

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

**YERALTINDA ISI ENERJİ DEPOLAMADA JEOLojİK PARAMETRELERİN
ARAŞTIRILMASI: İSTANBUL-ATAŞEHİR ÖRNEĞİ**

Ayşegül Emine ÇETİN

JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**Ankara
2020**

Her hakkı saklıdır

ÖZET

Doktora Tezi

YERALTINDA ISI ENERJİ DEPOLAMADA JEOLJİK PARAMETRELERİN ARAŞTIRILMASI: İSTANBUL-ATAŞEHİR ÖRNEĞİ

Ayşegül Emine ÇETİN

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Yusuf Kağan KADIOĞLU

İstanbul ve Ankara illerinin kapalı sistem kuyular ile ısı enerjisi depolama potansiyellerinin ortaya çıkarılması için il alanları içinde yüzeyleyen kayaların termal iletkenlikleri, yoğunlukları ve su içerikleri ile bozulmamış yer sıcaklıkları araştırılmıştır. İstanbul bölgesinde İller Bankası Ataşehir binası yer kaynaklı ısı pompası sistemi için gerçekleştirilen Toprak Isıl Duyarlılık Testi gerçekleştirilmiştir. Bu veriler kullanılarak İstanbul ve Ankara bölgelerinde 100 m derinlikte açılacak bir kuyu ısı değiştiricisinden sadece ısıtma ve soğutma için minimum sürdürülebilir ısı değişim potansiyeli hesaplanmıştır. Metakumtaşı ve kilaşları yapılaşmanın yoğun olduğu alanlarda yer almakta ve termal iletkenlikleri 1,038 ile 5,047 W/mK arasında değişmektedir. Tek bir kuyu ısı değiştiricisinden 10,2 MWh/yıl ısı değişim potansiyeline sahiptir. En yüksek termal iletkenlikler İstanbul bölgesinde Aydos Formasyonu'nu oluşturan kuvarsit kayalarında 5,252 W/mK elde edilmiş olup en yüksek 31,88 MWh/yıl ısı değişim potansiyeline sahiptir. Ankara bölgesinde gabbro, mermer, kireçtaşı türü kayalarda 2,8 W/mK'e kadar yüksek değerler elde edilmiştir. Bu tür kayalar 7,7- 9,1 MWh/yıl ısı değişim potansiyeline sahiptir. Sistem tasarımında önemli rol oynayan kaya termal iletkenlikleri magmatik, kumtaşı, kireçtaşı ve metamorfik kayalarda ölçülerek kaya petrografik özellikler ile birlikte incelenmiştir. Magmatik kayaların fenokristal içeriği, boyutları ve kuvars içeriği ile termal iletkenlik doğru orantılıdır. Kumtaşlarında ara madde destekli dokudan tane destekli dokuya doğru termal iletkenlik artmaktadır. Kireçtaşlarında ara maddeyi oluşturan mikrit, spar ve kil oranı termal iletkenliği belirlemektedir. Mikrit ve kil içeriği arttıkça termal iletkenlik değerleri düşmektedir. Kireçtaşı içerisindeki spar kalsit ve silis içeriği, bioklastların birbiri ile temas yüzeyi arttıkça termal iletkenlik değeri yükseldiği belirlenmiştir. Metamorfik kayalarda tane boyutları ve metamorfizma derecesi arttıkça termal iletkenlik artmaktadır.

Aralık 2020, 310 sayfa

Anahtar Kelimeler: Yeraltında Isı Enerjisi Depolama, Yer Kaynaklı Isı Pompası, Kaya Termal İletkenlik

ABSTRACT

Ph.D. Thesis

INVESTIGATION OF GEOLOGICAL PARAMETERS AFFECTING ON UNDERGROUND THERMAL HEAT STORAGE: CASE STUDY OF ISTANBUL-ATASEHIR

Ayşegül Emine ÇETİN

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Geological Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Yusuf Kağan KADIOĞLU

In order to reveal the Borehole Thermal Energy Storage potentials of Istanbul and Ankara provinces with closed system wells, thermal conductivity, density, water content of rocks and undisturbed ground temperatures in the provincial areas were investigated. Thermal Response Test was carried out for the ground source heat pump system of the İller Bankası Ataşehir building in the Istanbul region. Using these data, the minimum heat exchange potential to be obtained from a well heat exchanger to be drilled at a depth of 100 m in Istanbul and Ankara regions was calculated. Metasandstones and claystones are located in areas where existing dense residence and their thermal conductivity varies between 1,038 and 5,047 W / mK. It has a heat exchange potential of 10.2 MWh / year from a single well heat exchanger. The highest thermal conductivities were obtained in the quartzite rocks forming the Aydos Formation in the Istanbul region of 5,252 W / mK and it has the highest heat exchange potential of 31,88 MWh / year. In the Ankara region, high values up to 2.8 W / mK have been obtained in rocks such as gabbro, marble, limestone. Such rocks have a heat exchange potential of 7.7- 9.1 MWh / year. Rock thermal conductivities, which play an important role in system design, were measured in igneous, sandstone, limestone and metamorphic rocks, and the rock was studied together with petrographic features. The phenocrystal content, dimensions and quartz content of igneous rocks are in direct proportion to thermal conductivity. In sandstones, the thermal conductivity increases from the intermediate material supported tissue to the grain supported tissue. The ratio of micrite, spar and clay forming the intermediate material in limestone determines the thermal conductivity. The higher the micrite and clay content, the lower the thermal conductivity values. It has been determined that the spar calcite and silica content in the limestone, the higher the contact surface of the bioclasts with each other, the higher the thermal conductivity value. In metamorphic rocks, thermal conductivity increases with increasing grain size and degree of metamorphism.

December 2020, 310 pages

Key words: Underground Heat Energy Storage, Ground Source Heat Pump, Thermal Conductivity of rocks

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Danışman hocam sayın Prof. Dr. Yusuf Kağan KADIOĞLU'na Çalışmalarımı yönlendiren, araştırmalarımın her aşamasında bilgi, öneri ve yardımlarını esirgemeyerek akademik ortamda olduğu kadar beşeri ilişkilerde de engin fikirleriyle yetişme ve gelişmeye katkıda bulunduğu için teşekkür ederim.

Sayın Prof. Dr. Halime ÖMÜR PAKSOY'a yeraltında ısı enerjisi depolama konusundaki uluslararası gelişmelerin izlenmesinde ve ülkemiz yararına kullanılmasında, akademik çalışmalarında her zaman yönlendirici ve destekleyici olduğu için çok teşekkür ederim. Sayın Prof. Halim MUTLU'ya akademik yönlendirmeleri ve destekleri için teşekkür ederim.

Tez çalışmam boyunca gerek laboratuvar gerek arazi çalışmalarında maddi manevi desteklerini esirgemeyen ve tüm yaşamım boyunca kendimi bir parçası hissettiğim Ankara Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama Enstitüsü'ne çok teşekkür ediyorum.

Kumtaşları ve kireçtaşları petrografik incelemelerde Prof. Dr. İsmail İŞİNTEK'e destekleri için, metamorfik kayalardaki petrografik incelemelerdeki destekleri için Doç.Dr. Ersin KORALAY'a teşekkür ederim.

Olof ANDERSSON ve Signhild GEHLİN'e yer kaynaklı ısı pompası ve yeraltında ısı enerjisi depolama konusundaki hesaplamalarda bilgi, deneyim paylaşımları ve yönlendirmeleri için çok teşekkür ederim.

Arazi çalışmalarımın en önemli bölümünü oluşturan termal iletkenlik ölçümlerinin en zahmetli bölümü olan kayaların delinmesi aşamasında eğitim politikaları kapsamında arazi matkabı hediye eden BOSCH firmasına teşekkür ediyorum.

Kamuda çalışırken arazi çalışmalarım genellikle haftasonları ve tatil zamanlarımda gerçekleşti. Bu nedenle Ankara il alanındaki arazi çalışmalarında beni yalnız bırakmayarak hafta sonu tatillerini bana ayırdıkları ve sundukları katkılar için Ayla ÇELENK, Zehra Özgür CENGİZ, Gurur SEVİL, Ertuğ ÇELİK ve sevgili oğlum Denizhan ÇETİN'e gönülden teşekkürü bir borç bilirim. Doktora tez çalışmamın en zor bölümünü oluşturan İstanbul il alanındaki çalışmalarda gece gündüz desteğini esirgemeyen REFORM Natural Stone Engineering adına kardeşim Murathan DİNÇAY ve ekibine çok teşekkür ederim . Laboratuvar çalışmalarında yakın ilgi ve desteğini aldığım Kıymet DENİZ ve Ezgi ULUSOY'a, Prof. Dr. Muhittin GÖRMÜŞ ve Doç. Dr. Mustafa FENER'e çok teşekkür ederim. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü'nden İhsan BOZ'a en derin duygularıyla teşekkür ederim. Coğrafi Bilgi Sistemleri konusunda haftalarca yardımlarını esirgemeyen Sinem ÇETİNKAYA'ya, Ankara ili arazi çalışmalarım sırasında gece gündüz ve tüm tatil günlerinde birçok fedakarlıklar göstererek beni destekleyen, eşim ve anneme en derin duygularla teşekkür ederim.

Ayşegül Emine ÇETİN
Ankara, 2020

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAYI

ETİK.....	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
ÖZET.....	ii
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR.....	iv
SİMGELER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Motivasyon.....	1
1.2 Tezin Amacı	1
2. KURAMSAL TEMELLER	3
2.1 Kayaların Genel Özellikleri.....	3
2.1.1 Magmatik kayalar	3
2.1.2 Metamorfik kayalar	4
2.1.3 Sedimanter kayalar	4
2.2 Kayaların Termal Özellikleri.....	7
2.2.1 Kaya oluşturan minerallerin termal özellikleri	8
2.2.2 Magmatik ve metamorfik kayaların termal özellikleri.....	10
2.2.3 Sedimanter kayaların termal özellikleri.....	11
2.3 Termal İletkenlik Ölçümleri	13
2.3.1 Kararlı hal yöntemi.....	13
2.3.2 Kararsız hal yöntemi.....	14
2.3.3 Toprak Isıl Duyarlılık Testi.....	14
2.4 Sığ Jeotermal Sistemler	15
2.4.1 Yer kaynaklı ısı pompası sistemleri.....	16
2.4.2 Yeraltında ısı enerjisi depolama sistemleri	18
3. KAYNAK ÖZETLERİ.....	21
3.1 Uluslararası Çalışmalar	21
3.2 Ulusal Çalışmalar	27
4. YÖNTEM	30
4.1 Jeoloji Çalışmaları	31
4.1.1 Ankara bölgesi.....	32
4.1.2 İstanbul bölgesi.....	51

4.1.3 Kaya gruplarının belirlenmesi	57
4.2 Termal İletkenlik Katsayısı Ölçümü Çalışmaları	61
4.2.1 Korumalı ısı akışı yöntemi.....	61
4.2.2 Kararsız Sıcak Tel	63
4.2.3 Değiştirilmiş geçişli plaka yöntemi	64
4.2.4 Kararsız hal needle prob yöntemi.....	65
4.3 Bozulmamış Yer Sıcaklığı Ölçümü	67
4.4 Mineralojik-Petrografik Analiz	68
4.5 Yoğunluk Ölçümü	68
4.6 Su İçeriği Ölçümü	69
4.7 Kapalı sistem Yer Kaynaklı Isı Pompası Potansiyel Hesaplama	70
4.7.1 VDI-4640 yöntemi ile hesaplama	70
4.7.2 Curtis yöntemi ile hesaplama	72
4.7.3 Cassaso yöntemi ile hesaplama	73
5. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	76
5.1 Termal İletkenlik Ölçüm Sonuçları.....	76
5.1.1 İstanbul bölgesi kaya termal iletkenlik değerleri	76
5.1.2 Ankara bölgesi kaya termal iletkenlik değerleri	78
5.1.3 Laboratuvar örnekleri termal iletkenlik değerleri.....	80
5.2 Bozulmamış Yer Sıcaklığı Ölçümleri	81
6. KAPALI SİSTEM YER KAYNAKLI ISI POMPASI POTANSİYEL HESAPLAMA.....	85
6.1 Karşılaştırma Amaçlı Hesaplama.....	85
6.1.1 VDI4640 yöntemi.....	85
6.1.2 Curtis yöntemi	86
6.1.3 Cassaso Yöntemi.....	87
6.2 Güncel Isıtma-Soğutma Isı Değişim Potansiyeli Hesaplama-Cassaso	98
6.2.1 Güncel ısıtma sezonu ısı değişim potansiyeli	98
6.2.2 Güncel soğutma değişim potansiyeli.....	104
7. TARTIŞMA.....	110
7.1 Kaya Termal İletkenliği ile Su İçeriği ve Yoğunluk Arasındaki İlişkiler	110
7.1.1 Su içeriği.....	110
7.1.2 Yoğunluk.....	111
7.2 Kaya Termal İletkenlik ile Mineralojik-Petrografik Özellikler Arasındaki İlişkiler	112
7.2.1 Magmatik kayalar	112
7.2.1.1 Bazalt-Gabro-Serpantin kayaları.....	113
7.2.1.2 Andezit kayaları.....	120
7.2.1.3 Derinlik ve Damar kayaları.....	128

7.2.1.4 Piroklastik kayalar	138
7.2.2 Kumtaşları	141
7.2.3 Kireçtaşı-Evaporit kayaları.....	159
7.2.4 Metamorfik kayalar	173
7.3 Kapalı Sistem Yer Kaynaklı Isı Pompası Isı Değişim Potansiyeli Hesaplama.....	182
8. SONUÇ VE DEĞERLENDİRMELER.....	186
KAYNAKLAR	189
EKLER.....	197
EK 1 İS-MU-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu.....	197
EK 2-İS-AF- Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu.....	198
EK 3-İS-RV- Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	199
EK 4-İ63- Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	199
EK 5-İS23-KTG- Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	200
EK 6-İS10- Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	200
EK 7-20- Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	200
EK 8-20-X- Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu.....	201
EK 9-21- Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	202
EK 10-İS-11-CT- Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	203
EK 11-İS-JA- Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	203
EK 12-İS-KÇT- Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	204
EK 13-İ-AK- Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	204
EK 14-İS8-DP- Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu.....	205
EK 15-İS-X- Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	205
EK 16-14- Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	206
EK 17-İS-80- Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	207
EK 18-İ-32- Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	207
EK 19-İS-15- Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	208
EK 20-İ-31- Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	208
EK 21-İS-YASSIÖREN- Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu.....	209
EK 22-İS-28- Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	210
EK 23-İS7-OS Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	210
EK 24-İS-14 Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	211
EK 25-İS-KÖY- Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	211
EK 26-İS SON2- Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	212
EK 27-İS SON- Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	212
EK 28-İS-KÖY2- Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	212
EK 29-10-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	213

EK 30-19-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	214
EK 31-13-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	215
EK 32-İS-Y-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	216
EK 33-İ30-AT- Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu.....	217
EK 34-İ-18-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	217
EK 35-İS-43-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	218
EK 36-İS20-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	219
EK 37-İS-Z-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	220
EK 38-15-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	221
EK 39-İS2-SP-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	222
EK 40-İS-TS-HAM- Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	222
EK 41-İS9-DP- Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu.....	223
EK 42-İS-DE- Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	223
EK 43-İ34-1- Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	224
EK 44-İS-TS-İŞL- Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	224
EK 45-İ81- Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	225
EK 46-İS3-KTG- Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	225
EK 47-İS4-KTG- Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	225
EK 48-İS-6- Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu.....	226
EK 49-F37- Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu.....	226
EK 50-C6- Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	227
EK 51-Z5-1-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	227
EK 52-F33-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu.....	228
EK 53-B4-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	228
EK 54-H27-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu.....	229
EK 55-C5-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	229
EK 56-C2-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	230
EK 57-F39-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu.....	230
EK 58-C1-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	231
EK 59-F30- Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu.....	231
EK 60-H33- Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu.....	232
EK 61-F35- Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu.....	232
EK 62-F34-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu.....	233
EK 63-F28-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu.....	233
EK 64-H8-a Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu.....	234
EK 65-F38-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu.....	234
EK 66-C3-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	235

EK 67-C4-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	235
EK 68-F21-a-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	236
EK 69-F26-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu.....	236
EK 70-F11-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu.....	237
EK 71-Z22-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	237
EK 72-Z23-1-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	238
EK 73-H8-b Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu.....	239
EK 74-H28-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu.....	239
EK 75-Z13-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	240
EK 76-F29-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu.....	241
EK 77-G3-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu.....	241
EK 78-G3-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu.....	242
EK 79-Z5-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	243
EK 80-H32-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu.....	243
EK 81-L3-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	244
EK 82-F21-b Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	244
EK 83-L2-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	245
EK 84-O6-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu.....	245
EK 85-F41-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu.....	246
EK 86-L1-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	246
EK 87-Z13-2-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	247
EK 88-F36-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu.....	248
EK 89-OF1-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	248
EK 90-OF2-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	248
EK 91-S10-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu.....	249
EK 92-O7-1-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu.....	249
EK 93-O10-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu.....	250
EK 94-S8-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu.....	250
EK 95-S6-2-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	251
EK 96-O5-2-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu.....	251
EK 97-S7-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu.....	252
EK 98-S13-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu.....	252
EK 99-Z6-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	253
EK 100-S2-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu.....	253
EK 101-L9-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	254
EK 102-J1-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	254
EK 103-O4-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu.....	255

EK 104-H14-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	256
EK 105-O2-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	256
EK 106-C7-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	257
EK 107-Z5-2-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	257
EK 108-O7-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	258
EK 109-Z6-2-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	258
EK 110-F4-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	259
EK 111-ZO2-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	259
EK 112-Z8-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	260
EK 113-H35-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	260
EK 114-HY-2-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	261
EK 115-O5-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	261
EK 116-O1-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	262
EK 117-O8-1-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	262
EK 118-Z15-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	263
EK 119-Z19-1-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	264
EK 120-H34-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	265
EK 121-H13-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	265
EK 122-L6-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	266
EK 123-HY5-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	266
EK 124-O8-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	267
EK 125-H31-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	267
EK 126-Z11-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	268
EK 127-ZO3-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	268
EK 128-O9-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	269
EK 129-HY4-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	269
EK 130-HY3-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	269
EK 131-KZ-1-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	270
EK 132-12-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	270
EK 133-14-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	271
EK 134-Y1-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	272
EK 135-Ka-2-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	272
EK 136-Y6-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	273
EK 137-Y8-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	273
EK 138-S11-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	274
EK 139-Ka-1-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	274
EK 140-Y7-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	275

EK 141-S5-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	275
EK 142-GR2-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	276
EK 143-Y5-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	276
EK 144-GR-4-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu.....	276
EK 145-İGN1-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	277
EK 146-GB1-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	277
EK 147-GR-1-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu.....	277
EK 148-TR-1-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	277
EK 149-Y2-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	278
EK 150-M1-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	278
EK 151-M2-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	278
EK 152-MR5-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	279
EK 153-MR6-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	279
EK 154-MR7-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	279
EK 155-M3-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu	279
EK 156-Y3-b-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu.....	280
EK 157-Ankara İli Kaya Termal İletkenlikleri Haritası.....	281
EK 158-İstanbul İli Kaya Termal İletkenlikleri Haritası.....	282
EK 159-Ankara İli Karşılaştırmalı Isı Değişim Potansiyeli Haritaları	283
EK 160-İstanbul İli Karşılaştırmalı Isı Değişim Potansiyeli Haritaları	284
EK 161-Ankara İli Güncel Isıtma ve Soğutma Sezonu Isı Değişimi Potansiyel Haritaları	285
EK 162-İstanbul İli Güncel Isıtma ve Soğutma Sezonu Isı Değişimi Potansiyel Haritaları	286
EK 163-Ankara İli Jeoloji Haritası.....	287
EK 164-İstanbul İli Jeoloji Haritası	288
ÖZGEÇMİŞ.....	289

SİMGELER DİZİNİ

Nox	Azotoksit
CO ₂	Karbondioksit
cm	Santimetre
Cu	Bakır
°C	Santigrat
e	Efüzite
Fe	Demir
gr	Gram
K	Kelvin sıcaklık
W	Watt
kW	Kilowat
kg	Kilogram
ln	Logaritmik
L	Malzeme Kalınlığı
Lst	Standart Malzemenin Kalınlığı
m	Metre
mm	Milimetre
MPa	Megapaskal
MWh/y	Megawattsaat/yıl
q	Isı Akısı
Q	Isı Miktarı
Rs	Kaya örneği ısı direnci
Rb	Kuyu ısı direnci
rb	Kuyu yarıçapı
Rint	Arayüz ısı direnci
SO ₂	Kükürtdioksit
T	Sıcaklık
Tf	U boru içindeki akışkan sıcaklığı
Tm	Alt plaka yüzey sıcaklığı
To	Bozulmamış yer sıcaklığı
Tu	Üst plaka yüzey sıcaklığı
λ	Termal İletkenlik Katsayısı
λ _{eff}	Efektif Termal İletkenlik Katsayısı
γ	Euler Sabiti
λ _{st} :	Standart Malzemenin Termal iletkenlik Katsayısı
ΔT	Malzeme Üzerindeki Sıcaklık Farklılığı
ρ	Yoğunluk

Kısaltmalar

AIED	Akiferde Isı Enerjisi Depolama
ASKİ	Ankara Su Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü
AÜ	Ankara Üniversitesi
BIED	Boşluk, Çukur ve Tank Isı Enerjisi Depolama
CFC	Kloroflorokarbon
DSİ	Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
d	Kaya örnek kalınlığı
F	Isı akımı dönüştürücü kalibrasyon faktörü
ıp	Isı Pompası
İYTE	İzmir İleri teknoloji Enstitüsü

İBABB	İller Bankası Ataşehir Bölge Müdürlüğü Binası
GPOT	Jeotermal Potansiyel hesaplama
K	Katsayı
KÇÜ	Katip Çelebi Üniversitesi
KID	Kuyu Isı Değiştiricisi
KIED	Kuyularda Isı Enerjisi Depolama
MTA	Maden Tetkik Araştırma Genel Müdürlüğü
Sİ	Su içeriği
TIDT	Toprak Isıl Duyarlılık Testi
YKIP	Yer Kaynaklı Isı Pompası
YIED	Yeraltında Isı Enerjisi Depolama
YEBİM	Yerbilimleri Uygulama Merkezi
XRF	X ışını Floresans Spektrometresi



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1 Referans simge listesi.....	8
Çizelge 2.2 Magmatik kayalarda gözlenen tipik mineraller ve termal özellikleri.....	8
Çizelge 2.3 Sedimanter kayalarda gözlenen tipik mineraller ve termal özellikleri.....	9
Çizelge 2.4 Metamorfik kayalarda gözlenen tipik mineraller ve termal özellikleri.....	10
Çizelge 2.5 Cevherli kayalarda gözlenen tipik mineraller ve termal özellikleri.....	10
Çizelge 2.6 Magmatik ve Metamorfik Kayaların termal özellikleri.....	11
Çizelge 2.7 Sedimanter kayaların termal özellikleri (kuru 20 °C, 1-24 MPa basınç).....	12
Çizelge 4.1 Yapılan analizler ve kullanılan cihazlara ait özellikler.....	31
Çizelge 4.2 Ankara il alanı 1/100.000 ölçekli jeoloji haritası pafta numaraları.....	32
Çizelge 4.3 Ankara bölgesinde yüzeylenen egemen kaya grupları.....	57
Çizelge 4.4 İstanbul bölgesinde yüzeylenen egemen kaya grupları.....	59
Çizelge 4.5 Termal iletkenlik ölçüm yöntemleri.....	61
Çizelge 4.6 Kaya yoğunlukları ve ısı kapasiteleri.....	69
Çizelge 4.7 Hesaplama yöntemleri ve kabul edilen sınır değerleri.....	70
Çizelge 4.8 VDI 4640 düşey kuyu ısı değiştiricileri özgül ısı çekimi çizelgesi.....	71
Çizelge 5.1 İstanbul bölgesinden derlenen kaya türlerine ait termal iletkenlik, yoğunluk, su içeriklerini gösterir çizelge.....	77
Çizelge 5.2 Ankara bölgesinden derlenen kaya türlerine ait termal iletkenlik, yoğunluk ve su içeriklerini gösterir çizelge.....	79
Çizelge 5.3 Laboratuvar örnekleri termal iletkenlik, yoğunluk ve su içerik değerleri.....	81
Çizelge 5.4 Bozulmamış yer sıcaklığı ölçümü yapılan kuyulara ait özellikler.....	83
Çizelge 6.1 Hesaplamada kullanılan yöntemler arasındaki farklılıklar.....	86
Çizelge 6.2 İstanbul İli VDI4640, 2001; Curtis vd., 2013 ve Cassaso, 2016 ya göre kaya türlerine göre 100 m derinliğinde kapalı sistem kuyu ısı değiştiricisinden 1800 ve 2400 saatlik ısıtma amaçlı kullanımda yıllık elde edilebilecek ısı değişim miktarları.....	88
Çizelge 6.3 Ankara bölgesi VDI4640, 2001; Curtis vd., 2013 ve Cassaso, 2016 ya göre kaya türlerine göre 100 m derinliğinde kapalı sistem kuyu ısı değiştiricisinden 1800 ve 2400 saatlik ısıtma amaçlı kullanımda yıllık elde edilebilecek ısı değişim miktarları.....	93
Çizelge 6.4 Ankara bölgesi güncel ısıtma süresi 123 gün-Cassaso yöntemi ısı değişim potansiyeli hesaplama sonuçları.....	99
Çizelge 6.5 İstanbul bölgesi güncel ısıtma süresi 183 gün-Cassaso yöntemi ısı değişim potansiyeli hesaplama sonuçları.....	102
Çizelge 6.6 Ankara bölgesi güncel soğutma sezonu ısı değişim potansiyeli.....	104
Çizelge 6.7 İstanbul bölgesi soğutma ısı değişim potansiyeli.....	107
Çizelge 7.1 Bazalt -Gabro-Serpantin Grubu petrografik özellikler ve termal iletkenlik tablosu..	115
Çizelge 7.2 Andezit grubu petrografik özellikler ve termal iletkenlik tablosu.....	122
Çizelge 7.3 Damar ve derinlik kaya petrografik özellikler ve termal iletkenlik tablosu.....	132
Çizelge 7.4 Piroklastik kayalara ait petrografik özellikler ve termal iletkenlik tablosu.....	138
Çizelge 7.5 Kumtaşı kaya grubu petrografik özellikler ve termal iletkenlik tablosu.....	144
Çizelge 7.6 Kireçtaşı kaya grubu petrografik özellikler ve termal iletkenlik tablosu.....	161
Çizelge 7.7 Metamorfik kayalar termal iletkenlik-petrografik özellikler.....	176

