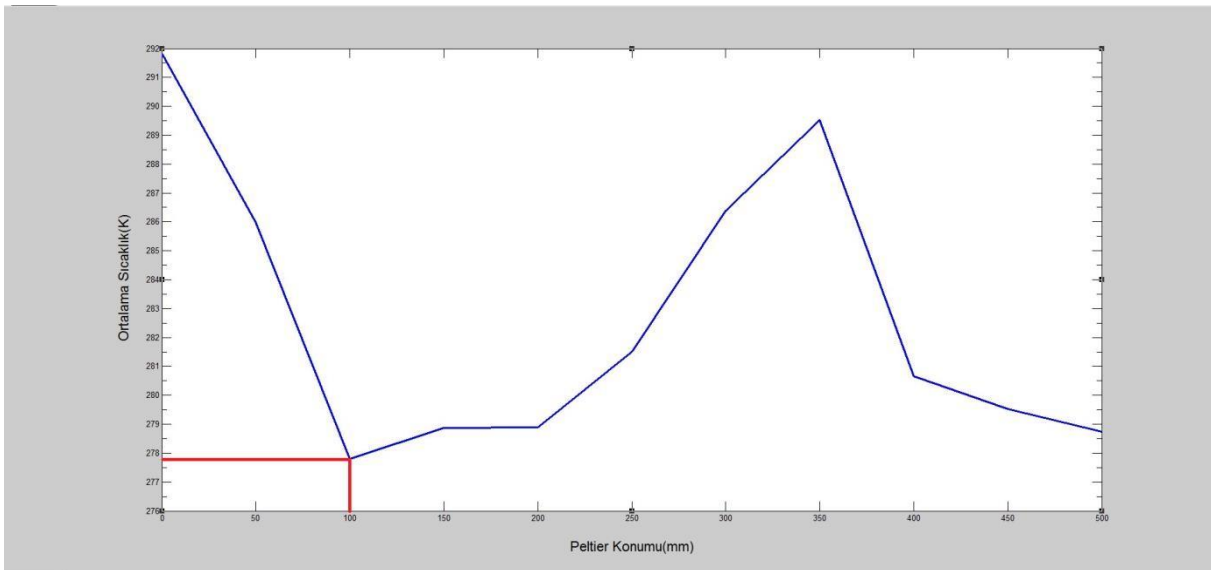
ekil 6: 400W rezistans gücü için analiz sonuçlar,



**ekil 7:** Termoelektrik sistem gücü de i ken olarak yap,lan analiz sonuçlar,.

Yap,lan analizler sonucunda termoelektrik sistem gücünün de i ken oldu u durumlarda yukar,daki grafikteki sonuçlar elde edilmi tir. En fazla

termoelektrik sistem gücünde 276K s,cakl, a kadar inilmi tir. stenilen de er (+4°C) için en ideal termoelektrik sistem gücü ise 200 W oldu u belirlenmi tir ( ekil 7).

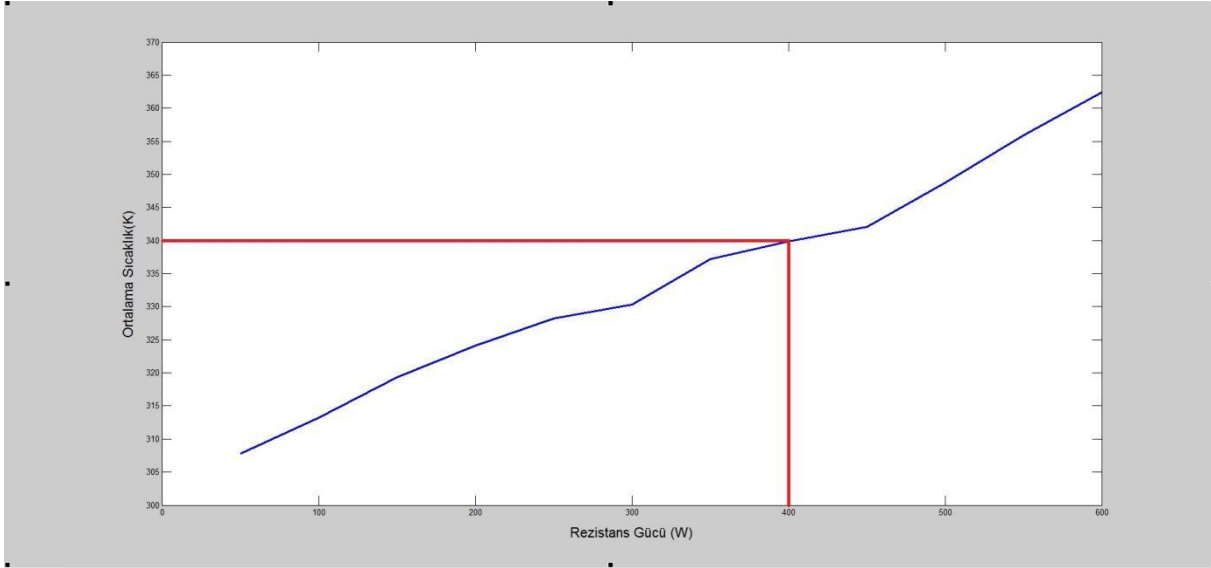


**ekil 8:** Termoelektrik sistem konumunun de i ken oldu u durumda analiz sonuçlar,.

S,cakl,k da ,l,m,n, ve sabit termoelektrik gücünde en ideal termoelektrik modül konumunu bulmak için yap,lan analizler sonucu ekil 8de verilmi tir. Termoelektrik sistem kapak üst çizgisinden a a ,ya