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Magmatik kayaların hacimsel yüzde mineralojik sınıflaması	4
Şekil 2.2 Kırıntılı kayaların boyutlarına göre sınıflaması	5
Şekil 2.3 Kırıntılı kayaların bileşim yüzdelere göre sınıflandırılması	5
Şekil 2.4 Kireçtaşlarının bileşimsel Folk 1959 sınıflaması	6
Şekil 2.5 Kireçtaşlarının doku sınıflaması	6
Şekil 2.6 Toprak Isıl Duraylılık Testi uygulamasını gösterir şematik gösterim.....	15
Şekil 2.7 Bozulmamış yer sıcaklığı şematik gösterim.....	16
Şekil 2.8 Açık sistemler	17
Şekil 2.9 Kapalı sistem ısı değiştiricileri uygulamaları şematik görünüm.	18
Şekil 2.10 Kapalı sistem-düşey ısı değiştiricisi şematik görünüm.	18
Şekil 2.11 Yeraltında Isı Enerjisi Depolama Yöntemleri.....	20
Şekil 4.1 Çalışma alanlarının konumunu gösterir coğrafik harita	32
Şekil 4.2 Ankara bölgesi genelleştirilmiş stratigrafi istifi	33
Şekil 4.3 İstanbul bölgesi stratigrafik istif.....	52
Şekil 4.4 Unitherm 2022 cihazı ve işletim yöntemine ait genel görünüm	62
Şekil 4.5 MTA termal iletkenlik ölçümü numune görünümü	63
Şekil 4.6 QTM-500 cihazına ait genel görünüm	63
Şekil 4.7 QTM-500 cihazı ısı iletkenlik katsayısı ölçüm grafiği.....	64
Şekil 4.8 C-Therm TCİ cihaz genel görünüm.	65
Şekil 4.9 Hukseflux FTN01 ölçüm cihazı	66
Şekil 4.10 Hukseflux FTN01 ölçüm grafiği	67
Şekil 4.11 Solinst TLC meter cihazı genel görünüm.....	67
Şekil 4.12 Yoğunluk ölçüm cihazına ait genel görünüm.	68
Şekil 4.13 1800 saat kullanım- düşey ısı değiştiricisi ile çekilebilecek maksimum ısı enerjisi	72
Şekil 4.14 2400 saat kullanım-düşey ısı değiştiricisi ile çekilebilecek maksimum ısı enerjisi	73
Şekil 5.1 İller Bankası Ataşehir Bölge Binası Kuyu ısı değiştiricileri genel yerleşim şeması	82
Şekil 5.2 Toprak Isıl Duyarlılık Testi genel görünümü.....	82
Şekil 5.3 İBABB Toprak Isı Duyarlılık Testi bozulmamış yer sıcaklık ölçüm grafiği	83
Şekil 5.4 Çayraz-Haymana-ASKİ kuyusu sıcaklık derinlik değişim grafiği.....	84
Şekil 5.5 Koparan-Gölbaşı-ASKİ kuyusu sıcaklık derinlik değişim grafiği	84
Şekil 7.1 Araziden alınan örneklerin su içeriği-termal iletkenlik dağılım grafiği	110
Şekil 7.2 Magmatik- kayalar termal iletkenlik-yoğunluk değişim grafiği	111
Şekil 7.3 Kireçtaşları termal iletkenlik-yoğunluk değişim grafiği	111
Şekil 7.4 Sedimanter kayalar termal iletkenlik-yoğunluk değişim grafiği	112
Şekil 7.5 Bazalt-Gabro-Serpantinit kayaları matriks-termal iletkenlik değişim grafiği	113
Şekil 7.6 Z5-1 nolu Skorya Bazalt örneği mikrofotografı	114
Şekil 7.7 F39 Andezitik Bazalt örneği mikrofotografı	114
Şekil 7.8 F30 Bazalt örneği mikrofotografı	114
Şekil 7.9 H33 Andezitik Bazalt örneği mikrofotografı	117
Şekil 7.10 H8-a Andezitik Bazalt örneği mikrofotografı	117
Şekil 7.11 F11 Trakitik Bazalt mikrofotografı	117
Şekil 7.12 Z5 Alkalın Bazalt örneği mikrofotografı	118
Şekil 7.13 L2 Bazalt örneği mikrofotografı	118
Şekil 7.14 IS-RV no'lu Bazalt örneği mikrofotografı	118
Şekil 7.15 İS23-KTG Karbonatlaşmış bazalt örneği mikrofotografı	119
Şekil 7.16 Gb-1 no'lu Gabro örneği mikrofotografı	119
Şekil 7.17 H8-b no'lu Serpantinit örneği mikrofotografı	119
Şekil 7.18 OF2 no'lu Serpantinit örneği mikrofotografı	120

Şekil 7.19 OF1 no'lu Serpantinit örneği mikrofotografı	120
Şekil 7.20 Andezit grubu matriks ve termal iletkenlik değişim grafiği.....	121
Şekil 7.21 H27 no'lu Andezit örneği mikrofotografı	121
Şekil 7.22 C5 no'lu Andezit örneği mikrofotografı	124
Şekil 7.23 F35 no'lu Andezit örneği mikrofotografı	124
Şekil 7.24 F34 no'lu Andezit örneği mikrofotografı	124
Şekil 7.25 F28 no'lu Andezit örneği mikrofotografı	125
Şekil 7.26 Ka-2 no'lu Andezit örneği mikrofotografı	125
Şekil 7.27 C4 no'lu Andezit örneği mikrofotografı	125
Şekil 7.28 F26 no'lu Andezit örneği mikrofotografı	126
Şekil 7.29 Z22 no'lu Andezit örneği mikrofotografı	126
Şekil 7.30 Y8 no'lu Andezit örneği mikrofotografı	126
Şekil 7.31 F29 no'lu Andezit örneği mikrofotografı	127
Şekil 7.32 Ka-1 no'lu Andezit örneği mikrofotografı	127
Şekil 7.33 H32 no'lu Andezit örneği mikrofotografı	127
Şekil 7.34 L1 no'lu Andezit örneği mikrofotografı	128
Şekil 7.35 Z13-2 no'lu Andezit örneği mikrofotografı	128
Şekil 7.36 20 no'lu Andezit örneği mikrofotografı	128
Şekil 7.37 Derinlik-damar kayaları kuvars-bozunma yüzdesi-termal iletkenlik değişim grafiği.....	129
Şekil 7.38 IS-MU no'lu ayrıışmış granit kaya örneğinin mikrofotografı	131
Şekil 7.39 C2 no'lu Dasit kaya örneğinin mikrofotografı	131
Şekil 7.40 C1 no'lu Riyodasit kaya örneğinin mikrofotografı	131
Şekil 7.41 F38 no'lu Dasit kaya örneğinin mikrofotografı	134
Şekil 7.42 Y6 no'lu Trakit kaya örneğinin mikrofotografı	134
Şekil 7.43 Y7 no'lu Siyenit kaya örneğinin mikrofotografı	134
Şekil 7.44 O6 no'lu Monzonit kaya örneğinin mikrofotografı	135
Şekil 7.45 F41 no'lu Granit porfir kaya örneğinin mikrofotografı	135
Şekil 7.46 İ63 no'lu Metariyolit kaya örneğinin mikrofotografı	135
Şekil 7.47 S5 no'lu Siyenogranit kaya örneğinin mikrofotografı	136
Şekil 7.48 gr2 no'lu Granodiyorit kaya örneğinin mikrofotografı	136
Şekil 7.49 Y5 no'lu metagranit kaya örneğinin mikrofotografı	136
Şekil 7.50 gr4 no'lu metagranit kaya örneğinin mikrofotografı	137
Şekil 7.51 gb1 no'lu gabro kaya örneğinin mikrofotografı	137
Şekil 7.52 IS-10 no'lu alkali granit kaya örneğinin mikrofotografı	137
Şekil 7.53 gr1 no'lu metagranit kaya örneğinin mikrofotografı	138
Şekil 7.54 Piroklastik kayalara ait matriks-termal iletkenlik değişimi grafiği	139
Şekil 7.55 F37 no'lu Obsidiyen kaya örneğinin mikrofotografı	139
Şekil 7.56 C6 no'lu Litik tuf kaya örneğinin mikrofotografı	140
Şekil 7.57 İS-AF no'lu piroklastik kaya örneğinin mikrofotografı	140
Şekil 7.58 21 no'lu piroklastik kaya örneğinin mikrofotografı	140
Şekil 7.59 İGN-1 no'lu ignimbrit kaya örneğinin mikrofotografı	141
Şekil 7.60 O5 no'lu kumtaşı örneğine ait mikrofotografı	142
Şekil 7.61 is-y no'lu kumtaşı örneğine ait mikrofotografı	142
Şekil 7.62 i30 a-t no'lu kumtaşı örneğine ait mikrofotografı	142
Şekil 7.63 Y3-b no'lu kumtaşı örneğine ait mikrofotografı	143
Şekil 7.64 İs-18 nolu Litarenit örneğine ait mikrofotografı	143
Şekil 7.65 İs-43 no'lu Kuvarşca zengin feldspatik vake örneğine ait mikrofotografı	149
Şekil 7.66 İ-20 no'lu Literanit örneğine ait mikrofotografı	149
Şekil 7.67 is-z no'lu Literanit-Subarkoz örneğine ait mikrofotografı	149
Şekil 7.68 12 no'lu Kalkarenit örneğine ait mikrofotografı	150

Şekil 7.69 Z15 nolu Filarenit örneğine ait mikrofotografi	150
Şekil 7.70 İs 2 sp no'lu Filarenit örneğine ait mikrofotografi	150
Şekil 7.71 Z19-1 no'lu Metakonglomera örneğine ait mikrofotografi	151
Şekil 7.72 13 no'lu Litarenit örneğine ait mikrofotografi	151
Şekil 7.73 H34 no'lu arenit örneğine ait mikrofotografi	151
Şekil 7.74 19 no'lu Litarenit örneğine ait mikrofotografi	152
Şekil 7.75 H13 no'lu arenit örneğine ait mikrofotografi	152
Şekil 7.76 L6 no'lu Litarenit-ince kumtaşı örneğine ait mikrofotografi	152
Şekil 7.77 is-ts ham no'lu Kuvars silttaşı örneğine ait mikrofotografi	153
Şekil 7.78 is-9-dp ham no'lu Litarenit örneğine ait mikrofotografi	153
Şekil 7.79 is-de no'lu Filarenit örneğine ait mikrofotografi	153
Şekil 7.80 HY5 no'lu Volkanik arenit örneğine ait mikrofotografi	154
Şekil 7.81 İ34-1 no'lu Silttaşı örneğine ait mikrofotografi	154
Şekil 7.82 O8 no'lu Litarenit örneğine ait mikrofotografi	154
Şekil 7.83 H31 no'lu Litarenit-ince kumtaşı örneğine ait mikrofotografi	155
Şekil 7.84 Z11 no'lu Litarenit-ince kumtaşı örneğine ait mikrofotografi	155
Şekil 7.85 ZO3 no'lu Silttaşı örneğine ait mikrofotografi	155
Şekil 7.86 is-ts-işl no'lu Kuvars silttaşı işlenmiş örneğine ait mikrofotografi	156
Şekil 7.87 O9 no'lu Litarenit örneğine ait mikrofotografi	156
Şekil 7.88 HY4 no'lu Litarenit örneğine ait mikrofotografi	156
Şekil 7.89 HY3 no'lu Litarenit örneğine ait mikrofotografi	157
Şekil 7.90 Kz1 no'lu Litarenit örneğine ait mikrofotografi	157
Şekil 7.91 İ81 no'lu Litarenit örneğine ait mikrofotografi	157
Şekil 7.92 İs3-Ktg no'lu Kuvarsarenit örneğine ait mikrofotografi	158
Şekil 7.93 İs4-Ktg no'lu Kuvarsarenit örneğine ait mikrofotografi	158
Şekil 7.94 İs6 no'lu Subarkoz örneğine ait mikrofotografi	158
Şekil 7.95 O4 no'lu Kireçtaşı örneğine ait mikrofotografi	160
Şekil 7.96 H14 no'lu Kumlu killi mikriritik kireçtaşı örneğine ait mikrofotografi	160
Şekil 7.97 Y2 no'lu Kireçtaşı örneğine ait mikrofotografi	160
Şekil 7.98 O2 no'lu Mikrobiyal gölsel kireçtaşı örneğine ait mikrofotografi	165
Şekil 7.99 C7 no'lu Killi kireçtaşı örneğine ait mikrofotografi	165
Şekil 7.100 İs-15 no'lu Kireçtaşı örneğine ait mikrofotografi	165
Şekil 7.101 Z5-2 no'lu Gölsel kireçtaşı örneğine ait mikrofotografi	166
Şekil 7.102 İ31 no'lu Kireçtaşı örneğine ait mikrofotografi	166
Şekil 7.103 Z6-2 no'lu Kireçtaşı örneğine ait mikrofotografi	166
Şekil 7.104 İ-yassıören no'lu Kireçtaşı örneğine ait mikrofotografi	167
Şekil 7.105 O7 no'lu Kireçtaşı örneğine ait mikrofotografi	167
Şekil 7.106 ZO2 no'lu Kireçtaşı örneğine ait mikrofotografi	167
Şekil 7.107 TR1 no'lu Traverten örneğine ait mikrofotografi	168
Şekil 7.108 İs28 no'lu Kireçtaşı (Biyosparit) örneğine ait mikrofotografi	168
Şekil 7.109 Z8 no'lu Kireçtaşı örneğine ait mikrofotografi	168
Şekil 7.110 İs-kçt no'lu Rekristalize kireçtaşı örneğine ait mikrofotografi	169
Şekil 7.111 S13 no'lu Rekristalize kireçtaşı örneğine ait mikrofotografi	169
Şekil 7.112 H35 no'lu Kireçtaşı örneğine ait mikrofotografi	169
Şekil 7.113 İs7-os no'lu Kireçtaşı örneğine ait mikrofotografi	170
Şekil 7.114 İs14 no'lu Dolomitik kireçtaşı örneğine ait mikrofotografi	170
Şekil 7.115 is-köy no'lu silisli kireçtaşı örneğine ait mikrofotografi	170
Şekil 7.116 İ-AK no'lu Rekristalize kireçtaşı örneğine ait mikrofotografi	171
Şekil 7.117 İs-8-dp no'lu Rekristalize kireçtaşı örneğine ait mikrofotografi	171
Şekil 7.118 is-son2 no'lu Kireçtaşı örneğine ait mikrofotografi	171

Şekil 7.119 is-son no'lu Kireçtaşı örneğine ait mikrofotografi	172
Şekil 7.120 is-köy2 no'lu Siltli kireçtaşı örneğine ait mikrofotografi	172
Şekil 7.121 HY-2 no'lu Resifal kireçtaşı örneğine ait mikrofotografi	172
Şekil 7.122 Mr-7 no'lu Rekristalize kireçtaşı örneğine ait mikrofotografi	173
Şekil 7.123 S10 no'lu Lavsonit Glokofanşist örneğine ait mikrofotografi	174
Şekil 7.124 Z15 no'lu Metakumtaşı örneğine ait mikrofotografi	174
Şekil 7.125 İs11-ct no'lu Rekristalize kireçtaşı örneğine ait mikrofotografi	175
Şekil 7.126 Z19-1 no'lu Metakumtaşı örneğine ait mikrofotografi	175
Şekil 7.127 O7-1 no'lu Metatraverten örneğine ait mikrofotografi	175
Şekil 7.128 İs-ja no'lu Dolomitik rekristalize kireçtaşı örneğine ait mikrofotografi	178
Şekil 7.129 O10 no'lu Metadolomit örneğine ait mikrofotografi	178
Şekil 7.130 S8 no'lu Mermer örneğine ait mikrofotografi	178
Şekil 7.131 S6 no'lu Rekristalize dolomitik mermer örneğine ait mikrofotografi	179
Şekil 7.132 O5.2 no'lu Amfibolit örneğine ait mikrofotografi	179
Şekil 7.133 S7 no'lu Serizit kuvars şist örneğine ait mikrofotografi	179
Şekil 7.134 S2 no'lu Muskovit kuvars şist örneğine ait mikrofotografi	180
Şekil 7.135 İs-x no'lu Fillit örneğine ait mikrofotografi	180
Şekil 7.136 M1 no'lu Dolomitik mermer örneğine ait mikrofotografi	180
Şekil 7.137 M2 no'lu Dolomitik mermer örneğine ait mikrofotografi	181
Şekil 7.138 Mr5 no'lu Mermer örneğine ait mikrofotografi	181
Şekil 7.139 Mr6 no'lu Mermer örneğine ait mikrofotografi	181
Şekil 7.140 M3 no'lu Mermer örneğine ait mikrofotografi	182
Şekil 7.141 İ32 no'lu Kuvarsit örneğine ait mikrofotografi	182
Şekil 7.142 Kaya termal iletkenlikleri-petrografik özellikleri ve ısı değişim infografik gösterimi .	183

1. GİRİŞ

1.1 Motivasyon

Fosil yakıtların giderek tükenmesi ve bununla birlikte küresel ısınmaya bağlı olarak iklim değişikliği meydana gelmesi son yıllarda yenilenebilir enerji kaynaklarına olan önemi giderek artırmaktadır. Fosil yakıtlar olan petrol, kömür ve doğalgazın dünya ölçeğindeki karbondioksit salımındaki payı yaklaşık 85% civarındadır. İklim değişikliği etkilerine neden olan sera gazı salımının azaltılması, yenilenebilir ve temiz enerji kaynaklarının kullanımının artırılması ile sağlanabilecektir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan sığ jeotermal sistemler yerin sığ derinliklerinde biriken ısı enerjisinin çekilmesi ya da yeraltına depolandığı sistemlerdir. Bu sistemler hem konut ısıtması hem de soğutmasında kullanıldığından oldukça güvenilir ve çevre dostu seçenek sunmaktadırlar. Sığ Jeotermal sistemlerde tasarıma etki eden en önemli faktörler “kayaların termal iletkenliği” ve “bozulmamış yer sıcaklığı”dır. Kaya termal iletkenliği kayanın mineralojik, kimyasal bileşimine, gözenek miktarı ve gözenek içerisindeki akışkan türüne bağlı olarak değişmektedir. Sistem tasarım hesaplamalarında genellikle literatürde yer alan kaya termal iletkenliği ve bozulmamış yer sıcaklık değerleri kullanılmakta ancak parametreler sistemin kurulduğu alandaki özgün değerleri yansıtmamaktadır. Bu durum sistemlerin ya olduğundan küçük ya da olması gerekenden daha büyük tasarımına neden olmakta, sistem verimliliğini ve maliyetlerini etkilemektedir. Türkiye’de bu konu ile ilgili yeterince araştırma bulunmamaktadır. Bu nedenle özellikle yapılaşma yoğun bölgelerdeki kayaların termal iletkenlikleri ve bozulmamış yer sıcaklıklarının araştırılması ve bu bölgelerde kurulacak sığ jeotermal sistemlerin tasarlanması için güvenilir bir altlık oluşturması açısından önem taşımaktadır.

1.2 Tezin Amacı

Sığ Jeotermal Sistemler Yeraltında Isı Enerjisi Depolama ve Yer Kaynaklı Isı Pompası uygulamalarını içermektedir. Bu sistemler konut ısıtma ve soğutması yanı sıra bilgi işlem ve telekomünikasyon merkezlerinin soğutulmasına kadar birçok alanda kullanılmaktadır. Sistem tasarım hesaplamalarında kaya termal iletkenliği ve bozulmamış yer sıcaklığı

anahtar parametreler olarak kullanılmaktadır. Mevcut uygulamalarda sığ jeotermal sistem tasarımı genellikle literatürde yer alan kaya termal iletkenlik değerlerine dayalı olarak yapılmakta ve sahaya özgü değerler kullanılmamaktadır. Bu nedenle yoğun yapılaşmanın olduğu İstanbul ve Ankara gibi illerde yer alan kayaların termal iletkenlikleri ve bozulmamış yer sıcaklığının ortaya çıkarılarak ve sığ jeotermal potansiyellerinin alansal olarak hesaplanması ilerde yapılacak sistemler için minimum değerleri içeren bir altlık oluşturacaktır.

Bu nedenle bu tezin amacı İstanbul ve Ankara illerinde yer alan kayaların termal iletkenliklerinin araştırılarak bu il alanlarının ısıtma ve soğutma amaçlı olarak sığ jeotermal potansiyellerinin hesaplanması ve kayaların termal iletkenliklerini etkileyen dokusal ve mineralojik özelliklerinin belirlenmesidir. Bu amacı gerçekleştirmek için Ankara ve İstanbul illerine ait 1/100.000 ölçekli jeolojik haritalar temel alınarak yumuşak kayaların arazide, sert kayaların ise laboratuarda termal iletkenlikleri ölçülmüş, ölçüm noktalarından alınan kaya numunelerinde mineralojik ve kimyasal analizler gerçekleştirilmiştir. Bozulmamış yer sıcaklığı ise Ankara'da diğer kurumlar tarafından açılan kuyularda derinliğe bağlı olarak ölçülmüş, İstanbul'da ise İller Bankası İstanbul Ataşehir Bölge Binası-Yer Kaynaklı Isı Pompası Sistemindeki iki adet kapalı sistem kuyu ısı değiştiricisinde yapılan Toprak Isıl Duyarlılık Testi'nden elde edilmiştir.

2. KURAMSAL TEMELLER

2.1 Kayaların Genel Özellikleri

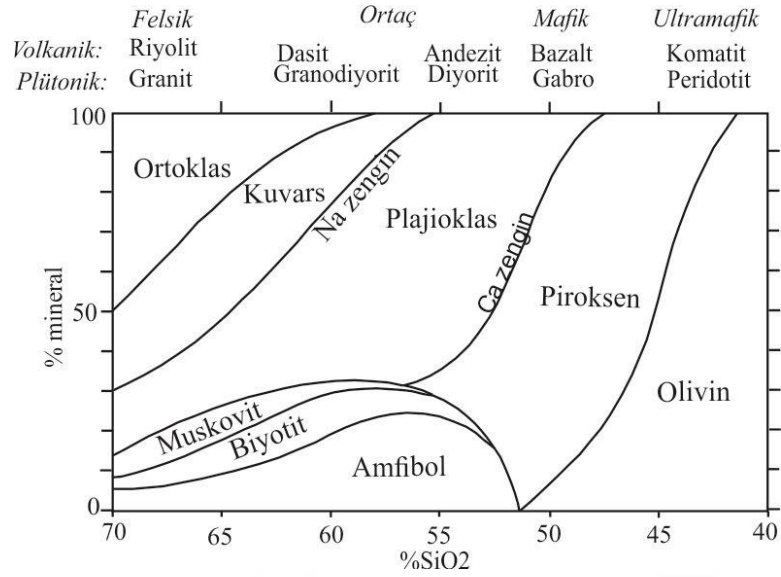
Kayalar genel olarak magmatik, metamorfik ve sedimanter kayalar olarak doğada yer almaktadır. Her bir kaya grubu oluşum koşullarına bağlı olarak içerisinde farklı mineral bileşimi, dokusu, kimyasal özellikleri barındırır.

2.1.1 Magmatik kayalar

Magmatik kayalar ergimiş magmanın kristalizasyonu ile şekillenirler. Kabuktaki pozisyonlarına ve oluşumlarına göre üç farklı tipte adlandırılmaktadırlar:

- a) Plütonik kayalar: Yerkabuğunun derinlerdeki kristalizasyon ile oluşarak büyük ölçekli kaya yapılarını oluşturmaktadırlar.
- b) Damar kayaları: Yatay veya dikey yönde yayılım gösteren magmatik kayalardır. Genellikle jeolojik birimleri keser konumdadırlar.
- c) kayalar: Ergimiş magmanın yüzeye ulaşan bölümlerini temsil ederler ve örtü katmanı şeklinde tabakalar halinde gözlenmektedirler.

Magmatik kayaların sınıflaması kimyasal veya mineralojik kompozisyonlarına göre yapılmaktadır. Kimyasal sınıflama asidik, ortaç ve bazik ve ultrabazik olarak yapılmaktadır. Mineralojik sınıflama ise Ortoklas, Kuvars, Plajiyoklas, Piroksen, Muskovit, Biyotit, Amfibolit ve Olivin gibi kaya oluşturan mineral içerik bolluğuna göre yapılmaktadır (Şekil 2.1). Mineral kompozisyonu ise kayaların fiziksel özelliklerini etkilemektedir (Schön 2011).



Şekil 2.1 Magmatik kayaların hacimsel yüzde mineralojik sınıflaması (Schön 2011).

2.1.2 Metamorfik kayalar

Magmatik ve sedimanter kayalar oluşumlarından sonra jeolojik zaman süresince gelişen farklı tektonik etkiler ile farklı basınç ve sıcaklık koşullarına maruz kalmaktadır. Bu fiziksel etkiler nedeniyle ilksel mineral birlikleri yeni mineral birliklerine dönüşmektedir. Bölgesel, kontakt, kataklastik vb. gibi farklı metamorfik süreçler boyunca kayaların mineral kompozisyonları değişerek metamorfik kaya tipleri oluşmaktadır. Metamorfik kayalar genel olarak fillit, şist, gnays, hornfels, mermer, migmatit, kuvarsit, metaserpantinit ve amfibolitlerdir. Metamorfik süreçlerde ortaya çıkan basınç ve sıcaklık etkisiyle minerallerde paralel dizilim, kırık ve çatlaklar gelişmektedir. Bunun sonucu olarak kayaların fiziksel özelliklerinde anizotropi göstermektedirler.

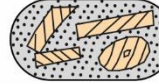
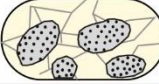
2.1.3 Sedimanter kayalar

Sedimanter kayalar taşınım, birikim, çökelim ve sıkışma gibi jeolojik süreçler sırasında gelişen fiziksel, kimyasal ve biyolojik etkiler ile oluşmaktadır. Başlıca kırıntılı ve evaporitik olmak üzere iki ana grupta yer almaktadırlar. Kırıntılı kayalar karbonat-evaporitik kayalara oranla daha uzun mesafelerde taşınıp çökerek, karbonat-evaporatik kayalar ise yerinde çökelim ile oluşmuşlardır. Kırıntılı kayalar başlıca silisli mineraller içermesi nedeniyle evaporitik kayalara oranla aşınmaya karşı daha duraylıdır (Schön 2011).

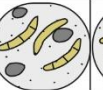
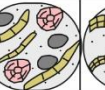
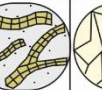
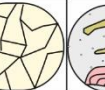
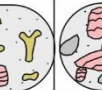
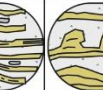
Kırıntılı kayalar tane boyutlarına göre sınıflandırılmakta olup, konglomera, kumtaşı, silttaşı ve kiltası olarak adlandırılmaktadır (Şekil 2.2).

rekristalizasyon, dolomitizasyon ve diğer mineraller ile yer değiştirme gibi süreçler ile değişime uğramaktadır. Bu kayaların başlıca bileşenleri ooid, pellet, intraklast gibi iskelet olmayan taneler, iskelet taneler ile çimentoyu oluşturan spar ya da mikritten oluşmaktadır (MIT 2019). Karbonat ve Evaporitik kayaların sınıflaması 1959 yılında folk tarafından yapılmıştır (Şekil 2.4 ve 2.5).

Evaporitik kayalar ise akışkanların içerisinde çözünmüş halde bulunan başlıca sülfat ve klor gibi tuzların konsantrasyonun buharlaşma sonucu artarak çökmesi ile oluşmaktadır. Anhidrit, Jips, Halit ve Silvin türü kayaları oluşturmaktadır.

Başlıca bileşenler	Kireçtaşı türleri			
	Spar çimentolu		Matriks çimentolu	
İskeletsel taneler (bioklastlar)	Biosparit		Biomikrit	
Ooidler	Oosparit		Oomikrit	
Peloidler	Pelsparit		Pelmikrit	
İntraklastlar	İntrasparit		İntramikrit	
Yerinde oluşmuş kireçtaşı	Biolitit		Fenestral kireçtaşı	

Şekil 2.4 Kireçtaşlarının bileşimsel Folk 1959 sınıflaması (Tucker, 2001)'den değiştirilerek çizilmiştir

Orjinal bileşenler çökelim sırasında bağlanmamış				Orjinal bileşenler birbirine bağlı	Çökelim dokusu tanınmıyor	Orjinal bileşenler çökelim sırasında organik bağlı değil		Orjinal bileşenler çökelim sırasında organik bağlı		
Kireç çamuru-mikrit			Çamursuz tane destekli			>10% tane >2 mm		Demet şekilli organizma	Kabuk ile kaplı organizma	Dayanımlı çatı geliştirmiş organizma
Çamur destekli		Tane destekli				Matriks destekli	>2mm bileşen destekli			
<10% tane	>10% tane									
Çamurtaşı	Vaketaşı	Pakettaşı	Tanetaşı	Bağlamtaşı	Kristalin	Yüzertaş	Kabataş	Demettaş	Bağlıtaş	Çatıtaş
										

Şekil 2.5 Kireçtaşlarının doku sınıflaması R.J. Dunham 1962 (Tucker, 2001)'den değiştirilerek çizilmiştir

Karbonat kayaların sınıflaması iskelet olmayan taneler, çimento bileşenlerinin bileşimleri ve dokuları göz önüne alınarak yapılmıştır (Tucker 2001).

2.2 Kayaların Termal Özellikleri

Kayaların termal özellikleri mineral kompozisyonuna, dokusuna, tabakalanmasına, gözenekliliğine, gözeneklerin su içeriğine, tanelerin boyutuna ve tanelerin temas durumuna göre değişmektedir. Kayaların maruz kaldığı sıcaklık ve basınç ile de söz konusu özellikler değişmektedir. Kayaların termal özellikleri özgül ısı kapasitesi (C_p), termal iletkenlik (λ), termal difüzyon (α) ve ısı akısı (q) parametrelerinden oluşmaktadır ve genellikle jeotermal araştırmalarda önem taşımaktadır (Schön 2011).

Özgül Isı Kapasitesi (C_p): Belirli bir kütledeki (gr) malzemenin sıcaklığını 1 derece yükseltmek için gerekli ısı miktarı olarak tanımlanmaktadır. Birimi J/kg.K veya m²/s².K olarak verilmektedir. Malzemenin ısı depolama kapasitesinin belirlenmesinde kullanılmaktadır.

$$C_p = Q / (m \cdot \Delta T)$$

Termal İletkenlik (λ , k): Maddenin ısı iletim kabiliyetini anlatan bir özelliktir. Simgesel olarak k veya λ olarak ifade edilmektedir. Sürekli rejim şartları altında, bir malzemenin verilen Q miktarındaki ısının L kalınlığında, A birim alanından, ΔT sıcaklık farklılığındaki ısıyı iletme kapasitesi olarak tanımlanmaktadır. SI birimine göre W/mK olarak tanımlanmaktadır (Fourier's Law).

$$q = -\lambda (dt/dx)$$

Termal difüzyon (α): Zamana bağlı sıcaklık dağılımını kontrol etmektedir. Malzemenin yoğunluk ve özgül ısı kapasitesine bağlıdır. Birimi m²/s olarak belirtilmektedir.

$$\alpha = \lambda / (c_p \cdot \rho)$$

Isı akısı (q): Yeriçinden yüzeye doğru yükselen ısı akısı ve yeraltında bulunan kayaların termal iletkenlikleri ile doğru orantılıdır. Birimi SI sisteminde W/m²'dir. Isı akısının bilinmesi için bölgenin yeraltına doğru sıcaklık değişiminin ve bu bölgede yer alan kayaların termal iletkenliklerinin bilinmesine gerek vardır. Yeraltından gelen ısı radyoaktif, fay hareketleri, magmatizma gibi farklı kaynaklardan gelebilmektedir. Yeryüzü birçok noktada jeolojik olarak farklılık gösterdiğinden ısı akısı bölgelere göre

değişiklik göstermektedir. Avrupa kıtası için yaklaşık 62 W/m², Karadeniz’de 35 ±16 W/m² olup Orta Ege’de 100 W/m² dir (İlkışık 2016). Türkiye’de gerçekleştirilen ısı akısı çalışmalarında yapılan hesaplamalarda kayaların ortalama termal iletkenliği 2,1 W/m^{°C} olarak öngörülmüştür (Tezcan 1979).

2.2.1 Kaya oluşturan minerallerin termal özellikleri

Kaya oluşturan en yaygın mineral olan kuvars 7,69-6,5 W/mK olarak yüksek termal iletkenlik değerine sahiptir. Silimanit ve Kyanit ise çok yaygın olarak gözlenmemekle birlikte 9,10 ve 14,16 W/mK arasında yüksek değerler almaktadır. Zincir silikatlar arasında Piroksen 4,66-4,47 olup Amfibol en düşük 2,81 W/mK değerlerine sahiptir. Tabakalı silikatlar arasında biotit 2,02 en düşük, klorit 5,15 ve Talk 6,10 olmak üzere en yüksek değerlere sahiptir. Çerçevesi silikatlardan feldspat ve ortoklas 2,31 ile 2,49 arasındadır. Bunların arasında en düşük 1,69 ile Anortit ve 1,73 ile Nefelindir. Karbonatlar arasında Kalsit 3,59, dolomit 5,51 değerler almakta ve en düşük 2,24 ile Aragonittir (Schön 2015) (Çizelge 2.2). Magmatik, Metamorfik, sedimanter ve cevherli kayalarda gözlenen tipik minerallerin termal özellikleri çizelgelerinde kullanılan referans listesi Çizelge 2.1 de verilmektedir.

Çizelge 2.1 Referans simge listesi

Referans	Simge	Referans	Simge
Cermak and Rybach (1982)	<u>cer</u>	Brigaud vd. (1989, 1992)	<u>bd</u>
Drury and Jessop (1983)	<u>dri</u>	Clark (1966)	<u>cl</u>
Huenges (1989)	<u>hu</u>	Clauser (2006)	<u>cs</u>
Melnikov et al. (1975)	<u>me</u>	Clauser et al. (2007)	<u>ce</u>
Quiel (1975)	<u>qu</u>	Clauser and Huenges (1995)	<u>clh</u>

Çizelge 2.2 Magmatik kayalarda gözlenen tipik mineraller ve termal özellikleri

Mineral	Termal İletkenlik λ (W/mK)	Özgül Isı Kapasitesi Cp (kJ/kg.K)
Kuvars-amorf	1.36 (clh)	
Kuvars- α	7,69 (clh), 7.69 (cer), 7.7 (bd)	0,7 (cer) 0.74 (me)
Kuvars ortalama	6,5 (cs)	
Titanit	2.33 (cer), 2.34 (clh)	
Piroksen-diopsid	4.1-5.1 (me), 4.66±0.31 (clh)	0.67 (me), 0.69 (cer)

Çizelge 2.2 Magmatik kayalarda gözlenen tipik mineraller ve termal özellikleri (devam)		
Mineral	Termal İletkenlik λ (W/mK)	Özgül Isı Kapasitesi C_p (kJ/kg.K)
Olivin-forsterit	6 (me), 5.03±0.18 (clh), 5.06 (cer)	0.68 (me)
Zirkon	5.7 (me), 5.54 (clh)	0,61 (cer)
Olivine-fayalit	3,0 (me), 3.16 (clh), 3,31 (cer)	
Piroksen-enstatit	4.8 (me), 4.47±0.30 (clh)	0.7-0.75 (me),80 (cer), 4.34 (cer)
Serpantin	1.8-2.9 (me), 3.53±1.28 (clh)	0.65
Amfibol-hornblend	2.9-3.0 (me), 2.81±0.27 (clh)	0.75 (me)
Mikroklin	2.49±0.08 (clh), 2.9 (me), 2.49 (cer)	0.63-0.67 (me), 0.68 (cer)
Feldspat	2.0 (drj), 2.3 (hu),	
Albit	2.14±0.19 (clh), 2.31 (cer)	0.71 (cer)
Ortoklas	2.31 (clh), 2.31 (cer), 2.40 (drj)	0.63-0.75 (me), 0.61 (cer)
Nefelin	1.73 (cer)	
Anortit	1.69 (clh),1.68 (cer)	0.71 (cer)

Çizelge 2.3 Sedimanter kayalarda gözlenen tipik mineraller ve termal özellikleri

Mineral	Termal İletkenlik λ (W/mK)	Özgül Isı Kapasitesi C_p (kJ/kg.K)
Kaolinit	2.6 (bd)	0.93
Talk	6.10 (cer), 6.10±0.90 (clh)	0.87 (cer)
Mika-biyotit	0.7-1.6(me), 2.02±0.32 (clh)	0.78 (me)
İllit	1.9 (bd)	
Klorit	4.2 (me), 5.15±0.77 (clh), 5.14 (cer)	0.6 (me)
Simektit	1.9 (bd)	
Kil mineralleri	1.7 (cs), 2.9 (qu)	
Mika-muskovit	2.32(cer), 2.28±0.07 (clh)	0.76 (me)
Karışık tabakalı	1.9 (bd)	
Dolomit	5.5 (cer), 5.51 (clh), 5.3 (bd)	0.86-0.88 (me), 0.93 (cer)
Jips	1.0-1.3 (me), 1.26 (clh)	1.07 (me)
Kalsit	3.25-3.9 (me), 3.59 (clh)	0.8-0.83 (me), 0.79 (cer)
Anhidrit	4.76 (cer), 4.76 (clh), 5.4 (ca)	0.55 – 0.62 (me), 0.52 (cer)
Halit-kaya tuzu	5.3-7.2 (drj), 5.55±0.18 (clh)	0.79-0.84 (me)

Çizelge 2.3 Sedimanter kayalarda gözlenen tipik mineraller ve termal özellikleri (devam)		
Mineral	Termal İletkenlik λ (W/mK)	Özgül Isı Kapasitesi C_p (kJ/kg.K)
Aragonit	2.23 (cer), 2.24 (clh)	0.78-0.79 8(me), 0.78 (cer)
Silvin	6.7-10 (me), 6.40 (clh)	0.55-0.63 (me)
Apatit	1.4 (me), 1.38±0.01 (clh), 1.37 (cer)	0.7 (me)

Çizelge 2.4 Metamorfik kayalarda gözlenen tipik mineraller ve termal özellikleri

Mineral	Termal İletkenlik λ (W/mK)	Özgül Isı Kapasitesi C_p (kJ/kg.K)
Andalusit	7.58 (clh), 7.57 (cer)	0.77 (cer)
Granat-almandin	3,31(clh), 3,3, 3.31(cer)	
Kyanit	14.16 (clh), 14.2 (cer)	0.78 (me), 0.70 (cer)
Sillimanit	9.10 (clh), 9.09 (cer)	
Granat-grossular	5.48±0.21(clh), 5.48 (cer)	
Epidot	2.83 ±0.21(clh), 2.82 (cer)	

Çizelge 2.5 Cevherli kayalarda gözlenen tipik mineraller ve termal özellikleri

Mineral	Termal İletkenlik λ (W/mK)	Özgül Isı Kapasitesi C_p (kJ/kg.K)
Hematit	11.2-13.9 (me), 11.28(clh)	0.61(cer), 0.62 (me)
Florit	9-10.2 (me), 9.51 (clh), 9.5 (cer)	0.85 (cer), 0.9 (me)
Magnetit	4.7-5.3(me), 5.10(clh), 5.1(cer)	0.60(cer), 0.6 (me)
Siderit	3.0 (me), 3.01 (clh), 3.0 (b)3.0 (cer)	0.68 (cer), 0.72-0.76 (me)
Ilmenit	2.38±0.18(clh), 2.2 (me)	0.77 (me)
Magnezit	5.84 (clh), 4.6 (me), 5.83 (cer)	0.86 (cer), 0.88 (me)
Pirotit	4.60 (clh),	0.58-0.60 (me)
Spinel	8-13 (me), 9.48 clh, 9.48(cer)	0.82(me)
Galen	2.28 (cer), 2.28 (clh),	0.207 (cer), 0.21 (me)
Pirit	19.2 (cer), 19.21(hu)	0.5 (cer), 0.5-0.52 (me)
Rutil	7.0-8.1(me), 5.12(clh)	0.74-0.94(me)

2.2.2 Magmatik ve metamorfik kayaların termal özellikleri

Magmatik ve metamorfik kayalarda başlıca mineral kompozisyonu ve kırılma termal iletkenlik üzerinde etkilidir. Özellikle kuvars içeriği arttıkça kayacın termal iletkenliği

artmaktadır (Roy vd. 1981). Çoğu kaya tiplerinde sıcaklık arttıkça termal iletkenlik azalmaktadır (Clauser ve Huenges 1995). Basınç ile termal iletkenlik artış oranı arasında doğrusal bir ilişki gözlenmektedir. Ayrıca kırıklı çatlaklı kayalarda kırık ve çatlakların dolgu malzemesi de kayaların termal iletkenliğini etkilemektedir. Metamorfik kayalarda özellikle gnays ve şistlerde şistoziteye paralel ve dik yönde termal iletkenlikler değişmektedir (Çizelge 2.6).

Çizelge 2.6 Magmatik ve Metamorfik Kayaların termal özellikleri

Kaya		Termal iletkenlik λ (W/mK)		Özgül Isıl Kapasite c_p (kJ/kg.K)		Referans
		Değişim aralığı	Ortalama	Değişim aralığı	Ortalama	
Magmatik	Amfibolit	1,35-3,90	2,46			Δ
	Diyorit	2,02-3,33	2,50			X
		1,72-4,14	2,91	1,13-1,17	1.14	Δ
	Granit	2,3-3,6	3,43			X
		1,25-4,45	3,05	0,67-1,55	0,96	Δ
	Granodiyorit	1,35-3,40	2,65	0,84-1,26	1,09	Δ
		2-3,50	2,63			X
	Siyenit	1,35-5,20	2,31			Δ
	Gabro	1,98-3,58	2,57			
		1,62-4,05	2,63	0,88-1,13	1,01	Δ
	Diyabaz	1,55-4,30	2,64	0,75-1,00	0,91	Δ
	Bazalt	1,12-2,38	1,69			
		1,40-5,33	1,95	0,88-0,89	0,88	Δ
	Peridotit	3,78-4,85		0,92-1,09		Δ
	Lav	0,20-4,60	2,50	0,67-1,38	1,08	Δ
Metamorfik	Şist-b	2,2-5,2	3,80			
	Şist-a	1,4-3,9	2,91	0,67-1,05	0,80	Δ
	Kuarsit	3,10-7,60	5,26	0,71-1,34	1,01	Δ
		2,33-7,45	5,03			X
	Mermer	1,59-4,00	2,56	0,75-0,88	0,86	Δ
	Gnays-b	1,2-3,1	2,12			Δ
	Gnays-a	1,2-2,6	1,74	0,46-0,92	0,75	Δ
a: tabakalanmaya dik, b: tabakalanmaya paralel, Δ : Cermak ve Rybach (1982) X: Jessop (1990)						

2.2.3 Sedimanter kayaların termal özellikleri

Sedimanter kayalar karmaşık mineral kompozisyonu, doku ve tane çimentolanması, gözeneklilik ve gözenek sıvısının farklılık göstermesi nedeniyle termal iletkenlik değeri tek bir litolojik tipte bile geniş bir aralığa sahiptir (Çizelge 2.7). Gözenek içermeyen

sedimentlerdeki termal özelliklerin değişimi az olmakta ve termal iletkenliklerini belirleyici faktör kimyasal kompozisyonları olmaktadır.

Çizelge 2.7 Sedimanter kayaların termal özellikleri (kuru 20 °C, 1-24 MPa basınç)

Kaya		Termal iletkenlik λ (W/mK)		Özgül Isıl Kapasite c_p (kJ/kg.K)		Referans
		Değişim aralığı	Ortalama	Değişim aralığı	Ortalama	
Evaporit	Anhidrit	1.00-6.05	4	0.81-0.94	0.88	(cer)
		4.89-5.73	5.43			(je)
		4.90-5.80				(bs)
	Kireçtaşı	0.62-4.40	2.29	0.82-1.72	0.93	(cer)
		1.30-6.26	3.44			(je)
		1.70-3.30				(rym)
		2.50-3.10				(bs)
		2.00-4.41	2.97			(gg)
		3.01-3.35				
	Jips		1.29			(cl)
	Dolomit	1.60-5.50	3.62	0.84-1.55	1.00	(cer)
		3.43-5.73	4.68			(je)
		3.75-6.30				(bs)
		3.11-5.01	4.38			
Kırntılılar	Bandera kumtaşı		1.70			(ff)
	Kumtaşı	0.90-6.50	2.47	0.75-3.33	1.64	(cer)
		1.88-4.98	3.72			(je)
		1.20-4.20				(rym)
		2.50-4.20				(bs)
		1.36-3.86	2.57			(gg)
		2.70-3.35				(bs)
	Berea Kumtaşı		2.34			(ff)
	Marn	0.5-4.00	2.21	0.78-3.10	1.15	(cer)
	Silttaşı	2.47-2.84	2.68			(je)
		2.56-2.78	2.67			(gg)
	Şeyl	0.55-4.25	2.07	0.88-1.44	1.18	(cer)
		0.8-2.1				(rym)
		0.8-1.25				(bs)
	Kıltaşı Silttaşı	1.05-1.45	2.04			(bs)
		0.60-4.00				(cer)
	Kil	0.60-2.60	1.53	0.84-1.00	0.85	(cer)
	Kum	0.10-2.75	1.44	1.97-3.18	2.30	(cer)
	Kum, tersiyer	1.8-2.2				(sc)
	Deniz sedimentleri	0.40-1.70	0.95			(cer)
	Kömür	0.04-1.50				(cer)
cl) Clark (1966) je) Jessop (1990) sc) Schuch (1980) rym) Rybach and Muffler (1981)				(cer) Cermak and Rybach (1982), (bs) Blackwell and Steele (1989), (gg) Gong (2005); (ff) Fjaer vd. (2008) Referans araştırmacılar		

Sedimanter kayalarda gözenek miktarı ve içerisinde bulunan akışkanın türü kayaların termal iletkenliği üzerinde belirleyici parametrelerdir. Sedimanter kayaların içerisindeki gözeneklerin suyla dolu olması, kuvars tanelerinin artması ve birbiriyle temas ettiği yüzey oranının artması ile termal iletkenlik artmaktadır. Gözeneklerin hava ile dolu olması termal iletkenliği azaltıcı bir faktördür. Kayaların termal iletkenliği tanelerin birbirine

temasını artıran basınç ile artmakta, tersine taneler arasındaki teması azaltan sıcaklık ile ise azalmaktadır (Schön 2011). Karbonat kayalarda gözeneklilik dolomitizasyon ve diyajenez süresince gelişen basınç ve taşlaşma nedeniyle ortaya çıkmaktadır.

2.3 Termal İletkenlik Ölçümleri

Kayalarda termal iletkenlik ölçümleri arazide ve laboratuvarında kaya örnekleri, karot numuneler ve kırıntılı parçalarda yapılabilmektedir. Isı transferinin zaman içerisinde değişip değişmemesi durumuna göre termal iletkenlik ölçüm yöntemleri genelde “Kararlı” ve “Kararsız” olmak üzere iki grup altında toplanır. En bilinen yöntem kararlı hal için “bölümlenmiş bar” (divided bar) ve kararsız hal için “iğne uçlu prob” (needle probe) yöntemleridir (Clauser ve Huenges 2013). Kararlı hal yöntemi termal denge koşullarına ulaşma koşulları nedeniyle genellikle uzun sürmektedir, ancak kararsız hal yöntemine oranla daha doğru sonuçlar vermektedir. Bu yöntemde basınç ve sıcaklık koşulları değiştirilerek basınç altında ve değişik sıcaklıklarda bulunan kayaların termal iletkenliğinin değişimleri de öngörmeyi sağlamaktadır. Kararsız hal yöntemi, kararlı hal yöntemine göre daha hızlıdır ancak doğruluk oranı daha düşüktür ve farklı derinlikteki basınç ve sıcaklık koşullarındaki kayacın termal iletkenliğinin öngörülmesi konusunda zorluklara sahip olabilmektedir (Somerton 1992). Diğer bir ısı iletkenlik ölçüm yöntemi “Toprak Isıl Duyarlılık Testi” (TIDT) dir. Bu yöntemde yer kaynaklı ısı pompası ve kuyularda ısı enerjisi depolama sistemlerinin tasarımında kuyu ısı değiştiricilerinin efektif termal iletkenlikleri ölçülmektedir. Hesaplamaya kuyu ısı değiştiricisinin yer aldığı ortamı oluşturan kayanın termal iletkenliği dahil edilmektedir.

2.3.1 Kararlı hal yöntemi

Kararlı hal yönteminde termal iletkenliği ölçülecek numunenin boyutları ve örneğe verilecek ısı miktarının seçimi önem taşımaktadır. Test yönteminde termal iletkenliği bilinen bir veya birkaç malzeme kullanılarak ölçümü yapılacak malzeme boyunca bir sıcaklık farklılığı yaratıldıktan sonra denge koşullarına erişilmesi sağlanmaktadır (Somerton 1992). Aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmaktadır:

$$\lambda = \lambda_{st} (\Delta T_{st}/L_{st}).(L/\Delta T)$$

λ : malzemenin termal iletkenliği (W/mK), L : malzemenin kalınlığı, ΔT : malzeme üzerindeki sıcaklık farklılığı, λ_{st} : standart malzemenin termal iletkenliği, L_{st} : standart malzemenin kalınlığı

Bu yöntemde malzemenin sıcaklığı zamanla değişmemekte olup Kararlı Hal Yönteminde en çok kullanılan yöntemler Guarded Plate, Divided Bar, Searle's Bar ve Lees' disk metodudur. Jeoloji ve jeofizik uygulamalarında konsolide olmuş kaya örneklerinde en çok kullanılan bölümlenmiş bar yöntemidir (divided bar). Termal iletkenliği bilinmeyen bir örnek termal iletkenliği bilinen iki plaka arasına konarak üstten ısı verilerek, ölçüm sıfır sıcaklık gradyanının elde edildiği kararlı hale gelinceye kadar tekrarlanır (Somerton 1992).

2.3.2 Kararsız hal yöntemi

Kararsız hal yönteminde kararlı hal yönteminden farklı olarak test örneklerinin iki farklı yüzeyine uygulanan sıcaklık farkı, sıcaklığın tek bir yüzeye zamanın fonksiyonu olarak uygulanması ile elde edilmektedir. Bu yöntem ile ölçüm süresi kısaltılmaktadır. En bilinen yöntem needle probe yöntemidir. Kayaların içerisindeki mineral dokusu, kırık ve çatlak ve gözenek içermesi nedeniyle karşılaşılan en büyük zorluk needle probun yüzeyinin kaya yüzeyine tam temasının sağlanmasıdır. Isı iletiminin needle probe ve kaya yüzeyi arasında artırılması için termal iletkenliği artırıcı jel kullanımı ölçüm doğruluğunu artırmaktadır (Somerton 1992). Kararsız hal yöntemi ile ölçümler geçişli plaka kaynaklı metod (Transient Plane Source method), Değiştirilmiş Geçişli Plaka (Modified Transient Plane), Geçişli Doğru (Transient Line), Laser Flash ve 3w yöntemi olarak beş grupta yapılabilmektedir.