do ru ötelendikçe ortalama s,cakl,k azalmaktad,r. Fakat 100 mm ötelemeden sonra ortalama s,cakl,k tekrar yükseltmektedir. Bunun sebebi ise kabin içindeki havan,n türbülans,d,r.





**ekil 9:** Rezistans gücünün de i ken oldu u durumda analiz sonuçlar,.

Sıcak tarafta  $+65^{\circ}\text{C}$  ye ulaşmak için en uygun rezistans gücünü bulmak için yapılan analizlerin sonuçları, ekil 9'da verilmiştir. Rezistans gücü arttıkça kabin içi ortalama sıcaklık, artmaktadır.

istenen sıcaklık değeri için en uygun rezistans gücü 400 W olarak belirlenmiştir.

Ülkemizde ilk kez endüstriyel mutfak alanında yerli olarak hem üretilen hem de kullanılacak olan zaman,

sağlayan yemek tabakası modülünün mobil prototipi elde edilmiştir.

## 6. TE EKKÜRLER

Bu çalışmada, 1501 TÜB TAK-TEYDEB Sanayi Araştırma Teknoloji Geliştirme ve Yenilik Projeleri Destekleme Programı'nda ÖZ Zamanlı, İstihdam ve Sosyal Sorunların Yenilikçi Endüstriyel Banket Arabası, Tasarım ve Prototip Üretimi, ÖZBANK ve 3150505 numaralı proje kapsamında yürütülmüştür. Bu proje çalışmasının yürütülmesi konusunda desteklerinden dolayı, TÜB TAK Üstün, İstihdam, Savunma, Enerji ve Tekstil Teknolojileri Grubu'na (USETEG) teşekkür ederiz.

## KAYNAKLAR

1. A review of thermoelectric cooling: Materials, modeling and applications, Applied Thermal Engineering, Volume 66, Issues 162, May 2014, Pages 15-24, Dongliang Zhao, Gang Tan.
2. Computational model for refrigerators based on Peltier effect application, Applied Thermal Engineering, Volume 25, Issues 17618, December 2005, Pages 3149-3162, D. Astrain, J.G. Vián, J. Albizua.

3. **Experimental evaluation of prototype thermoelectric domestic-refrigerators**, Applied Energy, Volume 83, Issue 2, February 2006, Pages 133-152, Gao Min, D.M. Rowe.
4. **A review of thermoelectrics research ó Recent developments and potentials for sustainable and renewable energy applications**, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 32, April 2014, Pages 486-503, X.F. Zheng, C.X. Liu, Y.Y. Yan, Q. Wang.
5. **Thermoelectrics: a review of present and potential applications**, Applied Thermal Engineering, Volume 23, Issue 8, June 2003, Pages 913-935, S.B Riffat, Xiaoli Ma.
6. Characterization of a thermoelectric cooler based thermal management system under different operating conditions, Applied Thermal Engineering, Volume 50, Issue 1, 10 January 2013, Pages 652-659, M.K. Russell, D. Ewing, C.Y. Ching.
7. Methodology on sizing and selecting thermoelectric cooler from different TEC manufacturers in cooling system design, Energy Conversion and Management, Volume 49, Issue 6, June 2008, Pages 1715-1723, F.L. Tan, S.C. Fok.
8. Thermodynamic comparison of Peltier, Stirling, and vapor compression portable coolers, Applied Energy, Volume 91, Issue 1, March 2012, Pages 51-58, Christian J.L. Hermes, Jader R. Barbosa Jr.
9. **Geometric effect on cooling power and performance of an integrated thermoelectric generation-cooling system**, Energy Conversion and Management, Volume 87, November 2014, Pages 566-575, Wei-Hsin Chen, Chien-Chang Wang, Chen-I Hung.

10. Thermoelectric generators: Linking material properties and systems engineering for waste heat recovery applications, Sustainable Materials and Technologies, Volumes 162, December 2014, Pages 26-35, Saniya LeBlanc.
11. **Study and Fabrication of Thermoelectric Air Cooling and Heating System**, International Journal of Engineering Inventions, Volume 4, Issue 2, 2014, Pages 20-30, N. B. Totala1, V. P. Desai, Rahul K. N. Singh, Debarshi

- Gangopadhyay, Mohd. Salman Mohd. Yaqub, Nikhil Sharad Jane.
12. **The State of the Art on Thermoelectric Devices in Japan, Materials Today: Proceedings**, Volume 2, Issue 2, 2015, Pages 877-885, Yoshikazu Shinohara.