2.3.3 Toprak Isıl Duyarlılık Testi

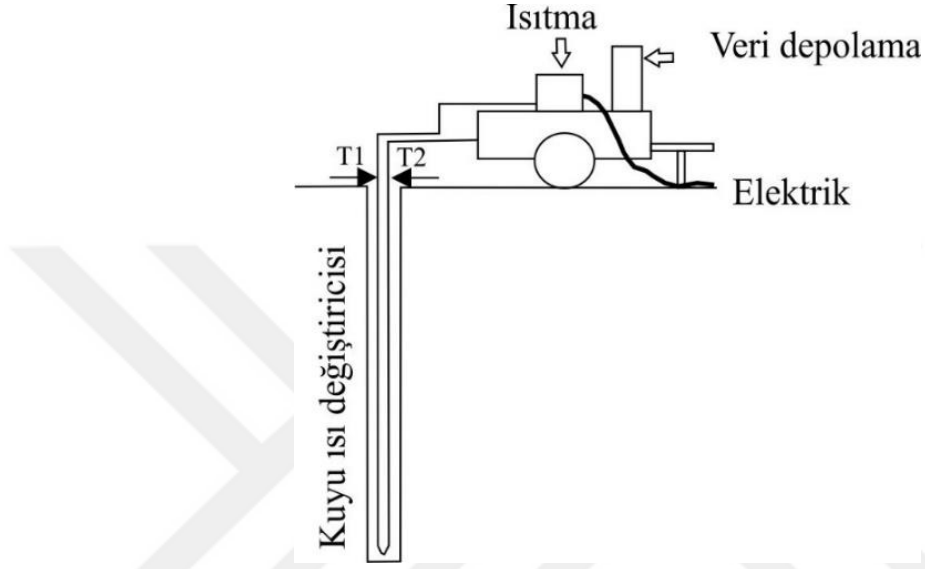
Toprak Isıl Duyarlılık Testi (TIDT) kuyu ısı değiştiricisi ve bulunduğu kaya ortam arasındaki termal performansı ortaya çıkarmaya yönelik bir ölçüm tekniğidir. Başlıca kuyu ısı değiştiricisinin toplam termal iletkenliğini ve kuyu ısı direncini ölçmektedir. TIDT bir test cihazı ile gerçekleştirilmektedir (Şekil 2.6). Elektrik ısıtıcısı ile belli bir güçte ısıtılan U boru içerisinde yer alan su, U boruların içerisinde dolaştırılarak giriş ve çıkış sıcaklıkları ölçülmektedir. Zamana karşı elde edilen sıcaklık değişim eğrisi line source metodu ile değerlendirilerek kuyu toplam termal iletkenliği elde edilmektedir (Gehlin 2019).

Elde edilen veriler Ingersoll ve Plass 1948, tarafından geliştirilen aşağıda verilen Line Source hesaplama yöntemi ile yapılmaktadır:

$$Tf(t) = \frac{Q}{L \cdot 4\pi \cdot \lambda} \cdot \ln(t) + q \left[\frac{1}{4\pi \cdot \lambda} \left(\ln \left(\frac{4\alpha}{Rb^2} \right) - \gamma \right) + Rb \right] + T_0$$

Bu eşitlik zaman ölçütünün $> (5 \cdot rb^2)/\alpha$ olduğunda geçerli olmaktadır.

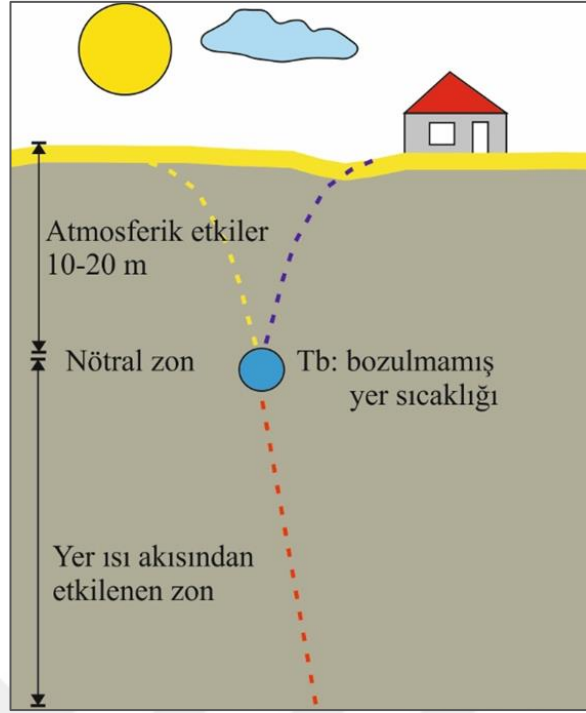
T_f : U boru içerisindeki akışkan sıcaklığı ($^{\circ}C$), T_0 : Bozulmamış yer sıcaklığı ($^{\circ}C$), Q : Kuyuya verilen toplam ısı (W), L : Kuyu derinliği (m), rb : Kuyu çapı (m), Rb : Kuyu ısı direnci (mK/W), λ : Kaya termal iletkenliği (W/mK), α : Termal difüzyon (m^2/s) (λ/c), c : Özgül ısı kapasitesi (J/m^3K), γ : Euler sabiti (0,57229), t : zaman (saniye)



Şekil 2.6 Toprak Isıl Duraylılık Testi uygulamasını gösterir şematik gösterim

2.4 Sığ Jeotermal Sistemler

Genel olarak jeotermal enerji yerkürenin içerisinde doğal olarak bulunan yenilenebilir enerji kaynağıdır. Yerküre içinde geçen radyoaktif tepkimeler sonucu oluşan ısı enerjisi yer kabuğunun üstüne kadar konveksiyon ve kondüksiyon yoluyla iletilmektedir. Dolayısı ile yeraltı sıcaklığı yer kabuğunun üst kesimlerinden derin bölümlerine doğru artarak jeotermal gradyanı oluşturmaktadır. Yeraltı sıcaklığı bölgenin coğrafik özelliklerine ve ısı akısına bağlı olarak 10-20 m gibi sığ derinliklerinde atmosferik etkilerden etkilenmemekte ve tüm yıl değişmemektedir. Bu sıcaklık değeri “bozulmamış yer sıcaklığı” olarak tanımlanmakta ve sistem tasarımında kullanılmaktadır (Şekil 2.7). Sığ derinliklerdeki ısı enerjisinden yararlanılan bu sistemler “Sığ Jeotermal Sistemler” olarak adlandırılmaktadır (Şekil 2.7).



Şekil 2.7 Bozulmamış yer sıcaklığını gösteren şematik kesit

Sözkonusu sistemler başlıca iki ana grupta uygulanmaktadır:

- a) Yer Kaynaklı Isı Pompası
- b) Yeraltında Isı Enerjisi Depolama

Yerin yaklaşık 20-200 metre derinliklerindeki doğal ısının kullanılmasına olanak vermektedirler. Söz konusu sistemler kullanım amacı ile bölgenin jeolojik ve hidrojeolojik koşullarına bağlı olarak ısı pompalı veya ısı pompasız olarak kullanılabilir. Konut ve bölgesel ısıtma-soğutma, yol-havalimanı-köprü gibi ulaşım alt yapısındaki buzlanmanın giderilmesi ve önlenmesi gibi çok geniş bir kullanım alanına sahiptir. Son yıllarda gelişen teknoloji ile birlikte sayıları giderek artan telekominikasyon ve bilgi işlem merkezlerinin soğutulmasında da yaygın olarak uygulanmaktadır.

2.4.1 Yer kaynaklı ısı pompası sistemleri

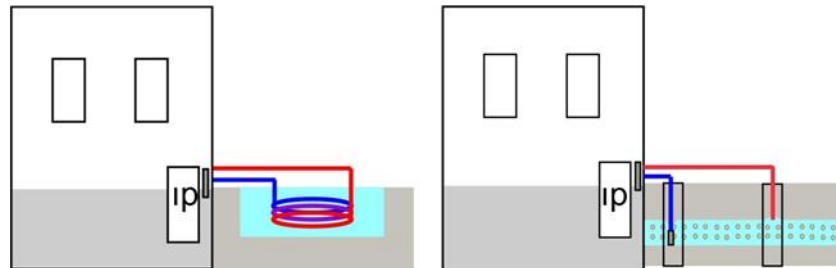
Yer kaynaklı Isı Pompası (YKIP) sistemleri ısıtılacak ya da soğutulacak projenin tasarımına ve bulunduğu yerin jeolojik ve hidrojeolojik özelliklerine bağlı olarak kendi içerisinde açık ve kapalı sistemler olmak üzere iki ana grup altında uygulanmaktadır.

Açık Sistemler:

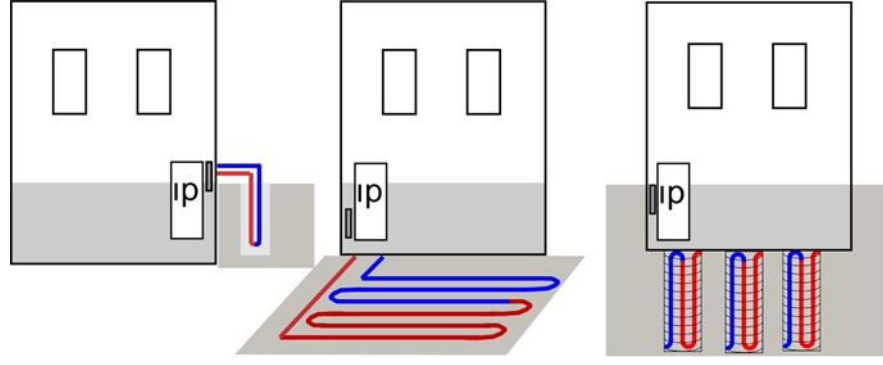
Açık sistemlerde yeraltısuyu ve yüzey suyu enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır. Isı değiştiricileri ile yeraltı suyu ve yüzey suyu doğrudan temas halindedir (Şekil 2.8). Söz konusu sistemlerin tasarımında akifer hidrolik iletkenliği, yeraltısuyu hızı, yeraltısuyu veya yüzey suyu kimyası önem taşımaktadır. Yeraltısuyu kullanılan sistemlerde genellikle bir çekim diğeri enjeksiyon olmak üzere iki kuyu ya da iki kuyu grubu açılır. Kuyuların tasarımı geleneksel içmesuyu kuyularından farklı olup kuyu tasarımında binaya uzaklıkları, akifer özellikleri gibi parametrelerin göz önüne alınması gerekir (Paksoy ve Turgut 2012).

Kapalı Sistemler:

Bu tür sistemlerde açık sistemlerden farklı olarak yeraltısuyu vb. herhangi bir kütle alışverişi bulunmamaktadır. Yeterli miktarda su kaynağının mevcut olmadığı yerlerde genellikle yüksek yoğunluklu polietilen borulardan yapılan kesintisiz boru demeti (yer altı ısı değiştiricisi) toprağa yatay veya dikey olarak (Şekil 2.9) yerleştirilerek yerin enerjisinden yararlanma amacıyla uygulanmaktadır. Yerleşim yerinin uygunluğuna göre yatay ya da dikey uygulamaları mevcuttur. Yatay uygulama ısı değiştirici borular toprağın 1.5–2 m altına yerleştirilip üstünün yine toprakla doldurulması suretiyle yapılmaktadır (b). Genellikle arazinin büyük olduğu projelerde uygulanmaktadır. Arazinin geniş olmadığı projelerde genellikle 10 – 18 cm çapında yaklaşık 100-150 m derinlikte açılan kuyular dikey uygulamaları oluşturmaktadır. Bu uygulamada ısı değiştiricisi dikey açılan kuyuların içerisine yerleştirilen kesintisiz U boru demetleri ile gerçekleştirilmektedir (b). Diğer bir uygulama da binaların temel sisteminde yapılan kazık uygulamalarının içerisine yerleştirilen boru demetleri olup “enerji kazığı” olarak adlandırılmaktadır (c).

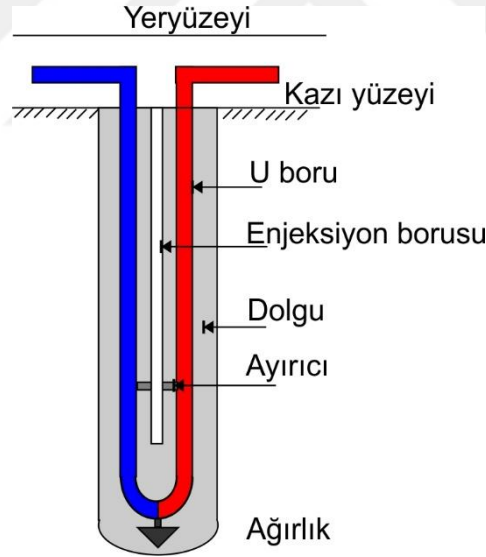


Şekil 2.8 Açık sistemler (a) yüzey suyu (b) yeraltısuyu kullanımı (ip: ısı pompası)



Şekil 2.9 Kapalı sistem ısı değiştiricileri uygulamaları şematik görünüm (a) Dikey, (b) yatay ve (c) enerji kazık uygulaması

Kapalı sistem düşey ısı değiştiricileri 10-18 cm çapında ve yaklaşık 100-150 metre derinliğinde açılan sondaj deliğinin içerisine kesintisiz U şekilli yüksek yoğunluklu polietilen boruların bir ağırlık yardımıyla yerleştirilmesi ve termal iletkenliği artırılmış bir çimento ile alttan üste doğru enjeksiyon yapılması ile oluşturulmaktadır (Şekil 2.9). Kuyu ısı değiştiricinin boyu, açılacağı kaya biriminin su içeriğine, ısı iletkenliğine ve bölgedeki ısı akısına göre değişmektedir.



Şekil 2.10 Kapalı sistem-düşey ısı değiştiricisi şematik görünüm

2.4.2 Yeraltında ısı enerjisi depolama sistemleri

Yeraltının geniş bir depolama hacmi sunması nedeniyle Yeraltında Isı Enerjisi Depolama Sistemleri (YIED) ısı enerjisinin uzun süreli mevsimlik depolama imkânı sunmaktadır. Bu çerçevede kullanım amacına bağlı olarak ısıtma, soğutma ya da hem ısıtma hem de

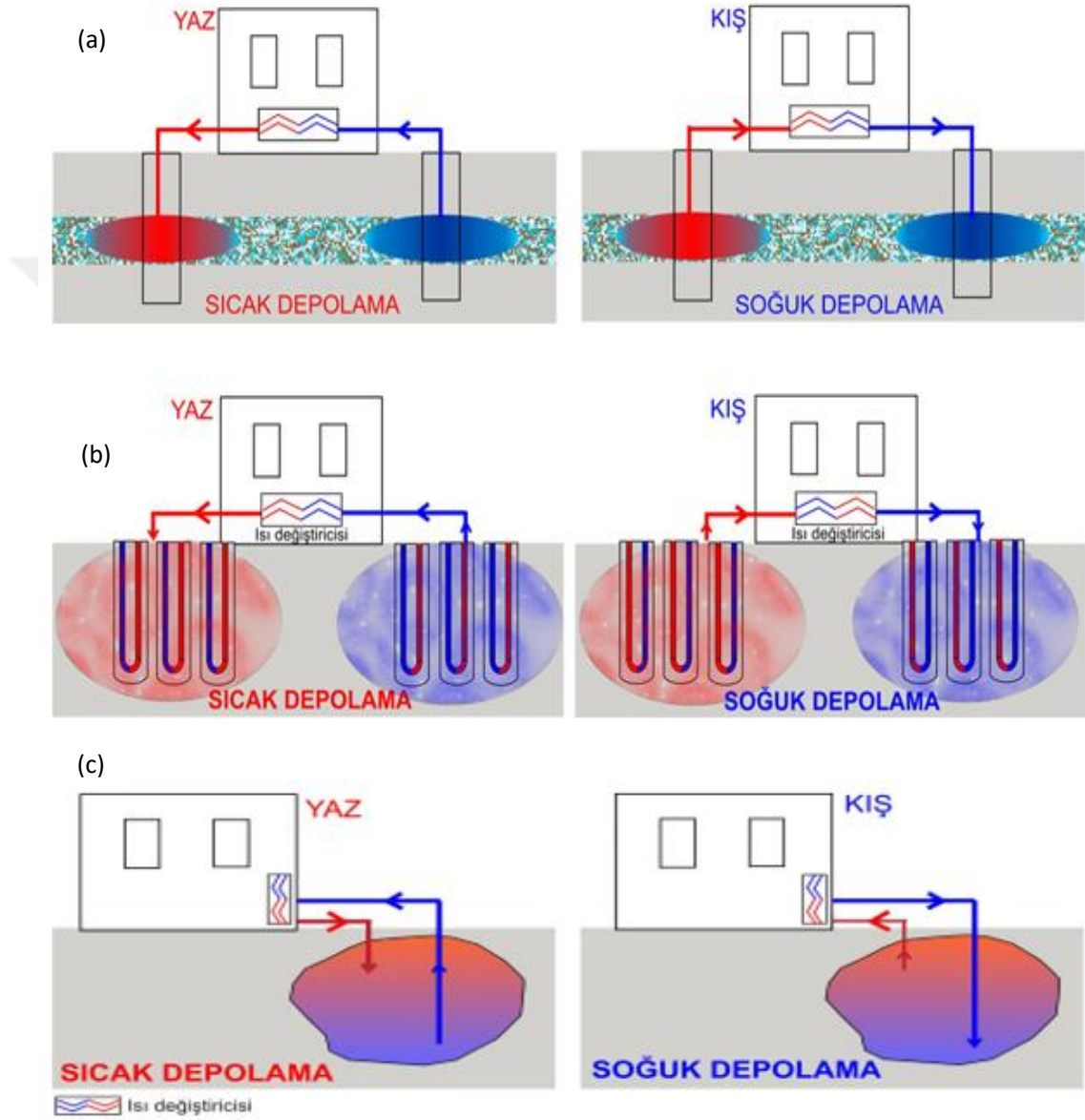
soğutma amaçlı depolama olarak değerlendirilmektedirler (Andersson 2005). YIED tekniklerinin temel prensibi; ısıtma amaçlı yaz ayları boyunca yüzey ısısı ile yer altı ısısı arasındaki sıcaklık farkından yararlanmanın yanı sıra, yaz ayları boyunca mevcut olan sıcaklığı yeraltında depolayıp bir sonraki kış ısıtmada kullanmaktır. Kış ayları boyunca da yukarıda anlatılan prensibin tam tersi geçerlidir. Kış ayları boyunca yüzey sıcaklığı ile yeraltı sıcaklığı arasındaki farktan yararlanılabildiği gibi kışın mevcut olan soğukluğu da yeraltında depolayıp bir sonraki yaz soğutmada kullanmaktır. Aynı temel prensiple son yıllarda gece-gündüz arasındaki sıcaklık farkını kullanarak daha çok telekomünikasyon istasyonlarının soğutulmasında kullanılmaya da başlanmıştır. Sistem ısıtma amacıyla kullanıldığında, fosil yakıt kullanımında sağlanan tasarrufla, hem enerjinin etkin olarak kullanımını sağlamak, hem de CO₂, SO₂ ve NO_x gibi çevreye olumsuz etkileri olan gazların salınımını azaltmaktadır. Soğutma için kullanıldığında elektrik enerjisinde sağlanan tasarrufun yanı sıra ozon tabakasına zarar verdiği bilinen kloroflorokarbon (CFC) gazlarını kullanan soğutucu sistemlerin yerine geçmeleri ile bu gazların kullanımını da azaltmaktadır (Turgut 2002).

YIED teknikleri başlıca üç grupta (Şekil 2.11) incelenmektedir: a) Akiferde Isı Enerji Depolama (AIED), b) Kuyularda Isı Enerji Depolama (KIED), c) Boşluk, Tank, Çukur Isı Enerjisi Depolama (BIED).

AIED sistemlerinde ısı enerjisi depolama hacmini akifer oluşturmaktadır. Sıcak ve soğuk olmak üzere iki grup kuyu açılmaktadır. Akifer sisteminde yer alan geçirimli-geçirimsiz kaya türlerinin geçildiği seviyeler belirlenmektedir. Yeraltısuyu içeren seviyelere filtreli borular yerleştirilmekte ve uygun pompaj deneyleri yapılmalıdır. AIED sistemlerinde TIDT yapılmamaktadır. Isının taşınımını belirleyen parametreler yeraltısuyu akım hızı, hidrolik iletkenlik ve suyun kimyasal özelliğidir. Bu özelliklerin belirlenmesi için proje sahasında öncelikle araştırma kuyusu açılmalıdır.

KIED depolama sistemlerinde açılan kuyu ısı değiştiricileri yer kaynaklı ısı pompası için kullanılan ısı değiştiricileri yerleşimine oranla birbirine daha yakın olmakta ve ısı kaybı önlenmektedir. Kuyu ısı değiştiricilerinin sayısının belirlenmesi için proje kapasitesine bağlı olarak her 20 kuyu için birer adet araştırma kuyusu açılarak TIDT testi yapılmaktadır. Söz konusu sistemler AIED sistemlerinde gerekli olan yeraltısuyunun varlığından bağımsız olarak her yere kurulabilmektedirler.

BIED sistemlerinde ısı enerjisi yeraltında doğal olarak oluşmuş boşluklara su doldurularak veya terkedilmiş maden galerileri gibi mevcut boşluklara su içerisine depolanmaktadır. Soğuk ve sıcak depolama suyun sıcaklık farkına bağlı olarak sahip olduğu tabakalanma esas alınarak yapılmaktadır. Yeraltındaki boşlukların yanısıra yapay olarak açılan çukurlar su ile doldurularak ısı enerjisi depolanmaktadır.



Şekil 2.11 Yeraltında Isı Enerjisi Depolama Yöntemleri (a) Akiferde Isı Enerjisi Depolama (AIED) yöntemi şematik görünüm; (b) Kuyularda Isı Enerjisi Depolama (KIED) yöntemi şematik görünüm; (c) Boşluk-Tank-Çukurlarda Isı Enerjisi Depolama (BIED) yöntemi şematik görünümü

3. KAYNAK ÖZETLERİ

3.1 Uluslararası Çalışmalar

Horai ve Baldridge, 1972, tarafından yapılan çalışmada magmatik kayaların mineralojik ve kimyasal bileşimlerine dayanılarak termal iletkenliklerinin tahmin edilmesi için Çizelgeler geliştirmişlerdir. Termal iletkenliklerin tahmin edilmesinde mineralojik, kimyasal analiz ve atomik ağırlıklar olmak üzere üç yöntem kullanılmıştır. Mineralojik bileşim olan ilk yöntemin magmatik kayalarda iyi sonuç verdiğini, metamorfik kayalar için de kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Diğer iki yöntemin ise sadece magmatik kayalarda uygun olabileceğini belirtmişlerdir.

Robertson 1988. Kayaların termal iletkenliklerinin belirlenmesi amacıyla daha önceki çalışmacıların oluşturdukları diyagramlar geliştirilerek kayaların termal iletkenliklerinin belirlenmesi amacıyla sıcaklık, basınç ve mineral içeriklerine göre çeşitli katsayılar oluşturulmuştur. Mineralojik yapının kayaların termal iletkenliğinin belirlenmesinde önemli bir rol oynadığını belirtmiştir. Kaya içeriğindeki kuvars miktarının artması ile termal iletkenliğin arttığı, kil ve feldspat içeriği ile de termal iletkenliğin düştüğünü belirtmişlerdir. Yine termal iletkenliğin kayalardaki gözenek sıvısı tipi ve miktarına bağlı olduğunu belirtmiştir. Gözeneklilik artışına bağlı olarak kaya termal iletkenliğinde azalma olduğu belirtilmiştir.

Kukkonen ve Lindberg, 1998. Finlandiya Jeolojik araştırmalar kurumu tarafından Posiva bölgesindeki temel kayaların nükleer atık depolama alanı olarak kullanımının araştırılması için bölgede yer alan kayaların termal iletkenlikleri 1964-1995 yılları arasında açılan kuyulardaki karot örneklerinin petrofiziksel özellikleri araştırılmıştır. Bölgede açılan araştırma sondajlarından alınan karot numunelerinde termal özellikler, radyojenik ısı üretimi, hacimsel yoğunluk, manyetik süseptibilite, kalıntı doğal manyetizasyon yoğunluğu incelenmiştir. Finlandiyanın ana kayasını oluşturan plütonik, metasedimanter, meta ve iki tanede sedimanter kaya örnekleri incelenmiştir. Termal iletkenlik, özgül ısı kapasite, yoğunluk ve mineral kompozisyonları ölçülmüştür. Termal iletkenlik ölçümleri suya doygun örneklerde yapılmıştır. Termal iletkenlik değerleri mafik kayalardan felsik kayalara doğru artmaktadır. Yoğunluk ile termal iletkenlik arasında sayısal bir ilişki bulunmamakla birlikte yoğunluk azaldıkça bazı örneklerde termal iletkenlik artmıştır, bu durum örneklerdeki Silisyum fazlalığı ile doğru orantılı

olduğunu göstermiştir. Kayalardaki silisyum içeriği yoğunluğu düşürmektedir. Termal iletkenlik granitlerde 2,3-2.8 W/mK; daha iri taneli granitlerde 3,4 ve 3,5 W/mK değerleri arasında değişmektedir.

Midttømme 1998, tarafından İngiltere'nin Londra, Fullers Earth, Oxford, Kimmeridge kil ve çamurtaşlarında termal iletkenlik katsayısı tabakalanmaya dik olarak kararlı hal, divided bar ve needle probe yöntemleri kullanılarak ölçülmüştür. Londra killeri Eosen yaşlı denizel kökenli killerdir, Fullers Earth ise Alt Kretase yaşlı küllerin alterasyonu sonucu oluşmuş Ca-smektit türü bir kildir. Kimmeridge killeri ise geç jura yaşlı olup, organik malzemece zengin kalkerli çamurtaşından oluşmaktadır. Oxford killeri ise orta jura yaşlı organik malzemece zengin kilaşından oluşmaktadır. Kil ve çamurtaşlarında ölçülen termal iletkenlik değerleri 0,67 ile 0,97 W/mK arasında değişmektedir. Araştırma sonuçlarına göre killerin sadece gözenek değil tabakalar arasında da su bulundurması ve su termal iletkenliğinin malzemeden daha düşük olması nedeniyle, porozite ve su içeriğinin artışı termal iletkenlik değerlerini azalttığı gözlenmiştir. Yine killi kayalarda yoğunluk artışına paralel olarak termal iletkenlik değerlerinde artış gözlenmiştir. Mineralojik bileşim açısından pirit ve silis içeriği fazla olan örneklerde termal iletkenliğin artması beklenirken örneklerde bunun tersi gözlenmiştir. Tane boyu açısından değerlendirildiğinde boyutundan ($< 2\mu\text{m}$) küçük olan killerin fazla olan örneklerde en düşük termal iletkenlik, boyutu ($>63\mu\text{m}$) den fazla olan kum boyutundaki tanelerin fazla olduğu örneklerde ise yüksek termal iletkenlik değerleri elde edilmiştir.

Andersson vd. 2000, tarafından yeraltında ısı enerjisi depolanması için açılan araştırma kuyularından sistem tasarımını etkileyen jeolojik ve hidrojeolojik parametrelerin toplanması konusunda yapmış oldukları çalışmada sondaj sırasında ve sonrasında uygulanması gereken yöntemleri araştırmışlardır. Sondaj sırasında kuyuda geçilen kaya birimlerinden, su ve çamurdan örnek alınması; sondaj sırasında hidrolik parametrelerin izlenmesi, sonrasında ise doğal-gamma, rezistivite, akım logu gibi jeofizik ölçümler ve kapasite ile pompaj testinin yapılması gerektiğini belirtmişlerdir.

VDI4640, 2001 yerin termal özelliklerinin kullanılması amaçlı hazırlanan kılavuz kitapçığında YKIP sistemlerinin tasarımı ve inşaatında dikkat edilmesi gereken konular yer almaktadır. 30 kW kapasite ve daha küçük sistemlerde sadece ısıtma yüklerinin karşılandığı sistemlerin tasarımında önfikir elde edilebilmesi ve kapalı kuyu ısı

değiştiricilerinin uzunluğunun hesaplanması için kaya birimlerinin genel termal iletkenlik katsayıları göz önüne alınarak hesaplama geliştirilmiştir.

Fuch ve Förster, 2010 tarafından Almanya'nın Kuzeydoğu bölgesinde yer alan Mesozoik yaşlı kumtaşları içerisinde açılan kuyulardan alınan karot numuneler üzerinde optik scanner yöntem kullanılarak termal iletkenlik katsayısı ölçümleri yapılmıştır. Mesozoik kumtaşlarının termal iletkenlikleri 2,1 ve 3,9 W/mK, Permian kumtaşlarının ise 2,3 ve 4,8 W/mK gibi daha yüksek iletkenliğe sahip olduğunu göstermiştir. Bunun nedeninin kumtaşlarının içindeki yüksek silis miktarından kaynaklandığı belirlenmiştir. Düşük termal iletkenlik değerlerinin ise yüksek kil içeriğinden kaynaklandığı belirlenmiştir.

Schön, 2011 kayaların fiziksel özelliklerini inceledikleri çalışmada, magmatik, sedimanter ve metamorfik kayaların termal özelliklerinin kaya içeriğindeki kuvars miktarına, dolgu, gözenek miktarı ile dolgunun ve gözenegin içerisinde yer alan akışkanın özelliğine, tabakalanma yönüne ve kırık-çatlaklık oranına göre değiştiğini belirtmiştir. Kaya termal iletkenlikleri başlıca kaya içerisindeki minerallerin birbiri ile temas yüzeyinin artmasına, silis miktarına ve su içeriğine bağlı olarak artmaktadır. Termal iletkenlik basınç ve sıcaklık ile de değişim göstermekte, basınç ile doğru orantılı, sıcaklık ile ters orantılı olarak değiştiği belirtilmektedir.

Andolfsson, 2013 tarafından İsveç'te Scania bölgesinde yer alan kayalarda termal iletkenlikler ve buna etkiyen gözeneklilik, mineralojik özellikleri ve dokusu, tabakalanması, yer sıcaklığı gibi jeolojik parametreler incelenmiştir. Sedimanter kayalarda 0,5-2; 1,5-3 W/mK aralığında, kristalin kayalarda ise 2-4 W/mK aralığında değişmekte olduğu belirtilerek, Scania bölgesinin termal iletkenlik haritası hazırlanmıştır.

Kovačić, 2013. Rab adasının kuzey bölümündeki alanda jeotermal potansiyel araştırması kapsamında, kayaların termal iletkenlikleri de araştırılmıştır. Üst kretase karbonatlarının ve Tersiyer foraminiferli sedimanların termal özellikler açısından homojen olup, göreceli olarak ısı iletimi ve ısı tutma açısından iyi özelliklere sahip olduğu belirtilmiştir. Tersiyer yaşlı fliş çökellerinin termal özellikleri homojen olmadığı belirtilmektedir. Üst Kretase ve Tersiyer çökellerinin termal iletkenliklerinin ısı tutucu olması nedeniyle yaz döneminde binadan atılan ısının depolanarak, izleyen kış döneminde kullanılabileceği belirtilmiştir.

Nondorf, 2013. Arkansas'ın Güneybatısı'ndaki bölümde yer alan Jura yaşı kayalarda açılan 18 adet kuyudan karot numuneler üzerinde termal iletkenlik ve jeotermal gradyan ölçümleri yapılarak bölgedeki ısı akısı belirlenmeye çalışılmıştır. Termal iletkenlik analizlerinde KD2 Pro Termal Analyzer kullanılarak oda sıcaklığında ölçümler gerçekleştirilmiştir. Termal gradyan kuyularda ölçülen sıcaklıklardan belirlenmiş, ısı akısı ise termal iletkenlik ölçümlerinden hesaplanarak belirlenmiştir. Smackover Formasyonu için en yüksek termal iletkenlik sonuçları kuzeydoğu Lafayette bölgesinde 2,57 W/mK olarak belirlenmiş, azalan sırayla batı Calhoun bölgesi 2,47 W/mK olarak ölçülmüştür. Kuzeybatı Columbia ve batı Calhoun merkezi en yüksek sıcaklık gradyanına 3,51 °C/100 m ve 72,3 miliwatt/metre olarak belirlenmiştir. Elde edilen bu parametreler Jeotermal enerji açısından güneybatı Arkansans bölgesinde yeralan Samckover Formasyonunun potansiyel olabileceğini göstermiştir.

Curtis, 2013, tarafından yer kaynaklı ısı pompası boyutlandırılması için geliştirilen abaklarda yatay ve düşey ısı değiştiricilerinin yerin farklı bozulmamış sıcaklıklarında ve farklı ısı iletkenliğe sahip kayalarda farklı çalışma sürelerinde elde edilebilecek farklı yer ısı değişim oranlarının yer aldığı çizelgeler geliştirilmiştir.

Miao vd. 2014 tarafından yapılan çalışmalarda granit, granodiyorit, gabro ve garnet amfibolit türü kayaların özgül ısı kapasitesi ve termal difüzitesi gibi termofiziksel özellikleri oda sıcaklığında ölçülerek, yoğunluk değerleri ile birlikte termal iletkenlikleri hesaplanmıştır. Kayaların ince kesitleri modal analiz ve petrografik analiz yapılarak incelenmiş ve XRF ile majör elementler belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre Monzonitin en düşük termal difüzitesi, granit ve felsik granitin daha yüksek termal difüzitesi elde edilmiştir. Bunun nedeninin feldspatın termal iletkenlik yeteneğinin daha düşük olmasından kaynaklandığı belirtilmiştir. Yine araştırmadaki diğer önemli bir sonuç oda sıcaklığında ölçülen değerler, hesaplanan değerlere yakın veya biraz daha düşük olduğunu, termal iletkenlik değerlerinin belirlenmesi için en iyi yöntemin yerinde ölçüm olduğunu belirtmişlerdir.

Di Sipio ve Bertermann, 2014, İtalya'da son yıllarda bina ısıtma ve soğutmasında sığ jeotermal sistemler kullanıldığını ve kuyu ısı değiştiricilerinin tasarımında literatür değerlerinin kullanıldığını belirtmişlerdir. Bölgeye özgü termal iletkenlik değerlerinin hem arazide hem de laboratuarda belirlenerek sığ jeotermal sistemler için güvenilir bir

altlık oluşturulması hedeflenmiştir. Kuyu ısı değiştiricileri için minimum değerlerin belirlenerek güvenilir değerlerin elde edilmesinin önem taşıtmaktadır ve kaya termal iletkenliklerinin su içeriği ile değişmektedir. Bu nedenle kaya örnekleri kurutulularak termal iletkenlikleri ölçüldüğü ve sığ jeotermal sistemler için güvenilir değerler elde edildiği belirtilmektedir. Termal iletkenlik değerlerinin granitler için 2,4; kil 2; neritik ve karbonat platform türü kireçtaşları 2,5; kil ve marn türü kayalar için 1,6 W/mK arasında değiştiği belirtilmiştir.

Siliski, 2014 tarafından yapılan yüksek lisans tez çalışmasında Ball State Universitesi (BSU)'nin YKIP sisteminin kurulu olduğu alandaki stratigrafi ve yeraltısuyunun araştırılması amaçlanmıştır. Isıtma ve soğutma ihtiyaı için açılan YKIP sistemindeki 5 adet kuyu ısı değiştiricisinde geçilen silüriyen yaşlı dolomit, kireçtaşı ve şeyl arakatmanlı kireçtaşları birimlerinin hidrolik iletkenlik ve termal iletkenlik özellikleri incelenmiştir. Kuyu ısı değiştiricileri için açılan kuyulardan alınan karot örneklerinde binoküler mikroskop ile petrografik inceleme yapılmıştır. Litoloji, doku, gözenek tipi, fosil tipi, bolluk miktarı, ikincil alterasyon ve mineralizasyonu her bir kuyuda geçilen seviyelerde tanımlanmıştır. Örneklerde hacimsel gözeneklilik ölçülmüştür. Örneklerde kuru ve suya doygun termal iletkenlik ölçülmüştür. En üstte yer alan buzul çökeli ve killi toprak numunelerinin termal iletkenlikleri 2,14-2,5 W/mK arasında değişmektedir. Porozitenin termal iletkenlik üzerinde önemli bir etkisi görülmemekle birlikte sadece tek bir örnekte gözlenmiştir. Bu örnekte gözenekler birbiri ile bağlantılı ve su ile dolu olması nedeniyle termal iletkenlik yüksek değere sahiptir. Araştırmada bir ift TIDT gerçekleştirilmiştir, kayaların efektif termal iletkenliği 2,6-3 W/mK, kaya örneklerinde yapılan termal iletkenlik ölçümleri sonucunda 2,2 ve 3,5 W/mK değerleri elde edilmiştir.

Ramstad, K.R. vd. Oslo bölgesinde yer alan granit, siyenit, monzonit, riyolit, bazalt kumtaşı, şeyl, kil ve kireçtaşı gibi kayaların yer kaynaklı ısı pompası sistemlerinin tasarımı için termal iletkenlik haritası oluşturmuşlardır. Kayaların termal iletkenlik değerleri termal difüzite değerleri ölçülerek hesaplanmıştır.

Walker vd. 2015. Düşey tip YKIP'nın beklenen performansının kuyu ısı değiştiricilerinde geçilen stratigrafik birimlerin termal özellikleri ile değişiminin incelendiği çalışmada kuyu ısı değiştiricilerinin tasarımının literatür termal iletkenlik değerleri kullanılarak yapıldığı ve sahaya özgü gerçek değerlerin kullanılmadığı

belirtilmektedir. Bu durumun uzun dönemde sistem etkinliğinin düşük ya da maliyetlerin fazla olmasına neden olduğu belirtilmektedir.

Zhao vd. 2016. Çin Beishan bölgesinde yüksek dereceli radyoaktif atıkların depolandığı alanlarda yer alan granitik kayaların termal özelliklerinin araştırılması amaçlanmıştır. Kayaların termal iletkenlik ölçümleri Transient Plan Source yöntemi kullanılarak ölçülmüştür. Yapılan değerlendirmeler sonucunda kayaların kuvars ve su içerikleri ile termal iletkenlik değerlerinin arttığı gözlenmiştir. Çalışma sonuçlarına dayanarak kaya termal iletkenliklerinin radyoaktif atıkların depolanacağı yerdeki kazıların planlanmasında kullanılacağı belirtilmiştir.

Cassaso, vd. 2016. tarafından YKIP sistemlerinin ısıtma ve soğutmada sürdürülebilir kullanımının hesaplanması için G.POT programı geliştirilmiştir. Programın geliştirilmesinde yerin termal iletkenliği ve kapasitesini kapsayan yer termal özellikleri, kuyu ısı değiştiricisinin termal özellikleri, kuyu ısı değiştiricisinin işletim ve tasarım parametreleri (kuyu ısı değiştirici uzunluğu, ısı transfer akışkan sıcaklıkları, ısıtma ve soğutma için yerin sürdürülebilir limit sıcaklık değerleri) ile birlikte analitik ısı transfer yaklaşımları göz önüne alınmıştır. G.POT programı çok farklı senaryolar göz önüne alınarak geniş bölgelerin sıg jeotermal potansiyelini hesaplama için elverişli bir model olduğunu belirterek, İtalya'nın Cuneo bölgesinin sıg jeotermal potansiyel haritasını hazırlamışlardır.

Cassaso vd. 2017, tarafından Cereno (Slovenia) bölgesinin kapalı sistem sıg jeotermal potansiyel haritası oluşturulmuştur. Bölgeyi oluşturan kaya tiplerinde termal iletkenlik ölçümleri gerçekleştirilmiştir ve dolomit, kuvars kumtaşı ve dolomitik kireçtaşı birimlerinde en yüksek değerler elde edilmiştir. Yapılan çalışmada bölgenin iklim koşulları göz önüne alınarak ısıtma ihtiyacının baskın olduğu göz önüne alınarak 100 metre derinlikte kapalı ısı değiştiricileri için yıllık çekilebilecek sürdürülebilir enerji hesaplanmıştır.

Cassaso vd. 2017 tarafından Cuneo (Piedmont, KB İtalya) bölgesinde yer alan kayaların termal ve hidrojeolojik özellikleri göz önüne alınarak bölgenin hem kapalı sistem hem de yeraltısuyu kullanan açık sistem kullanımı için potansiyel haritasını oluşturmuşlardır.

Blásquez vd. 2017. tarafından İspanya Avila bölgesinde yer alan Granit, monzogranit, şist, kumtaşı, kıltaşı, gnays, kuvarsit, sleyt gibi magmatik, metamorfik ve sedimanter

kayaların termal iletkenliklerinin ölçülerek Avila bölgesinin termal haritası oluşturulmuştur. Termal iletkenlik haritasının yer kaynaklı ısı pompası sistemlerinin tasarımında güvenilir bir altlık oluşturması hedeflenmiştir. Ancak büyük kapasiteli projeler için TIDT'nin yapılması önerilmiştir.

Janža vd. 2017. Sığ jeotermal enerjinin tasarımı yapılırken bölgenin jeolojik, hidrojeolojik koşullarının kaya tipi, sertlik, yeraltısuyu varlığı, kaya termal iletkenliği gibi değerlerin göz önüne alınması gerektiğini ve bu kapsamda yürütülen GeoPLASMACE adlı proje kapsamında Ljubljana bölgesinin sığ jeotermal potansiyelinin ortaya çıkarılması amaçlanmıştır. Yapılan çalışmalarda bölgenin jeolojisini oluşturan Kuaterner öncesi silisli kumtaşı, şeyl, kuvars konglomera, kireçtaşı, marn ve dolomit türü kayalarda termal iletkenlik ölçümleri ve yeraltısuyu sıcaklığı ölçülmüştür. Yapılan termal iletkenlik ölçüm değerlerinin dolomit ve kuvars konglomeralarda 3,6 ve 5,4 W/mK gibi en yüksek değerler gösterdiğini belirterek bölgeye ısı iletkenlik haritası hazırlanmıştır. Bölgenin ısı akısının 60-135 mW/m² olduğunu, En düşük değerler kilitaşı, silttaşı ve tüff örneklerinde gözlenmiş olup 1,4 ile 2,5 W/mK arasında değişmektedir. Yeraltısuyu sıcaklıkları ölçülerek 10,6 ile 14,6 °C arasında değiştiği belirtilmiştir.

Chopra, vd. 2018, Termal iletkenlik ölçümlerinin doğrudan yapılamayacağı yerlerde az gözenekli granitik kayalarda mineralojik bileşimlerinin NORM istatistik yöntemi kullanılarak belirlenebileceğini belirtmişlerdir. Granitik kayalarda sahada ölçülen termal iletkenlik değerleri ile mineralojik ve petrografik ve kimyasal analizlerinin kullanılarak hesaplanması ile elde edilen değerlerin birbiri ile uyumlu olduğunu belirtmişlerdir.

3.2 Ulusal Çalışmalar

Tezcan, 1979. Türkiye'nin batı bölgelerindeki ısı akısının hesaplandığı çalışmalarda üst bölümde yer alan killi sedimentlerin termal iletkenliği 2,1 W/mK olarak ve mevcut sıcak su sondajlarından alınan sıcaklık değerlerine göre maksimum sıcaklık gradyanı 3 °C/10 m öngörülmüştür.

İlkışık, 1989. Türkiye geneli için sabit bir ortalama ısı iletim katsayısı $\lambda = 2.1$ (W/m°C) değeri seçerek ısı akısı haritası çalışması (Tezcan ve Turgay 1989) yapılarak Orta Anadolu bölgesi için yaklaşık ısı akısı değeri 90-100 mW/m² olarak belirtilmektedir. Yazar tarafından sıcak su kuyularından elde edilen akışkanların SiO₂ değerleri

kullanılarak hesaplanan rezervuar sıcaklıkları kullanılarak ısı akısı hesaplanmış ve daha önceki çalışmalar ile uyum içinde olduğu belirtilmiştir.

Paksoy vd. 1997. Türkiye’de YIED uygulamalarında konut, sanayi ve tarım sektörleri için uygun olabilecek yerler belirlenmiştir. Türkiye’de enerji tüketiminde ilk sırada yer alan konut ve ikinci sırada yer alan sanayi sektörleri için uygun yeraltında ısı enerjisi depolama alanlarının çok geniş olduğu belirtilmiştir. YIED yöntemlerinin uygulanması durumunda yaklaşık 10% ve 20% oranında enerji tasarrufu sağlanabileceği öngörülmüştür. Türkiye’nin iklim, jeoloji, hidrojeoloji, sanayi ve tarım kullanımı ve nüfus yoğunluğu özellikleri göz önüne alınarak Türkiye’nin yeraltında ısı enerjisi depolama potansiyel haritası hazırlanmıştır. Kaya türlerine göre akiferde, kuyularda ve her iki yönteminde uygulanabileceği potansiyel alanlar ortaya konmuş, uygulanacak teknolojinin belirlenmesi için bölgeye ait, jeolojik ve hidrojeolojik koşulların göz önüne alınması gerektiği belirtilmiştir.

Paksoy, 2011 tarafından yapılan çalışmada termal enerji depolama yöntemlerinin kısa ve uzun süreli olmak üzere iki başlıkta uygulandığını, kısa süreli yöntemde faz değiştiren malzemelerin konut sektöründen ulaşım sektörüne kadar birçok alanda kullanıldığını belirtmiştir. Faz değiştiren maddelerin yapı sektöründe bina kabuğunda kullanılması ile enerji tüketiminin 35% oranında azaltılabileceği belirtilmiştir. Uzun süreli termal enerji depolama yöntemlerinin ise akifer, kuyu ve boşluk-çukur-tank enerji depolama olmak üzere üç ana başlık altında uygulandığını belirtmiştir. Havalimanı-yollarda buzlanmanın giderilmesinden bölgesel ısıtma sistemlerine kadar birçok konuda uluslararası uygulamanın bulunduğunu, ülkemizde bu çalışmaların yaygınlaştırılması ile yenilenebilir enerjiden daha fazla yararlanılabileceği belirtilmiştir.

Bal, 2014. Yapılan çalışmada Curie sıcaklığı 560 °C kabul edilerek Curie nokta derinlikleri elde edilmiştir. İncelenen bölge için termal iletkenlik katsayısı 2 W/m°C ve 3 W/m°C kabul edilerek sırasıyla 112,40 ve 168,59 mW/m² ısı akısı olduğu belirlenmiştir. En yüksek ısı akısı değerlerinin tektonik etkinliğin, genç magmatik sokulumların ve volkanizmanın genç olduğu bölgelerde yer aldığı belirtilmiştir.

Akın vd, 2014. Türkiye’nin ısı akısı hesaplaması açısından jeotermal potansiyelinin değerlendirmesi kapsamında yapılan çalışmada ısı akısının 0- 125 mW/m² arasında olduğunu, ancak doğu karadeniz, güney doğu ve doğu bölgelerindeki çalışmaların eksik

olduğu ve bunların tamamlanması ile ilerde daha detaylı ısı akısı haritası yapılabileceğini öngörmüşlerdir. Çalışmada ısı akısı çalışmalarında kullanılan termal iletkenlik değeri Karlı 2006 MTA tarafından 579 kaya örneğinde gerçekleştirilen çalışmalardan alınarak kullanıldığı belirtilmektedir.

Bayram ve Erol 2015. Tarafından yapılan araştırmada Türkiye'nin farklı bölgelerinde yer alan bazı doğal taşların ısı iletim özelliklerinin belirlenmesi, kimyasal ve mineralojik faktörlerin ortaya konması amaçlanmıştır.

Balkan vd. 2017 tarafından yapılan çalışmada kaya termal iletkenliğinin ısı akısının hesaplanmasında anahtar parametrelerden biri olduğu belirtilerek, Türkiye'nin batı bölgesinde sokulum, metamorfik ve sedimanter kayaların yer aldığı, batı bölgesinde ise kireçtaşı ve dolomitik kireçtaşlarının rezervuar kayacı temsil ettiğini belirtmişlerdir. Batı bölgelerde yer alan kireçtaşlarının orta bölgede yer alan kireçtaşlarına oranla daha yüksek termal iletkenlik değeri gösterdiği, denizel kireçtaşının gölge kireçtaşına oranla daha yüksek termal iletkenlik değerine sahip olduğu belirtilmiştir.

4. YÖNTEM

Ankara ve İstanbul illerinde KIED ve YKIP sistemleri için ısı değişim potansiyelinin belirlenebilmesi için söz konusu il alanlarını oluşturan bölgelerin jeoloji haritaları kullanılmıştır. Daha önceki araştırmacılar (Özgül 2011) tarafından hazırlanan İstanbul ili için 1/50.000, Ankara ili için 1/100.000 ölçekli jeoloji haritaları (MTA) kullanılmıştır. Jeoloji haritalarında farklı zamanlarda oluşmuş farklı formasyon adları ile tanımlanan magmatik, metamorfik ve sedimanter kaya birimleri içerdikleri egemen granit, andezit, bazalt, kumtaşı, kilitaşı ve kireçtaşı kaya gruplarına ayrılarak hakim kaya birimleri haritaları oluşturulmuştur.

Oluşturulan kaya gruplarından alınan kaya numunelerinde termal iletkenlik, yoğunluk, su içeriği ve mineralojik-petrografik ile kimyasal analizler yapılarak kayaların termal iletkenlik özellikleri ile mineralojik-petrografik özellikleri arasındaki ilişkiler araştırılmıştır.

Bozulmamış yer sıcaklığı ölçümleri için Ankara bölgesinde ASKİ tarafından açılan 80-100 metre derinliklerindeki iki adet içmesuyu kuyusu kullanılmıştır. İstanbul bölgesinde ise İller Bankası Ataşehir Bölge Binası YKIP sistemi için açılan iki adet kapalı sistem kuyu ısı değiştiricisinde yapılan TIDT'den elde edilen bozulmamış yer sıcaklığı, efektif termal iletkenlik ve kuyu direnci değerleri kullanılmıştır (Paksoy 2014).

Isı değişim potansiyellerinin hesaplanmasında Ankara ve İstanbul illeri için

- iklim özellikleri
- kaya termal iletkenlikleri
- bozulmamış yer sıcaklığı

göz önüne alınarak

- 100 metre derinlikte çiftli U boru

kullanılan kapalı kuyu ısı değiştiricisi sistemi için yıllık yeraltına depolanabilecek ya da çekilebilecek minimum ısı enerji miktarı hesaplanmıştır.

Kaya numunelerinin alındığı koordinatlar Universal Merkator Ondalık Derece sistemi ile uyumludur. İstanbul ve Ankara illeri jeoloji haritalarında farklı zamanlarda oluşmuş farklı adlar ile adlandırılan ve farklı kaya birimlerini içeren formasyonlar egemen kaya gruplarına göre sınıflandırılmış ve Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılarak egemen kaya grubu haritaları oluşturulmuştur. Kaya örneklerinin alındığı lokasyonlar harita üzerine işlenmiştir.

- Termal iletkenlik ölçümleri yumuşak kayalarda arazide Ankara Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama Merkezi (AÜ-YEBİM) Hukseflux cihazı, sert kayalarda ise Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü (MTA), İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü (İYTE) ve Katip Çelebi Üniversitesi (KÇÜ) laboratuvarlarındaki cihazlarında yaptırılmıştır.
- Su içerikleri Akademi Jeoteknik Zemin Laboratuvarında yaptırılmış, mineralojik-petrografik-kimyasal ve yoğunluk ölçümleri AÜ-YEBİM laboratuvarındaki cihazlarda yapılmıştır.
- Kaya numunelerinden ince kesit alınarak polarizan optik mikroskop kullanılarak mineralojik ve petrografik analizleri yapılmıştır.

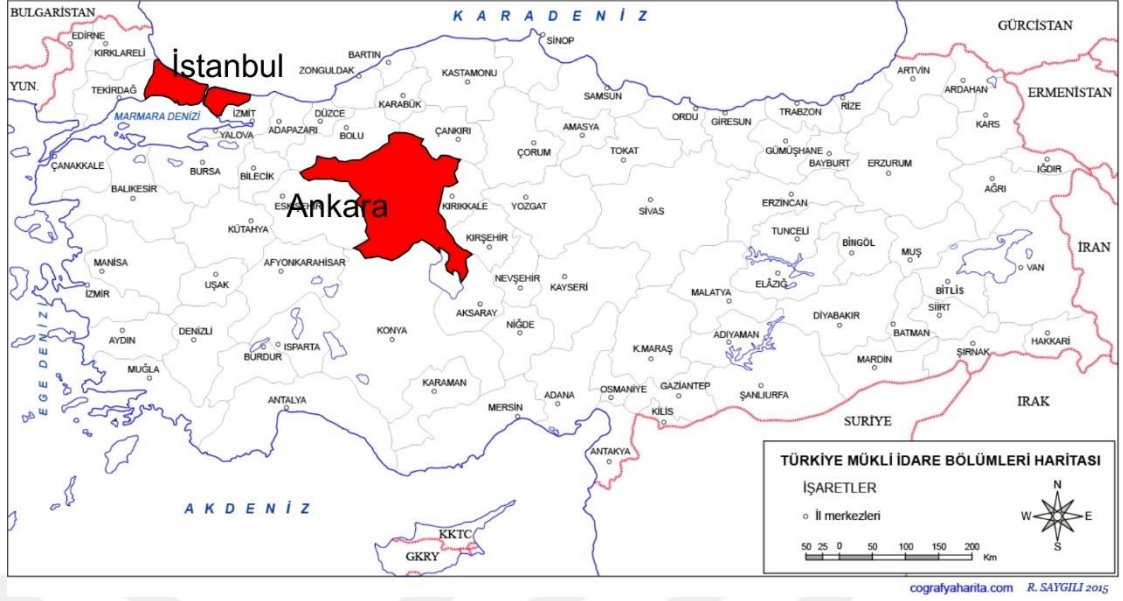
Ölçümlerde kullanılan cihazlar ve ölçüm standartları Çizelge. 4.1’de verilmektedir.

Çizelge 4.1 Yapılan analizler ve kullanılan cihazlara ait özellikler

Analiz	Kurum	Standart	Cihaz	Çalışma aralığı
Yoğunluk	AÜ-YEBİM	TS2460	Radwag-AB220-R2	10 ⁰ -40 ⁰ C
Sıcaklık	AÜ-YEBİM	TS-ISO-654	Solinst Model 107 TLC	-15 ⁰ C-50 ⁰ C
Termal İletkenlik Katsayısı	MTA	ASTM E 1530	Unitherm2022-Guarded heat flow	0,1-30 W/mK
	İYTE	ASTM C 2004	QTM-500-Unsteady hot wire	0,023-12 W/mK
	KÇÜ	ASTM D7984	Modified Transient Plane	0-500 W/mK
	YEBİM	ASTM D7984	Hukseflux FTN01	0,1-6 W/mK
Su içeriği	Akademi Jeoteknik	TS-EN-ISO-17892-1	Fırın	
Mineralojik-Petrografik	AÜ-YEBİM		LecicaDM2500P polarizan mikroskop	

4.1 Jeoloji Çalışmaları

Çalışma alanı olarak yapılaşmanın yoğun olduğu iki il olan İstanbul ve Ankara seçilmiştir. İstanbul ili *İstanbul Zonu* ve Ankara ili ise *Sakarya Zonu* ve *Kırşehir Masifi* birliğinin bir bölümünü kapsamaktadır (Şekil 4.1).



Şekil 4.1 Çalışma alanlarının konumunu gösterir coğrafik harita

4.1.1 Ankara bölgesi

Doktora tez çalışmasında Ankara ili için MTA tarafından hazırlanan 1/100.000 ölçekli jeoloji haritaları kullanılmıştır. Söz konusu paftalar Çizelge 4.2 de gösterilmektedir.

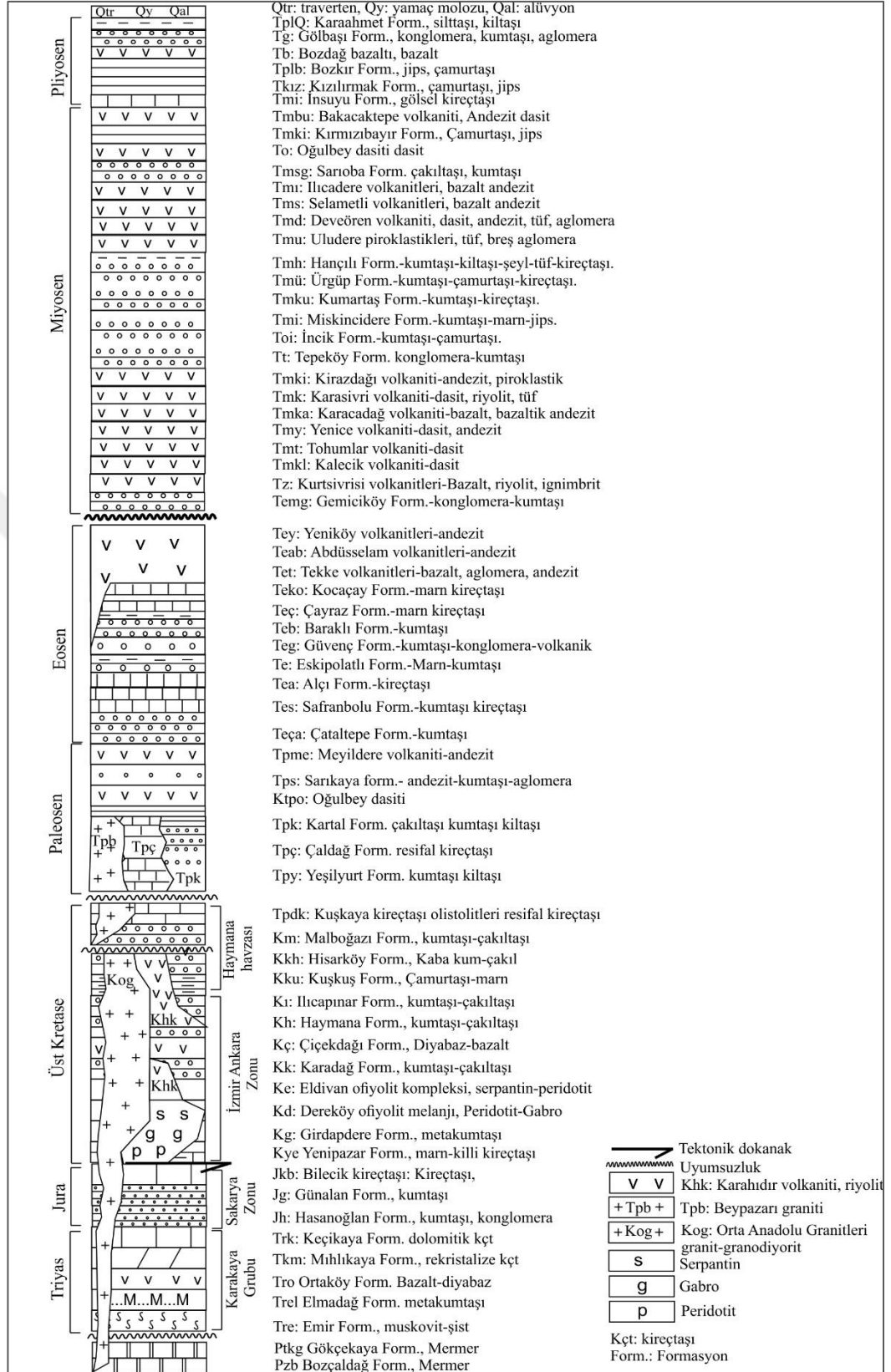
Çizelge 4.2 Ankara il alanı 1/100.000 ölçekli jeoloji haritası pafta numaraları

Jeolojik Harita Pafta No								
G28	H17	H26	H28	H30	İ28	İ30	J29	K28
G29	H25	H27	H29	H31	İ29	J28	J30	K30

Ankara il alanı jeolojisi MTA 1/100000 ölçekli açınısımalı jeolojik paftalar esas alınarak hazırlanmıştır (EK 163). Çalışma alanında yer alan pafta numaraları Şekil 5.6'da yer almaktadır.

Stratigrafi

Çalışma alanı *Batı Pontid Zonu*, *Armutlu Almacık Arkotdağı Zonu*, *Torid Anatolid Zonu*, *İzmir Ankara Zonu*, *Sakarya Zonu* ve kısmen *Kırşehir Masifini* kapsamakta olup yüzlek veren kayalar farklı zamanlarda oluşmuş ve farklı tektonik birlikte yer almakta olup egemen kaya birimlerine göre gruplanarak EK 160'da verilmektedir. Formasyonlar ile ilgili detaylı bilgiler yaş sırasına göre aşağıda yer almaktadır (Şekil 4.2).



Şekil 4.2 Ankara bölgesi genelleştirilmiş stratigrafi istifi (MTA, 100 binlik paftaları, Çizelge 4.2’de yer alan paftalar)

Paleozoik Birimleri

Batı Pontid, Sakarya ve Kırşehir Zonu içerisinde yer alan Paleozoik Yaşlı Formasyonlar aşağıda sırasıyla verilmektedir:

Bozçaldağ Formasyonu (Pzb), Kırşehir masifinde gözlenen Paleozoik yaşlı kaya grubunu temsil etmektedir. Açık gri, beyaz, nadiren pembe renkli holokristalin dokulu mermerlerden oluşmaktadır. Seymen (1982) tarafından adlandırılmıştır. Mermerler granitoyitler tarafından kesilmiş olup. Dolayısı ile mermerlerde kontakt metamorfizma etkisi gözlenmektedir. Kontakt zonlarda aktinolit, turmalin, granat, diopsit, plajioloklas ve piroksen mineralleri gelişmiştir. Üstte Geç Miyosen-Pliyosen yaşlı İç Anadolu Grubu çökelleri tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir (Akçay vd. 2008).

Gökçekaya Metamorfitleri (PTkg), merceksel mermer içerikli metakırıntılı ve metabazik volkanitler ile metasilttaşları metatüfler, metabazik lavlar, metakonglomeralar, radyolarit ara bantlı rekristalize pelajik kireçtaşları ile gri-siyah ve kahverenkli rekristalize kireçtaşlarından oluşmaktadır. Kaya ince kesitlerinde albit-glaukofan şist, albit-klorit-aktinolit-epidot-muskovit-kalkşist, kuvars şist, klorit serizit şist, fillit ve grafit şist saptanmıştır (Göncüoğlu vd. 1996). Gökçekaya metamorfitleri ve Emir Formasyonu ile deneştirilen (Akyürek vd. 1982, 1984, 1996; Koçyiğit 1987) bu birim tez çalışmasında Karakaya Metamorfitleri adı altında gruplandırılmıştır. Birimin görünür kalınlığı 3000-5000 m olup Permo-Triyas yaşlı kabul edilmektedir (Gedik ve Aksay 2002). Karakaya metamorfitlerinin üst kesimlerine doğru metamorfizma şiddeti giderek azalmakta, şist ve kalkşist türü kayalardan metakumtaşı ve metakırıntılı kayalara doğru geçiş gözlenmektedir.

Mesozoyik birimleri

Emir Formasyonu (Tre), Muskovit-kuvars şist, serizit-klorit-kuvars şist, serizit-klorit şist, fillit, kuvars-albit klorit şist, kalkşist ve metavolkanitlerden oluşmaktadır ve Akyürek vd., 1982 tarafından adlandırılmıştır. Tabanı gözlenemeyen Emir Formasyonu'nun üzerine Elmadağ Formasyonu gelmektedir. Erken Triyas yaşındadır (Akyürek vd. 1979a, 1984).

Elmadağ Formasyonu (Trel), Sarı, boz, kahverengi ve gri renkli ince-orta tabakalanmalı ve sık kıvrımlı, alttan üste doğru metamorfizması gittikçe azalan ilksel halini kısmen korumuş metaçakıldaşı, metakumtaşı, metamiltaşı, metaçamurtaşı, kumlu kireçtaşı,

kumtaşı, kireçtaşı ile aglomera, metavolkanit ve metatüften oluşan birim, Akyürek vd. 1982 tarafından adlandırılmıştır. Birim içerisindeki Karbonifer yaşlı kireçtaşı (Cb), Permien yaşlı kireçtaşı blokları (Pb), meta ultramafik bloklar ise (Ub) olarak tanımlanmıştır. Erken Orta-Geç Triyas yaşlı (Akyürek vd. 1997) olup Karatepe Formasyonu (Duru ve Aksay 2002) ile deneştirilmektedir. Bu nedenle bu çalışmada Karatepe Formasyonu'na ait birimler tek birim altında toplanarak Elmadağ Formasyonu olarak gösterilmiştir. Elmadağ Formasyonu'nun içerisinde Karbonifer yaşlı kireçtaşı (Ckb) blokları yer almaktadır.

Ortaköy Formasyonu (TRo), Spilitik bazalt, diyabaz, tuf, aglomera ve kayalardan beslenmeli kumtaşlarından oluşan birim Akyürek ve diğerleri. (1982, 1984) tarafından adlandırılmıştır. Formasyon içerisinde gözlenen kireçtaşları İmrahor üyesi (TRoi), daha az oranda izlenen diyabaz daykları ise Diyabaz daykları (TRdd) olarak ayırtlanmıştır. Spilitik kayalarda yer yer yastık yapılarına rastlanmaktadır. Ortaköy Formasyonu içerisinde Permien yaşlı kireçtaşı blokları gözlenmektedir. Ortaköy Formasyonu Elmadağ Formasyonu ve kısmen de Keçikaya Formasyonu'nun alt kesimleri ile eş zamanlı olarak etkinliğini sürdürmüş olup yanal olarak giriktir. Orta-Geç Triyas yaşlı olarak belirlenmiş olup, Karakaya Formasyonu'nun kesimleri ile deneştirilmektedir (Dönmez ve Akçay 2010).

Mıhlıkaya Formasyonu (Tkm), Rekristalize kireçtaşı, çörtlü kireçtaşı ve metakırıntılardan oluşan birim Göncüoğlu ve diğerleri (1996) tarafından adlandırılmıştır. Birim altta orta-kalın tabakalı, gri renkli, kaba taneli, yer yer dolomitik rekristalize kireçtaşları ile başlamaktadır. Üzerine kalkıştı görünümlü killi kireçtaşı ara tabakalı kumtaşı ve siltaşı gelmektedir. Birimin büyük bölümünü çörtlü kireçtaşları oluşturmaktadır. Formasyonun kalınlığı yaklaşık 700 metre olup Orta Triyas- Erken Geç Kretase yaşlı kabul edilmiştir (Gedik ve Aksay 2002). Çalışma alanının kuzey batı bölümünde Bayırköy Formasyonu tarafından üstlenmektedir.

Keçikaya Formasyonu (TRk), Gri, beyaz renkli yer yer dolomitize, kireçtaşı ve kumlu kireçtaşlarından oluşmakta olan birim ilk kez Akyürek ve diğerleri (1982) tarafından adlandırılmıştır. Keçikaya Formasyonu alttan Elmadağ ve Ortaköy Formasyonları ile geçişli olup, birimi Bayırköy Formasyonu uyumsuz olarak örtmektedir. Orta-Geç Triyas yaşlı olarak belirtilmektedir (Dönmez ve Akçay 2010).

Hasanoğlan Formasyonu (Jh) Ankara civarında gözlenen Hasanoğlan Formasyonu kumtaşı, konglomera, şeyl ve kireçtaşlarından oluşmakta olup çalışma alanının kuzeyinde gözlenen Bayırköy Formasyonu ile deneştirildiği (Akyürek vd. 1982) için tez çalışmasında Hasanoğlan Formasyonu olarak gösterilmiştir. Birim yeşilimsi, gri, yer yer pembe renkli, ince tabakalı kumtaşı ile grimsi yeşil renkli, ince-orta tabakalı şeyl, kiltası ve marn ardalanmasından oluşmaktadır. Taneler çoğunlukla üzerinde bulunduğu birimlerden türemektedir. Kalın kumtaşları çapraz tabakalanmalıdır. Orta kesimlerdeki kumtaşları iyi yıkanmış olup beyaz renkli kuvars kumtaşı niteliğindedir. Formasyonun kalınlığı değişken olup en çok 700 metre kalınlıkta istifler oluşturmaktadır. Liyas yaşlı olan formasyon kendinden yaşlı birimler üzerinde açısız uyumsuz olarak durmaktadır. Üstte Bilecik Kireçtaşı ve Soğukçam Formasyonu tarafından paralel uyumsuzluk ile üstlenmektedir (Akyürek vd. 1997).

Günelan Formasyonu (Jg), Ankara civarında gözlenen Günelan Formasyonu volkanojenik kumtaşı, çamurtaşı, şeyl, tüf, aglomera, andezit, bazalt ve kireçtaşından oluşmaktadır. Çalışma alanının kuzey batı kesimlerinde Mudurnu Formasyonu ile deneştirildiği (Akyürek vd. 1996) için tez çalışmasında Günelan Formasyonu olarak gösterilmiştir. Birimin egemen kaya türünü nefti yeşil ve kahverenkli, ince-orta tabakalı, volkanojenik kumtaşı, şeyl ve çamurtaşı ardalanması oluşturmaktadır. Çoğunlukla türbiditik fasiyesi temsil eden bu litolojiler yanal ve dikey yönde aglomera ve tüflere geçiş göstermektedir. Yer yer andezitik, bazaltik lav merccekleri bulunmaktadır. Birimin en üst seviyelerinde gözlenen kumtaşı-şeyl ardalanması egemen kaya türünü oluşturmaktadır (Akyürek vd. 1997).

Bilecik Kireçtaşı (Jkb), Neritik kireçtaşlarından oluşan birim ilk kez Granit ve Titant (1960) tarafından adlandırılmıştır. Alt seviyeleri orta katmanlı ve dolomitiktir. Yer yer çört yumruları içermektedir, daha sonra ince-orta katmanlı seviyeler ile devam etmektedir. En üstte oolitli klastlı kireçtaşları gelmektedir. Yanal ve dikeyde Soğukçam Formasyonu ile geçişlidir, yaklaşık 100 m kalınlık sunmaktadır Üst-Jura-Alt Kretase yaşlıdır (Akyürek vd. 1997). Ankara civarında Çaldağ Formasyonu (Schmidt 1960) olarak adlandırılmıştır. Kimmerisiyen-Berriyasiyen yaşlı olarak kabul edilmektedir. Soğukçam ve Akbayır formasyonları deneştirilmesi ve Bilecik kireçtaşları ile aynı yaş aralığında olması nedeniyle Bilecik Kireçtaşına dahil edilerek gösterilmiştir. Soğukçam Formasyonu ince-orta tabakalı, çörtlü, yarıpelajik biyomikritik kireçtaşlarından

oluşmaktadır. İçerisinde çört yumru ve bantları ve yersel olarak mikritik kireçtaşları ve som katmanlı kireçtaşları izlenmektedir. Bilecik kireçtaşları ile yanal ve dikey yönde geçişlidir. Formasyonun kalınlığı yaklaşık 400 m olup yaşı Alt Kretase olarak kabul edilmektedir. Akbayır Formasyonu ile deneştirilmektedir (Akyürek vd. 1982, 1986, 1996, 1997)

Yenipazar Formasyonu (Kye), Birim altta yeşil-grimsi, yeşil – gri renkli, ince katmanlı, marn-killi kireçtaşları ile başlar. Üste doğru sarı-yeşil renkli, ince katmanlı marn-killi kireçtaşı ardalanması, yeşil-gri renkli, belirsiz katmanlı kumtaşı, silttaşı-marn ardalanması şeklinde olup olistolit içermektedir. Üst Kretase (Senomaniyen-Santoniyen) yaşı olarak kabul edilmektedir (Bilgin 2014). Yenipazar Formasyonu Elmalidere Formasyonu ile deneştirilmektedir (Duru vd. 2002). Tez çalışmasında Elmalidere Formasyonu Yenipazar Formasyonu olarak değerlendirilmiştir.

Dereköy Ofiyolit Melanjı (Kd), Başlıca peridotit, gabro, serpantinit, volkanit ve radyolaritten oluşan bu birim içerisinde metamorfik kaya, çörtlü kireçtaşı ve çeşitli kireçtaşı bloklarını içermektedir. Jura-Kretase yaşı olarak adlandırılmaktadır. Ankara Ofiyolitik melanjının bir bölümü ve Ofiyolitik melanj ile deneştirildiği için (Ünalın vd. 1976 ile Batman 1977) tez çalışmasında Dereköy Ofiyoliti olarak kabul edilmiştir. Yine aynı şekilde Dağköplü Melanjı olistositrom, peridotit, serpantinit, kumtaşı, metamorfik ve kayalardan oluşması ve yaklaşık Dereköy Ofiyoliti ile aynı birimleri içermesi nedeniyle tez çalışmasında Dereköy Ofiyoliti (Kd) olarak gösterilmiştir. Altta tektonizma ürünü milonit ve kataklastiklerden oluşmaktadır. Köken kayanın özelliklerine bağlı olarak çok farklı kayatürleri gelişimine karşın, en yaygın kaya türünü ultramafik kayalarının milonitleşmesi ile gelişen kahverengi ve yeşil renkli kuvarsitler oluşturur. Milonit ve kataklastikler yaklaşık 150 metreye varan kalınlık sunarlar. Haritalanabilir büyüklükte olan metamorfik kayalar (mk), split, kumtaşı, kireçtaşı blokları (vs), peridotit ve serpantinit blokları (of) simgeleri ile gösterilmiştir. Dağköplü Melanj'ı içerisinde yer yer kalınlığı 200-300 m ye ulaşan yeşil, gri, kırmızı renkli, fliş özelliği gösteren yoğun makaslanmalı konglomera, kumtaşı, silttaşı ve çamurtaşı ardalanması oluşturmaktadır. Geç Kretase yaşında olup (Gedik ve Aksay 2002) tez çalışmasında Dereköy Ofiyoliti'ne dâhil edilerek gösterilmiştir.

Eldivan Ofiyolit Kompleksi (Ke), Formasyon genel olarak serpantin-it-peridotit-piroksenit (Kesp), gabro-diyabaz (Kegd), splitik-splitik bazalt (Kes), radyolarit-çamurtaş (Ker), çörtlü kireçtaş (Keç) ve plajiyogranit (Kepg) türü kayalardan oluşmaktadır. Senomaniyen-Kampaniyen yaşlıdır (Dönmez ve Akçay 2010).

Karadağ Formasyonu (Kk), taneli çakıltaş, kumtaş, çamurtaş, pelajik killi kireçtaş ardalananmasından oluşan birim içerisinde merccekler halinde çakıltaş düzeyleri, olistitromlar ve iri olistolitler yer almaktadır (Dönmez ve Akçay 2010). Çakıltaşları ve kumtaşları yeşil, kahverengi ve boz renklerde, sıkı tutturulmuş, ince ve orta kalınlıktadır. Birimin yaşı Senomaniyen-Kampaniyen olarak kabul edilmektedir (Akyürek vd. 1997).

Çiçekdağ Formasyonu (Kç), Diyabaz, splitik bazalt, split, bazik tüf, lav, pelajik kireçtaş, çamurtaş ve radyolarit-çört bant merccekleri ile kökenli kumtaşlarından oluşmaktadır. Birimin tabanında siyah-koyu yeşil renkli gabro, mikro gabro yer almaktadır. Diyabaz daykları, bazalt, splitik bazalt, split ve bunlarla ardalanan pelajik kireçtaş, çamurtaş, radyolarit ve çört bantları ile başlayıp üste doğru sarımsı, kahverengimsi kaya parçası içeren kumtaş ve silttaşları (volkanoklastik) ile sonlanmaktadır. Senomaniyen-Kampaniyen (Üst Kretase) yaşlı olarak kabul edilen birim Ankara karışığı (Seymen 1982) ile deneştirilmektedir.

Hisarköy Formasyonu (Kkh), genelde kaba çakıl boyutundan ince kum boyutuna kadar değişen tanelerin oluşturduğu kaya türlerinden oluşmaktadır. Birimin çökel kayaları yer yer kötü boylanmalı çakıltaş, kumtaş, çamurtaş ardalananması ve arada izlenen kireçtaşları ve volkanitlerden oluşmaktadır. Çakıltaşları ve kumtaşları çoğunlukla boz, kahverengi, kırmızı renkli gevşek tutturulmuş ve tabakalanması belirsidir. Çamurtaşları; kırmızı, boz renkli, ince-orta tabakalıdır. Haymana Formasyonu ile geçişli olduğu düşünülmektedir. Birimin yaşı Senomaniyen-Kampaniyen (Üst Kretase) olarak kabul edilmektedir (Akyürek vd. 1982, 1984).

Kuşkuş Formasyonu (Kku), genel olarak kırmızı renkli çamurtaş-marn-killi kireçtaşından oluşmaktadır. Birimin egemen kaya türünü oluşturmaktadır. Üst Kretase-Santoniyen yaşlı olarak kabul edilmektedir (Atıcı vd. 2014).

Orta Anadolu Granitleri (Kog), genel olarak granit, granit porfie, granodiyorit, granodiyorit porfir, kuvarsdiyorit, kuvarsmonzonit, kuvarsmonzonit porfir, siyenit, mikrosiyenit türü kayalardan oluşmaktadır. Renk, doku, yapı ve mineral bileşimi kaya

türüne bağlı olarak değişmektedir. Bilhassa Granitoidlerde farklılaşma neticesinde mafik minerallerin yoğunlukları nedeniyle çökmesi ve bir araya toplanması çok yaygın olarak görülmektedir. Üst Kretase yaşlı kabul edilmektedir (Akçay 2008).

Karahıdır volkanit Üyesi (Khk), Granotiyitlerin kenar zonlarında riyolit, riyodasit, dasit ve latit bileşimli damar ve yüzey kayaları Karahıdır volkanit üyesi (Khk) olarak tanımlanmıştır (Kara ve Dönmez, 1990). Kötüdağ volkanitleri (Kkö) de Karahıdır volkanitleri ile eşdeğer sayılması nedeniyle (Kara ve Dönmez 1990) doktora tez çalışmasında Kötüdağ Volkanitleri Karahıdır Volkanitlerine dahil edilmiştir.

Girdapdere Formasyonu (Kg), düşük dereceli metamorfizma geçirmiş kayatürleri içermektedir, en yaygın olarak metakumtaşları gözlenmekle birlikte yersel olarak metavolkanit, metaserpantinit türü bloklar da içermektedir. Kalınlığı yaklaşık 3000 metreden fazla olan Formasyonun yaşı Maestrihtiyen (Üst Kretase) olarak adlandırılmıştır (Özcan vd. 1990).

Haymana Formasyonu (Kh), genel olarak çakıldaşı, kumtaşı ve şeyl araldanmasından oluşmaktadır. Çakıldaşları yeşilimsi, sarımsı ve kahve renkli olup, sıkı tutturulmuş, orta-kalın tabakalanmalıdır. Çakıldaşlarından kumtaşlarına derecelenmeli geçiş gözlenmektedir. Kumtaşları sıkı tutturulmuş ince ve orta tabakalıdır. Maestrihtiyen (Üst Kretase) yaşlı olarak kabul edilmektedir. Samanlık Formasyonu ile eşdeğer kabul edildiği (Akçay vd. 2008) için doktora tez çalışması sırasında Samanlık, Asmaboğazı, Beyobası ve İncirli Formasyonu Haymana Formasyonu'na dahil edilmiştir. İncirli Formasyonu (Ki), kırmızı renkli kumtaşlarından oluşmaktadır. Litarenit, sublitarenit türü kayalardan oluşmaktadır. Kumtaşı, silttaşı, kumlu kireçtaşları ve marnlar gözlenen başlıca kaya türleridir. Geç Kretase yaşlı olarak kabul edilmektedir (Bilgin 2014). Beyobası Formasyonu ise başlıca kumtaşı, kumlu kireçtaşı, çakıllı kireçtaşı, çakıldaşı ve marnlardan oluşmakta olan birimin kalınlığı yaklaşık 125 m dir. Alt dokanağı Haymana Formasyonu ile geçişli olan birim daha önceki çalışmacılar tarafından Haymana Formasyonu olarak değerlendirilmiştir. Birimin yaşı Maestrihtiyen (Üst Kretase) olarak belirtilmektedir (Bilgin, 2014). Asmaboğazı Formasyonu (Ka), genel olarak rudist içeren kireçtaşlarından oluşmaktadır. Alt düzeylerinde yeşil-gri sarımsı renkli çamurtaşı ve kumtaşları yer almakta olup, üst düzeylerde kalın-masif katmanlı gri-bej renkli, kırıntılı kireçtaşı ve

rudistli kireçtaşları yer almaktadır. Birimin yaşı Maestrihtiyen (Üst Kretase) olarak kabul edilmektedir (Atabey vd. 1987).

Ilıcapınar Formasyonu (Kı), genel olarak çakıltası ve kumtaşlarından oluşmaktadır. Çakıltıları içerisinde andezit-bazalt parçaları ve blokları, kireçtaşı parçaları, çört ve radyolarit parçaları ile az miktarda Serpantinit blokları gözlenmektedir. Ilıcapınar Formasyonunun kalınlığı yaklaşık 1250 m'yi bulmaktadır (Norman 1972). Birim Erken Maestrihtiyen yaşlı kabul edilmektedir (Akyürek vd. 1984). Doktora tez çalışmasında Kavak Formasyonu'nun aynı türde kayaları içermesi ve yaşta olması nedeniyle Ilıcapınar Formasyonu'na dâhil edilerek gösterilmiştir.

Malboğazı Formasyonu (Km), genel olarak kumtaşı, çakıltası, kumlu kireçtaşı ve üst kesimlerde resifal kireçtaşlarından oluşmaktadır. Maestrihtiyen yaşlı olarak kabul edilmektedir (Akyürek vd. 1988). Doktora tez çalışmasında Kapıkaya Formasyonu'nun aynı türde kayaları içermesi ve yaşta olması nedeniyle Malboğazı Formasyonu'na dâhil edilerek gösterilmiştir.

Kuşkayatepe Kireçtaşı Olistoliti (Tpdk), Kartal Formasyonu'nun oluşumu sırasında birim içerisine yerleşen kireçtaşı blokları Kuşkaya tepe olistoliti olarak adlandırılmıştır. Gri-beyaz renkli masif görünümlü, kumlu, gözenekli, erime boşluklu, bol alg ve mercanlı olan birim resifal kireçtaşı özelliğindedir. Genelde 3-5 m ye varan bloklar şeklinde izlenmektedir. Dizilitaşlar Formasyonu içerisinde yer alan Kızılçukur üyesi ile eşdeğerdir (Hakyemez vd., 1986). Yaşı Maestrihtiyen olarak kabul edilmektedir (Bilgin vd. 1986).

Senozoyik birimleri

Yeşilyurt Formasyonu (Tpy), birim gri-yeşilimsi, sarımsı, kahverengimsi gri ve siyah renklerde kumtaşları, kilttaşları, silttaşları, az olarak da marnlardan ve içerisindeki kalsitürbidit seviyelerinden oluşmaktadır. Kilttaşları-silttaşları ince katmanlıdır. Birim içerisinde Çaldağ Formasyonu'na ait çakıl büyüklüğünden blok büyüklüğüne kadar değişen boyutta kireçtaşı parçaları yer almaktadır. Kalsitürbidit seviyeleri genellikle 20-40 cm. kalınlıktadır. J28 paftasında kilttaşları egemen olan birim J29 paftasında kumtaşları egemen kaya birimini oluşturmaktadır. Bu nedenle doktora tez çalışmasında egemen kaya birimi olarak kumtaşı kabul edilmiştir. Birim Paleosen yaşlı kabul edilmektedir (Atıcı vd. 2014).

Çaldağ Formasyonu (Tpç), resifal kireçtaşlarından oluşmaktadır. Bol miktarda alg, mercan, gastropod ve ekinid parçası içermektedir. Genellikle gri, alt bölümleri ise beyaz renklidir. Yaşı Paleosen olarak kabul edilmektedir (Bilgin 2014).

Kartal Formasyonu (Tpk), genel olarak çakıltası, kumtaşı, marn ve kireçtaşı türü kayalardan oluşmaktadır ve kırmızı rengi ile belirgindir. Başlıca kaya türleri çakıltası, kumtaşı ve çamurtaşı aralanmasından oluşmaktadır. Daha az sıklıkla silttaşı, kireçtaşı ve kumlu kireçtaşları da izlenmektedir. Yaklaşık 1362 metre kalınlıktadır. Erken Paleosen yaşında kabul edilmektedir (Gedik ve Aksay 2002). Dizilitaşlar, Küreboğazı (Rigo de Righi ve Cortesini 1959) ve Kırkkavak Formasyonu ile eşdeğer kabul edilmesi (Sevin vd. 2016) nedeniyle doktora tez çalışmasında Kızılçukur, Kızılçay, Dizilitaşlar, Kırkkavak, Küreboğazı ve Kızılçukur Formasyon'ları Kartal Formasyonu'na dâhil edilmiştir. Kızılçukur Formasyonu (Tpk), Çakıltası, kumtaşı ve kireçtaşından oluşmaktadır. Çakıltaları kötü boylanmalı olup içerisinde bolca fosil kavkıları gözlenmektedir. Birimin yaşı Paleosen olarak kabul edilmektedir (Akyürek vd. 1988). Kızılçay Formasyonu (Tpek), Kırmızı renkli karasal çökellerden oluşan birim ince-kalın tabakalı, kötü boylanmalı konglomera, kumtaşı ve çamurtaşından oluşmaktadır. Yaklaşık 500-750 m kalınlığında olan birimin yaşı Paleosen-Alt Eosen kabul edilmektedir (Bilginer vd. 2002). Kırkkavak Formasyonu (Tpek), Birim çakıltası, kumtaşı, marn, killi kireçtaşı, kumlu kireçtaşı ve bunların aralanmasından oluşmaktadır. Birimin yaşı Geç Paleosen-Erken Eosen olarak kabul edilmektedir (Atıcı vd. 2014). H31 paftasındaki Pazardere ve Osmankahya Formasyonları çakıltası kumtaşı ve silttaşı aralanmasından oluştukları için dâhil edilmiştir.

Beypazarı Granitoyidi (Tpbgr), granit, granodiyorit, kuvarsdiyorit, monzonit gibi açık renkli magmatik kayalardan oluşmaktadır. Yer yer aplit damarları ile kesilmiştir. Faneritik dokunun yaygın olduğu bu kayalarda porfirik doku da gözlenmektedir. Daha çok metamorfik birimleri kesmiş ve Miyosen birimleri tarafından örtülmüş olarak gözlenen granitik kayaların yaşı Paleosen olarak kabul edilmiştir (Akbaş vd. 2002).

Odundağtepe volkaniti (Ktpo), dasit ve diyorit porfir türü kayalardan oluşan birim yer yer kimyasal ayrışmaya uğramış ve arenalaşmıştır. Porfirik dokulu olan kayalarda plajiyoklas, amfibol ve kuvars kristalleri kriptokristalin bir hamur içinde bulunmaktadır.

Hamur kriptokristalin kuvars ve feldspat minerallerinden oluşmaktadır. Yaşı Geç Kretase-Paleosen olarak kabul edilmektedir (Atıcı vd. 2014)

Sarıkaya Formasyonu (Tps), egemen olarak andezit, kumtaşı, aglomera lavlardan oluşmaktadır. Çakıltaşları gri, siyah ve kahverenkli malzemelerden oluşmaktadır. Lavlar hipohyalin porfirik dokulu olup, plajiyoklas, biyotit ve opak minerallerden oluşmaktadır. Plajiyoklaslar, öz-yarı şekilli ve polisentetik ikizlenmelidir. Genellikle serizitleşmiş, silisleşmiş, killeşmiş ve demiroksitler tarafından boyanmıştır. Hamur genellikle volkan camı ve yer yer plajiyoklas mikrolitlerinden oluşmaktadır. Volkan camı tamamen devitrifiye olmuş ve killeşmiştir. Birimin yaşı Üst-Kretase –Paleosen aralığı olarak kabul edilmektedir (Dönmez vd. 2008).

Meyildere volkaniti (Tpem), Andezit kökenli piroklastik ve lavlardan oluşmaktadır. Andezit, trakiandezit türü lavlar ile bunların aglomera ve tüflerinden oluşan birimin yaşı Paleosen-Alt Eosen kabul edilmektedir (Bilginer vd. 2002).

Çataltepe Formasyonu (Teça), ağırlıklı olarak kumtaşından oluşan formasyon içerisinde konglomera ve kireçtaşları da yer almaktadır. Kumtaşları yeşilimsi gri renkli ince kalın tabakalıdır. Sparit çimentolu, lamelli gastropod parçaları içermektedir. Birimin yaşı Erken Eosen olarak kabul edilmektedir (Gedik ve Aksay 2002).

Safranbolu Formasyonu (Tes), kumtaşı, konglomera, kumlu kireçtaşı ve kireçtaşı yaygın olarak gözlenen kaya birimleridir. Konglomera alt seviyelerde gözlenmekte, üste doğru sırasıyla kumtaşı, kumlu kireçtaşı ve kireçtaşı seviyeleri gözlenmektedir. Kireçtaşları içerisinde bol nummulites ve alveolina fosilleri bulunmaktadır. Birimin kalınlığı 50-200 m arasında değişmekte olup, Erken-Orta Eosen yaşı olarak kabul edilmektedir (Sevin ve Aksay 2002).

Alçı Formasyonu (Tea), alt seviyelerde karbonatlı kırıntılılar ile başlamaktadır. Üste doğru çakıllı kumtaşı, şeyl aradışımı şeklinde devam etmektedir. Yer yer melafoidik, foidik breş, andezit, bazalt, altere vitritik tuf, altere andezit, altere litik tuf türü kayalar yer almaktadır. Erken-Orta Eosen yaşı kabul edilmektedir (Bilgin 2014).

Eskipolathı Formasyonu (Te), ağırlıklı olarak marn kaya türünden oluşmaktadır. Formasyonun alt kesimlerini konglomera, orta düzeyler kumtaşı-marn, üst düzeyler ise kumlu kireçtaşı, marn ardalanmalıdır. Konglomeraların çakılları kötü boylanmalı ve yarı köşelidir. Çakıllar çoğunlukla kireçtaşı olmak üzere çört, serpantin, radyolarit, ve

metamorfik kayalardan oluşmaktadır. Konglomeranın bağlayıcı malzemesini kil-kum ve karbonat çimento oluşturmaktadır. Kumtaşlarında dikey tane boyu derecelenmesi ve tabaka altı yapıları bulunmaktadır. Kumtaşları altta kesin üstte ise marnlara tedrici geçişlidir. İstifin en üst seviyelerinde bulunan kumtaşlarının yerini kalkarenit ve kireçtaşı bantları almaktadır. Erken Eosen yaşlı olarak kabul edilmektedir (Akyürek vd. 1997). Ilgınlıkdere Formasyonu ile deneştirildiği için (Ünalın vd. 1976) doktora tez çalışması kapsamında Ilgınlıkdere Formasyonu Eskipolatlı Formasyonu'na dâhil edilmiştir.

Güvenç Formasyonu (Teg), kumtaşı, konglomera, şeyl, kireçtaşı, marn ve volkanitler ile temsil edilmektedir. Altta sarımsı gri renkli çakılcıklı, çapraz tabakalı kumtaşı ve kırmızı renkli çamurtaşı-silt ardalanması ile başlar. Bu seviyenin üstüne ise geçişli olarak formasyonun ana kaya birimini oluşturan grimsi-yeşil renkli, ince-orta tabakalı kumtaşı-şeyl-kiltaşı-marn ardalanması gelmektedir. Birimin yaşı Orta-Geç Lütesyen (Orta Eosen) kabul edilmektedir (Gedik ve Aksay 2002).

Baraklı Formasyonu (Teb), genellikle kırmızı renkli çakıltası, kumtaşı ve çamurtaşlarından oluşmaktadır. Formasyon alüvyon yelpazesi özelliği göstermektedir. Çok kötü boylanmalı yamaç molozları ile başlar ve üstte doğru akarsu ve gölsel fasiyeslere geçmektedir. Çakıllar kırmızı renkli bir çamurun içinde bulunur. Çamur oranı bazı kesimlerde artar. Çok az tutturulmuş olup, boylanma, derecelenme ve tabakalanma görülmez. Havza içi ve kıyıya ulaştığı yerlerde göreceli olarak daha iyi derecelenmeli, boylanmalı ve tabakalanmalı olup genellikle çamurtaşı, kumtaşı ve çok az çakıltası seviyeleri kapsar. Yer yer kömür düzeyleri içerir. Birimin yaşı Orta Eosen olarak kabul edilmektedir (Dönmez vd. 2009). Birimin yaşı Orta Eosen (Küvizyen-Lütesyen) olarak kabul edilmektedir. Beldede ile Yamak formasyonu deneştirildiği (Erdem 2016) için doktora tez çalışması kapsamında aynı türde kaya ve aynı yaşta olmaları nedeniyle tez çalışmasında Baraklı Formasyonu olarak gösterilmiştir. Beldede ve Yamak Formasyonu genel olarak çakıltası, çakıllı kumtaşı ve kumtaşlarından oluşmaktadır. Üst seviyelerde bol nummulitli karbonatlı kumtaşı, kumlu kireçtaşı ve marnlar yaygın olarak bulunmaktadır.

Çayraz Formasyonu (Teç), bol nummulitli kireçtaşları ile marn ardalanmasından oluşmaktadır. Egemen kaya türünü kireçtaşı-marn ardalanması oluşturmakla birlikte yer yer konglomera düzeyleri de içermektedir. Taban konglomerasını iyi derecede

yuvarlaklaşmış birimin altında yer alan kaya türleri oluşturmaktadır. Tipik sarımsı-bej renkli kalın tabakalı ve bol fosilli biyostromal kireçtaşı yaygın kaya türüdür (Akyürek vd. 1997). Birimin yaşı Orta Eosen (Küvizyen-Lütesyen) olarak kabul edilmektedir.

Kocaçay Formasyonu (Teko), kireçtaşı, kumtaşı, marn kaya türlerinden oluşmaktadır. Birim bol makro ve mikro fosilli kireçtaşı, kumlu kireçtaşı, kumtaşı, marn ve çok az miktarda tüfit düzeylerinden oluşmaktadır. Kireçtaşı ve kumlu kireçtaşı açık bej, beyaz renkli, orta-kalın tabakalı, yoğun alveolin, nummulit ve gastropod fosilleri içermektedir. Marnlar yeşilimsi gri renkli, belirsiz katmanlanmalı ve nummulit fosilleri içermektedir. Birimin yaşı Orta-Eosen (Lütesyen) olarak kabul edilmektedir (Sevin vd. 2016).

Abdüsselamdağı Volkanit Karmaşığı (Teab), genel olarak andezit, bazalt tüflerden oluşmaktadır. Andezitler gri şarabi renklidir. Bazaltlar kırmızı, kiremit, yeşil şarabi ve gri renklerde. Yaklaşık 500 m kalınlıktadır. Yaşı Eosen olarak kabul edilmektedir (Bilgin 2014).

Yeniköy Volkaniti (Teye), bazalt türü kayalardan oluşmaktadır. Bazaltlar koyu renkli olup yer yer soğan kabuğu ayrışması göstermektedir. Hem fiziksel hem de kimyasal alterasyona maruz kalmışlardır. Hipokristalin porfirik doku göstermektedir. Klinopiroksen, plajiyoklas, olivin fenokristalleri ile mikrolitlerden oluşmaktadır. Bazalt hamurunu akma dokusu sunan plajiyoklas mikrolitleri ile klinopiroksen, altere olivin, opak mineraller ve volkan camı oluşturmaktadır. Birim Eosen yaşlı olarak kabul edilmektedir (Atıcı vd. 2014). Yukarıemirler volkaniti (Tey), bazaltik bileşimli lav ve piroklastik kayalardan oluşmaktadır. Hipokristalin porfirik dokuya sahip olan kayalarda başlıca plajiyoklas ve piroksen mineralleri gözlenmektedir (Dönmez ve Akçay 2010). Bu mineraller hem fenokristal hem de mikrolit olarak yer almaktadır. Birimin yaşı Orta Eosen olarak kabul edilmektedir (Dönmez vd. 2009).

Tekke volkaniti (Tet), genel olarak andezit, bazalt, tuf ve aglomeralardan oluşmaktadır. Bilgin ve diğerleri (2009) çalışmalarında bu birimi tuf-aglomera üyesi Tetp, andezit üyesi-Teta, Bazalt üyesi Tetb olmak üzere üç üyeye ayırarak incelemişlerdir. Volkanitlerin genellikle kalkalkalen karakter gösterdiği, bunun yanı sıra alkali karakter gösteren volkanizmanın Orta Eosen karasal koşullarda ortaya çıktığı belirtilmektedir (Türkecan vd. 2001). Sarıkoz (Akyürek vd. 1988), Hüseyingazıdağ (Akyürek vd. 1982).

Tez çalışmasında aynı tür kaya birimleri içermesi nedeniyle Balkuyumcu volkaniti dâhil edilmiştir.

Gemiciköy Formasyonu (Temg), karasal konglomera, kumtaşı, çamurtaşı, şeyl ve kireçtaşıdan oluşmaktadır. Açık kırmızı renkli gevşek tutturulmuş çapraz tabakalı konglomera ve kumtaşıdan oluşmaktadır. Birimin kalınlığı 100-200 m civarındadır. Geç Eosen-Erken Miyosen yaşlı kabul edilmektedir (Gedik ve Aksay 2002).

Kurtsivrisi volkanitleri (Tz), Kurtsivrisi ve Sele volkaniti (Akyürek vd. 1988) ile eşdeğer kabul edildiği için doktora tez çalışması kapsamında Sarıkoz, Susuz, Hüseyingazıdağ ve Sele volkanitleri ile birlikte değerlendirilmiştir. Genel olarak riyolitik bileşimli, lav, tuf, ignimbrit, yer yer perlit ve dasitten oluşmaktadır. Riyolitler vitrofirik porfirik dokuya sahip, başlıca kuvars, feldspat ve az miktarda biyotit minerallerinden oluşmaktadır. İgnimritlerde mikroskobik olarak kuvars-K-feldspat ve biyotit fenokristalleri izlenmektedir Ayrıca kayayta çok az miktarda volkan camı kıymıkları ve pompza parçaları bulunmaktadır. Birimin yaşı Miyosen olarak kabul edilmektedir. Susuz volkaniti Tekke volkanitleri ile Bozdağ bazaltının bir bölümü ile eşdeğer kabul edilmektedir (Dönmez ve Akçay 2010).

Kalecik Volkaniti (Tmkl), dasit bileşiminden oluşan bu birim başlıca kuvars, feldspat ve hornblend mineralleri içermektedirler. Hipokristalin porfirik dokuya sahip olup kuvars, feldspat ve sulu faza ait amfibol minerallerinden oluşmaktadır. Birimin yaşı Erken Miyosen olarak kabul edilmektedir (Dönmez vd. 2009).

Tohumlar Volkanitleri (Tmt), Gri, sarımsı, pembe renkli küçük-ince hornblend çubuklu dasitik bileşimli lav ve piroklastiklerden oluşmaktadır. Kuvarslı silisçe zengin hamurlu ve belirgin akma yapıları ile mineral bantlaşmaları içermektedir. Vitrofirik porfirik dokuya sahip olan kayalarda başlıca fenokristaller kuvars, feldspat ve az miktarda biyotit gözlenmektedir. Hamur tamamen volkan camından oluşmakta ve afanitik boyutta kuvars, biyotit ve feldspat mikrolitlerinden oluşmaktadır. Erken Miyosen yaşlı olarak kabul edilmektedir (Dönmez vd. 2008).

Yenice Volkanitleri (Tmy), geniş alanda yayılım sunan formasyon dasit (Tmyd), blok-kül akıntı (Tmyp), andezit (Tmya) ile ignimbrit (Tmyc) içermekte olduğu için dört üyeye ayrılarak incelenmiştir. İgnimbritler beyaz, sarımsı ve pembemsi renklindedir. Amfibol ve feldspat mineralleri içermektedir. Dasit üyesi ise hipokristalin porfirik dokuludur ve

plajiyoklas, amfibol ve kuvars mineralleri içermektedir. Bu mineraller hem fenokristal hem de mikrokristaller şeklinde görülmektedir. Blok ve kül akıntı üyesi piroklastik kayalar radyal çatlaklı bloklar ve iyi derecede pekişmiş bir yapı sunmaktadır. Andezit üyesi ise hipokristalin porfirik dokuludur. Plajiyoklas, ortopiroksen, klinopiroksen ve amfibol kristalleri hem fenokristal olarak hem de mikrokristaller olarak bulunmaktadır. Erken Miyosen yaşlı olarak kabul edilmektedir (Atıcı vd. 2014).

Karacadağ Volkanitleri (Tmka), bazalt, bazaltik andezit, trakiandezit, piroksen andezit bileşimli lav ve bunların piroklastiklerinden oluşmaktadır. Alkali karakterdeki lavlardan oluşmuştur. Hipokristalin porfirik dokuludur. Piroksen ve plajiyoklas içermekte olup birbiri ile kümelenmeleri ile karakteristiktir. Hamurda plajiyoklas mineralleri akma dokusu göstermektedir. Birimin yaşı Erken Miyosen olarak kabul edilmektedir (Atıcı vd. 2014).

Karasivri Volkaniti (Tmk), Dasit, riylit ve tüflerden oluşmaktadır. Lavlar beyaz gri pembe renkli, akma yapılı, yer yer blok lav görülür. Lavların andezit, dasit olanları porfiritik dokuda, riylitler ise camsı, akma yapısı göstermektedir. Tüfler ise beyaz, pembe renklere olup yer yer perlitleşmişlerdir. Birimin yaşı Alt Miyosen olarak kabul edilmektedir (Türkecan vd. 1991).

Kirazdağı Volkaniti (Tmki), Andezit ve piroklastiklerden oluşan birim, pembe, siyah, gri, grimsi yeşil renklere lavlar, ince-kalın katmanlı, akma yapılı, porfirik dokulu, çatlaklı olup çatlakları silis ile dolmuştur. Birimin yaşı Alt Miyosen olup karasal ortamda oluşmuştur (Duru ve Aksay 2002).

Tepeköy Formasyonu (Tt), tabanda konglomera seviyesi ile başlamaktadır. Konglomerayı oluşturan çakıllar granit, mermer, gabbro türü çakıllardır. Üst seviyelere doğru orta-ince iyi boylanmış kumtaşları yer almaktadır. Yersel olarak ara düzeylerde yeşilimsi renkli şeyller yer almaktadır. En üst seviyelerde ise orta tabakalanmalı kötü boylanmış kumtaşları yer almaktadır. Kalınlığı yaklaşık 80 m olup, Oligosen yaşlı olarak kabul edilmektedir (Atabey 1989).

İncik Formasyonu (Toi), çakıldaşı, kumtaşı çamurtaşı aralanmasından oluşmaktadır. Alt kesimleri ince-orta katmanlanmalı kumtaşları ile aralanmalı jips seviyelerinden oluşmaktadır. Orta seviyelerde ise çamurtaşı aralanmalıdır. Üst seviyeler ise kumtaşlarından oluşmaktadır. Birim Geç Eosen-Oligosen yaşlı kabul edilmektedir (Akçay vd. 2008). Kızılöz Formasyonu Deliceirmak Formasyonu ile denştirildiği için

(Birgili vd. 1975) doktora tez çalışması kapsamında Kızılöz ve Deliceirmak Formasyonu İncik Formasyonuna dâhil edilmiştir. Kızılöz Formasyonu (genel olarak kaba kumtaşıdan oluşmaktadır. Formasyon içinde som katmanlı marn, jips ve anhidrit seviyeleri ardışıklı olarak yer almaktadır. Kalınlığı yaklaşık 50 m civarındadır. Birim Üst Eosen-Oligosen-Alt Miyosen yaşı olarak kabul edilmektedir (Atabey 1989). **Miskincidere Formasyonu (Tmi)**, genellikle konglomera, kumtaşı, marn ve jips ardalanmasından oluşmaktadır. Oligosen yaşı kabul edilmektedir (Akyürek vd. 1997). Tez çalışması kapsamında İncik Formasyonu ile yaklaşık aynı yaşta ve aynı kaya türlerini içerdiği için İncik Formasyonu'na dâhil edilerek gösterilmiştir.

Kumartaş Formasyonu (Tmku), genel olarak kumtaşı, çakıltası, sittaşı ile az oranda marn, tuf ve killi kireçtaşı ardalanmasından oluşmaktadır. Kumtaşları ve çakıltaları kötü boylanmalı, az tutturulmuş, kalın tabakalı olup, yer yer çapraz tabakalanmalıdır. Birimin kalınlığı yaklaşık 100 m olup, Erken Miyosen yaşı olarak kabul edilmektedirler (Dönmez ve Akçay 2010).

Ürgüp Formasyonu (Tmü), çakıltası, kumtaşı, çamurtaşı, kireçtaşı ve iğnimbrit ara düzeylerinden oluşmaktadır. Kendi içersinde yer alan kireçtaşı Kozaklı Kireçtaşı Üyesi (Tmük) olarak adlandırılmıştır. Kireçtaşı üyesi beyaz, krem renkli mikritik, killi, boşluklu bir yapı sunmaktadır. Ürgüp Formasyonu Orta-Geç Miyosen yaşı olarak kabul edilmektedir (Dönmez vd. 2008).

Hançılı Formasyonu (Tmh), genel olarak kumtaşı, kiltası, şeyl, tuf ve kireçtaşıdan oluşmaktadır. Kireçtaşları beyaz, gri renkte ve orta-kalın tabakalıdır. Kumtaşları orta tabakalı ve sarı renklidir. Yersel olarak kömür düzeyleri içermektedir. Alt-Orta Miyosen yaşı olarak kabul edilmektedir (Altun vd. 2002). J29 paftasında Kömüşini Formasyonu (Tmplk) adlandırılan birim Hançılı Formasyonu olarak gösterilmiştir.

Uludere Piroklastikleri (Tmu), Andezitik, dasitik tuf, breş, aglomera ile ince lav akıntılarından oluşmaktadır. Birimin yaşı Alt-orta Miyosen olarak kabul edilmektedir (Duru ve Aksay 2002).

Deveören volkaniti (Tmd), dasit, andezit türü lavlar ile tuf ve aglomeralardan oluşmaktadır. Gri-siyah-yeşil-kahverengi renkli, genelde levhamsı akmalı, yer yer masif görümlü, kriptokristalen dokulu olan lavlar, hamurlarında bol cam içermekte ve

kimyasal analizlerine göre de dasitik bir volkanizma karakterini göstermektedirler. Orta Miyosen yaşında kabul edilmektedirler (Duru ve Aksay 2002).

Selametli Volkanitleri (Tms), egemen olarak bazalt, daha az oranda andezit bileşimli lav ve piroklastiklerden oluşmaktadır. Kendi içerisinde piroklastik içeren birim piroklastik Üyesi (Tmsp), bazalt içeren Bazalt Üyesi (Tmsb) ve Bazik Dayklar (Tmbd) olarak üç üyeye ayrılmıştır. Bazaltlar mikrokristalinporfirik dokulu olup fenokristal olarak olivin ve piroksen içermektedir. Plajioloklas olivin ve piroksen mikrokristaller halinde hamurda bulunmaktadır. Dayklar ise koyu siyah renkli olup soğuma çatlakları göstermektedir. Dayklar olivin bazalt bileşiminde olup mikroporfirik dokuya sahiptir. Orta Miyosen yaşlı kabul edilmektedir (Atıcı vd. 2014).

Ilıcadere volkaniti (Tmı), bazaltik, andezitik lavlar ve aglomeralardan oluşmuştur. Gri, siyah, kırmızı, kahverengi renklerde, masif, bloklu, cüruf biçiminde gözlenen lavlar bazalt ve bazaltik andezit ürünlerden oluşmaktadır (Duru ve Aksay 2002). Doktora tez çalışmasında Mamak Formasyonu Ilıcadere volkanitleri olarak gösterilmiştir. Mamak Formasyonu, aglomera, tuf ve andezit, bazalt bileşimli lavlardan oluşmaktadır. Aglomeralar beyaz, gri, kırmızı renkli tuf ile tutturulmuş değişik boyutlarda andezit, dasit, bazalt çakıllarından oluşmaktadır. Birimin yaşı Üst Miyosen olarak kabul edilmektedir (Akyürek vd. 1997).

Sarıoba Formasyonu (Tmsg), genellikle çakıltası, kumtaşı, çakıllı kumtaşı, sittaşı ve kumlu silttaşlarından oluşmaktadır. Kendi içerisinde Yelpaze-Akarsu (Tmsy) ile Göl Üyesi (Tmsg) olarak iki üyeye ayrılmıştır. Yelpaze-Akarsu Üyesi çakıltası, kumtaşı, silttaşı ve kumlu silttaşlarından oluşmaktadır. Göl Üyesi ise marn, killi kireçtaşı ve çamurtaşından oluşmaktadır. Formasyonun toplam kalınlığı 400 metreye ulaşmaktadır. Birimin yaşı Üst Miyosen olarak kabul edilmektedir (Bilgin 2014). Birim Uruş Formasyonu ile deneştirildiği için (Türkecan vd. 1991) doktora tez çalışması kapsamında Uruş Formasyonu Sarıoba Formasyonuna dâhil edilmiştir.

Oğulbey Dasiti (To), dasitlerden oluşmaktadır. Miyosen yaşlı volkanizmanın ikinci evresindeki daha asidik olan kaya türünden oluşmaktadır. Kirli beyaz, sarımsı altıgen ve dörtgen soğuma eklemlidir. Tekke volkanitlerinin üst düzeylerini oluşturur. Üst Miyosen yaşlı kabul edilmektedir (Akyürek vd. 1997).

Kırmızıbayır Formasyonu (Tmkı) çakıltası, çamurtaşı, yer yer radyolarit, Serpantinit, kireçtaşı kaya birimlerinden oluşmaktadır. Üst Miyosen yaşlıdır (Duru ve Aksay 2002).

Bakacaktepe Volkaniti (Tmbv), Andezit, dasit, lav, tuf ve aglomeralardan oluşmaktadır. Gri, bej, yeşil, siyah pembe renkli lavlar alt düzeylerde masif, üst düzeylerde levhamsı, yer yer domsu yapı gösterirken, viskozitesinin düşüklüğü nedeniyle geniş alana yayılım göstermektedirler. Birimin yaşı Üst Miyosen yaşlı olarak kabul edilmektedir (Duru ve Aksay 2002).

Kızılırmak Formasyonu (Tkız), genellikle çamurtaşlarından oluşan birimin içerisinde kumtaşı ve tuf aralanması da gözlenmektedir. Çamurtaşları genellikle kırmızı renkli olup daha az oranda çakıltası ve kumtaşı içermektedir. Havza kenarlarında çakıltaları gözlenirken, çamurtaşları ise havza ortalarında gözlenmektedir. Çamurtaşları gevşek tutturulmuş, orta-kalın tabakalı, kötü-iyi boyanmalı, yer yer kırılma çatlaklı olup, çok az jips kristali içermektedir. Çakıltaları kalın tabakalı, orta tutturulmuş, matriks veya tane destekli, kötü-orta boyanmalıdır. Kumtaşları ise orta-kötü tutturulmuş, orta-kalın katmanlanmalıdır. Jipsler ince düzeyler, küçük kristaller halinde çamurtaşları içerisinde yer almaktadır. Birimin kalınlığı yaklaşık 80-250 metredir. Birim Üst Miyosen yaşlı olarak kabul edilmektedir (Sevin vd. 2016). Kızılırmak Formasyonu'na İç Anadolu Grubu dâhil edilmiştir İç Anadolu Grubu, çakıltası, kumtaşı ve çamurtaşlarından oluşmaktadır. Orta Anadolu'da geniş alanlar kaplamaktadır. Kırmızı renk ile belirgindir. Kanal dolgusunu oluşturan bölgelerde çakıltaları egemen olup kumtaşı mercekleri içermektedir. Üst kesimleri oluşturan havza ortasını temsil eden yerler ise kumtaşı, çamurtaşı ve yersel olarak jipsli seviyeleri kapsamaktadır. Birimin yaşı Orta Miyosen-Pliyosen olarak kabul edilmektedir (Akçay vd. 2008).

Bozkır Formasyonu (Tplb), jips, çamurtaşı, kumtaşı ve tüfit aralanmasından oluşmaktadır. Jipsler beyaz sarımsı renkli lamine ve yer yer iri kristalleridir. Çamurtaşları gri, yeşil renkli olup jips kristalleri içermektedir. Tüfler beyaz renkli olup birim içerisinde çok az izlenmektedir. Birimin yaşı Alt Pliyosen olarak kabul edilmektedir (Akyürek vd. 1997).

İnsuyu Formasyonu (Tmi), gölsel kireçtaşlarından oluşmaktadır. Orta katmanlı ve beyazımsı-gri renklidir. Formasyon ince marn ve kil ara katkılıdır. Kireçtaşları beyaz, gri

renkli mikritik ve sparitik dokulu olup yer yer silisifiye ve bol gastropodludur. Birimin yaşı Üst Miyosen olarak kabul edilmektedir (Akçay vd. 2008).

Bozdağ Bazaltı (Tb), genel olarak bazaltik lav, kırmızı kahve renkli cüruftan oluşmaktadır. Hipokristalin dokulu, başlıca plajiyoklas ve piroksen minerallerinden oluşmaktadır. Bu mineraller hem fenokristal hem de mikrolit olarak yer almaktadır. Birimin yaşının Üst Miyosen-Pliyosen olduğu kabul edilmektedir (Akyürek vd. 1997). Evciler volkaniti, Aydos, Özlü Bazaltı ve Ömercik Formasyonu ile aynı türde kayaları içermesi nedeniyle doktora tez çalışması kapsamında Evciler Volkaniti, Aydos, Özlü Bazaltı ve Ömercik Volkaniti Bozdağ Bazaltı'na dâhil edilmiştir.

Gölbaşı Formasyonu (Tg), bölgenin en genç çökellerini oluşturmaktadır. Konglomera, kumtaşı ve çamurtaşından oluşmaktadır. Birim genelde çok az tutturulmuş olup, ota-kalın tabakalanma göstermektedir. Konglomeralar kötü boyanmalı, yuvarlak-az yuvarlaktır. Üste doğru kumtaşı ve çamurtaşlarına geçiş göstermektedir (Dönmez ve Akçay 2010). Kumtaşlarında sarımsı kırmızı renk egemen olup ince-orta kaba tanelidir. Örencik Formasyonu ve Alagöz Formasyonu ile denştirildiği için (Aydın vd. 1987) doktora tez çalışması kapsamında Örencik Formasyonu ve içerisinde yer alan gölsel kireçtaşı üyesi Yörük Üyesi ile Alagöz Formasyonu Gölbaşı Formasyonu'na dâhil edilmiştir.

Karaahmet Formasyonu (TplQ), genel olarak silttaşından oluşan birim kıltaşı, çamurtaşı, kumtaşı ve çakıltaşı ardalanmasından oluşmaktadır. Kendi içerisinde silttaşı ve kıltaşından oluşan birim Göl Üyesi (TplQg); çakıltaşı ve çamurtaşlarından oluşan birim ise Yelpaze Üyesi (TplQky) olarak adlandırılmıştır. Tolamda 130 metre kalınlığa sahiptir. Birimin yaşı Geç Pliyosen-Erken Pleistosen olarak kabul edilmektedir (Bilgin 2014). Değim Formasyonu ile denştirildiği için (Birgili vd. 1975) doktora tez çalışması kapsamında Değim Formasyonu Karaahmet Formasyonu'na dâhil edilmiştir.

Traverten (Qtr), sıcak su çıkışları ile oluşmuş, beyaz renkli, yer yer bol bitki sapı boşluklu karbonatlardan oluşmaktadır.

Yamaç Moluzu (Qym), dik yamaçlarda köşeli çakıl ve bloklardan oluşmaktadır.

Eski Alüvyon Yelpazesi (Qlay), çakıl, kum, çamur birikintilerinden oluşmaktadır. Yatak değıştiren akarsuların yakınlarında ve/veya az uzağında tatlı eğimli tepecikler halinde görülmektedir.

Alüvyon (Qal), akarsu yataklarında eski çukurluklar üzerine gelişmiş düz alanlarındaki çakıl, kum ve çamur çökelleridir.

4.1.2 İstanbul bölgesi

Jeoloji çalışmalarında 1/50.000 ölçekli İstanbul ili Jeoloji haritasından (EK 159) yararlanılmıştır (Özgül 2011). İstanbul il alanı içerisinde birbirinden büyük bir tektonik hat ile ayrılan iki büyük kaya topluluğu yer almaktadır. Bu kaya toplulukları İstanbul Zonu ve Istranca Tektonik birliği içerisinde yer almaktadır. Bu iki topluluk metamorfizma özelliklerine göre Istranca Birliği ve İstanbul Birliği olmak üzere iki ana grup altında incelenmiştir. Istranca Birliği metamorfik özellik gösteren kaya birimleri, İstanbul Birliği ise metamorfizma özelliği göstermeyen kaya birimlerinden oluşmaktadır. Istranca ve İstanbul birliği üzerine Üst-Kretase-Tersiyer aralığında çökelmiş kırıntılı ve birimler yer almaktadır (Özgül 2011). Bu çalışmada litostratigrafik birimlerin adlandırılmasında Özgül (2011)'in yapmış olduğu çalışma göz önüne alınmıştır (Şekil 4.3).

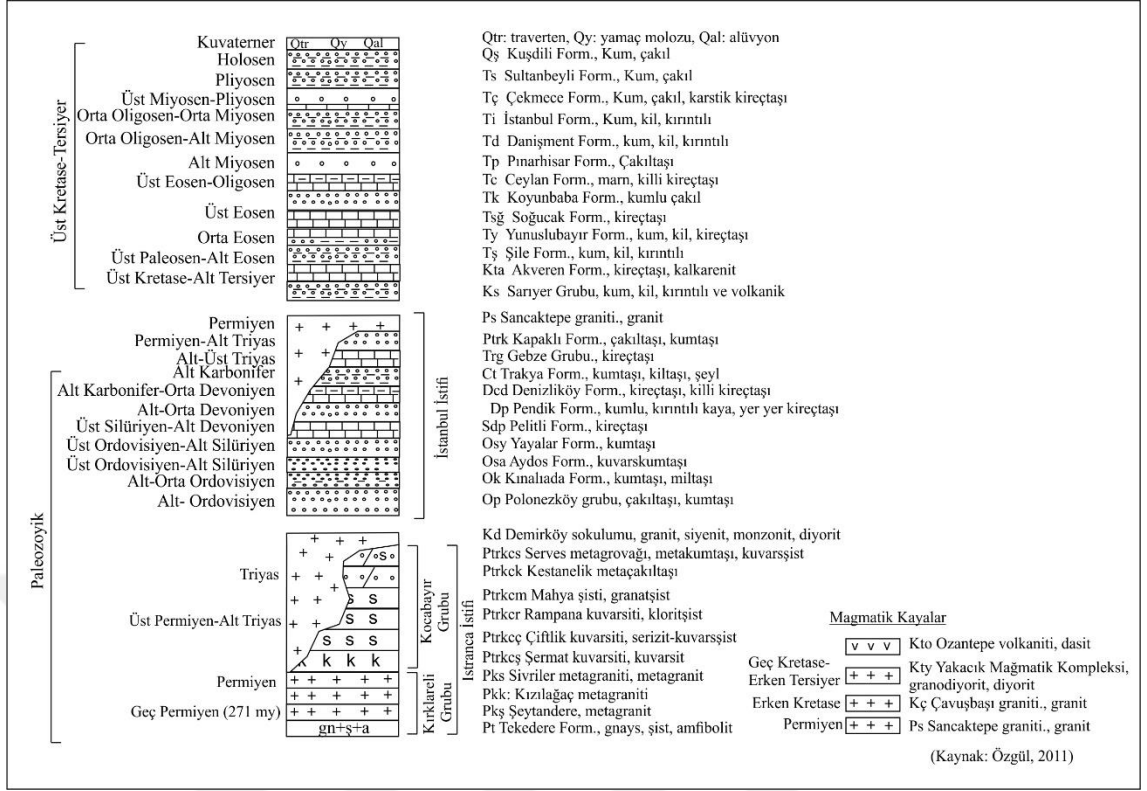
Stratigrafi

Istranca Birliği genel olarak İstanbul il alanının kuzey batısında yayılım göstermekte olup, amfibolit ve yüksek yeşilşist metamorfizması geçirmiş Paleozoyik yaşlı metagranitler ve üste doğru uyumsuz olarak gelen yeşilşist metamorfizması geçirmiş Triyas-Jura yaşlı şist, kuvarşist, metaçakıltası ve metagrovak birimlerinden oluşmaktadır. Bu birimler Üst Kretase yaşlı Demirköy asidik sokulumu ile kesilmişlerdir.

İstanbul Birliği ise Paleozoik ve Erken Mesozoik yaşlı karasal kökenli kireçtaşı, kumtaşı, kıltaşı ve andezit ve bazalttan oluşan kaya birimlerinden oluşmaktadır. İstanbul il alanı içerisinde farklı zamanlarda oluşmuş formasyonlar benzer türde kaya gruplarını içerdikleri için formasyonlar alttan üste doğru yaşlarına göre egemen türdeki kaya türleri göz önüne alınarak gruplanmışlardır (EK 164).

Istranca Birliği

Tekedere Formasyonu (Pt): en yaşlı birimdir, biyotitli şist, gözlü gnays, amfibolit ve kalkşist türü kayalardan oluşmaktadır. Yer yer kuvarşlı şist içermektedir.



Şekil 4.3 İstanbul bölgesi stratigrafik istif (Özgül, 2011)

Kırklareli grubu (Pk): Paleozoyik yaştaki granitlerdir, metagranit türü kayalardır. Bunlar Şeytandere metagraniti, Kızılağaç metagraniti, Sivrililer metagraniti olarak yer almaktadır. Permian yaşıdır.

- **Şeytandere metagraniti (Pkş):** Pembe mikroklin kristalli biyotitli gnaysik granitlerdir. Porfirobrastlı gnays dokulu metagranitler egemendir.
- **Kızılağaç Metagraniti (Pkk):** Kuvars, biyotit ve iri mikroklin kapsamaktadır. Granit yüzeylemelerinin üst kesimleri ileri derecede ayrılarak kaba kum boyu taneleri şeklinde gözlenmektedir.
- **Sivrililer metagranitoidi (Pks):** Diyorit ve granodiyorit türü kayalardan oluşmaktadır. Başlıca kuvars diyorit, hornblendli granodiyorit ve kuvars diyorit türü kayalardan oluşmaktadır.

Kocabayır Grubu (Ptrkç): Meta çakıltaşı, metakumtaşı ve şistlerden oluşmuştur. Permian-Triyas-Jura yaşında kabul edilmektedir.

- Şermat Kuvarsiti (Ptrkçş) beyaz mika ve kıt feldspatlı kuvarsitten oluşmuştur.
- Çiftlik Kuvarsiti (Ptrkçş) serizitli kuvarşistlerden oluşmuştur.

- Rampana kuvarşşiti (PTrker) yeşilmsi boz klorit şistlerden yer yer gnays dokulu oluşmaktadır.
- Mahya şisti (PTrkcm): granat şist, grafit şist ve kalkşistlerden oluşmaktadır.
- Kestanelik meta çakıltaşı (PTrkck): metaçakıltaşı, metakumtaşı
- Serves Metagrovağı (PTrkcs): arakatkılı metagrovak, metakumtaşı, metatüf, kuvarşşist, serizitşist ten oluşmaktadır.

Demirköy Sokulumu (Kd): Holokristalin dokulu hornblend, plajiyoklas ve biyotitli granit, siyenit, monzonit ve diyorit türü kayalardan oluşmaktadır. Dokanak zonlarında yer yer kontakt metamorfizma geçirmişlerdir.

İstanbul Birliği

İstanbul birliği İstanbul il alanı içerisinde temel niteliğinde, kalınlığı birkaç bin metreyi bulan kalın bir istif oluşturmaktadır. Bu istifin içinde farklı litostratigrafik birimler yer almakta olan bu istif yaşları farklı birimler tarafından değişik bölgelerde açılı uyumsuzluk ile örtülmektedir.

Polonezköy Grubu (Op): İstanbul il alanında gözlenen en yaşlı birimdir. Karasal ortamda çökelmiş kırıntılıları kapsayan bu birim birkaç bin metre kalınlıktadır. Kendi içerisinde başlıca kıltaşı-miltaşı ve ince taneli kumtaşından oluşan Kocatöngel Formasyonu (Opkc) ile arkoz türü kırmızımsı kayalardan oluşmakta olan Kurtköy Formasyonu (Opk) ndan oluşmaktadır. Silüriyen yaşlı olan Kurtköy Formasyonu altta çakıltaşı ile başlamakta üst seviyelerde arkoz ağırlıklı miltaşı arakatkılıdır.

Kınalıada Formasyonu (Ok): Başlıca feldspatlı kumtaşı ve miltaşından oluşmaktadır. Kınalıada civarında belirgin yüzlek vermektedir. Çeşitli araştırmacılar tarafından farklı adlandırılan bu formasyon Özgül (2011) tarafından Kınalıada Formasyonu olarak adlandırmıştır. Alt Ordovisiyen yaşlıdır.

Aydos Formasyonu (OSa): Büyük oranda kuvarsit (kuvars arenit) lerden oluşmaktadır. İstanbul il alanı içerisinde yüksek dağ ve tepeleri oluşturmaktadır. Kuvarsitler farklı araştırmacılar tarafından farklı adlandırılmış olup Önalın (1981) tarafından Aydos Formasyonu olarak adlandırılmıştır.

Yayalar Formasyonu (OSy): İstanbul il alanının çeşitli yerlerinde yüzlek veren bu formasyon genellikle mikalı kumtaşlarından oluşmaktadır. Farklı araştırmacılar tarafından

farklı adlandırılmış olup birbiri ile yanal ve düşey yönde girik olan egemen tane boyu, tane türü, hamur, çimento oranları farklılık göstermekte olan birim Üst Ordovisiyen yaşlıdır (Özgül 2011).

Pelitli Formasyonu (SDp): Büyük bölümü kireçtaşlarından oluşmaktadır, yersel olarak ince kil seviyeleri içermektedir. Alt kesimlerinde resif ve sığ denizel kireçtaşları, üst kesimlerde ise yumrulu kireçtaşları yer almaktadır. Kartal-Soğanlık ve Ümraniye-Örenlik mevkiinde yaygın olarak görülmektedir. Üst silüriyen-Alt Devoniyen yaşlıdır.

Pendik Formasyonu (Dp): mika pullu, milli killi kırıntılı kayalardan oluşmaktadır. Üst kesimlerinde yer yer kireçtaşları bulunmaktadır. Bol makrofosil içermektedir.

Denizli köyü Formasyonu (DCd): Başlıca kireçtaşı, killi kireçtaşı, yumrulu kireçtaşı ve liditlerden oluşmaktadır. Orta Üst Devoniyen-Karbonifer yaşlıdır.

Trakya Formasyonu (Ct): Başlıca kumtaşı, miltaşı ve şeyl türü kayalardan oluşmaktadır. Alt kesimde değişen kalınlıkta kireçtaşı merceklerini kapsamaktadır.

Kapaklı Formasyonu (PTrk): Paleozoyik kayaları üsteleyen şarabi kırmızı renkli çakıltaşı kumtaşlarından oluşmaktadır.

Gebze Grubu (TRg): Şile ve Gebze tarafında yoğunlukla yer alan karbonat ve kırıntılı kaya gruplarından oluşmaktadır. Erikli grubu (Trge) kumtaşı ve marn, Demirciler grubu (TRgd) kumtaşı şeyl ara katkılı kireçtaşı ve killi kireçtaşı, Ballıkaya grubu (TRgb) kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı, Tepecik Formasyonu (TRgt) kireçtaşı, killi kireçtaşı şeyl araldanmasından, Bakırlıkıran Formasyonu (TRgbk) kumtaşı, şeyl araldanmasından oluşmaktadır. Üst Kretase Tersiyer aralığında oluşan bazalt, tuf aglomera, kil, kum, çakıltaşı ve kireçtaşı kaya birimlerinde oluşan bu birimler aşağıda özet olarak yer almaktadır:

Sarıyer Grubu (Ks): Üst kretase yaşlı kum, mil, kil gibi kırıntılı ve kökenli kayalar yer almaktadır. Kırıntılıların egemen olduğu Bozhane (Ksb) ve tuf, aglomera, lav gibi volkanitlerin egemen olduğu Garipçe Formasyonu (Ksg) olarak iki alt gruptan oluşmaktadır.

Akveren Formasyonu (KTa): Algli bentonik foraminiferli kireçtaşı ve kalkarenitten oluşmaktadır. Üst Kretase-Alt Tersiyer yaşlıdır.

Şile Formasyonu (Tş): olistolit içeren kıltaşı, miltaşı kumtaşı kaya birimlerini içermektedir. Üst Paleosen-Alt Eosen yaşlıdır.

Yunuslubayır Formasyonu (Ty): Bol nummulitli kumtaşı, killi kireçtaşı ve çakıltaşı kaya birimlerinden oluşmaktadır. Orta Eosen yaşlıdır.

Soğucak Formasyonu (Tsğ), resif kireçtaşından oluşmaktadır. Beyaz-krem, külrengi bol algli, mercanlı, nummulitli, mikrit ve biyomikritik kireçtaşından oluşmaktadır. Orta-Üst Eosen yaşlıdır.

Koyunbaba Formasyonu (Tk): Kumlu çakıllı (Koyunbaba üyesi-Tk) ve resfal kireçtaşı (Soğucak üyesi-Ts) birimlerden oluşmaktadır.

Ceylan Formasyonu (Tc): marn, killi kireçtaşı ve kireçtaşı araldanmasından oluşmaktadır. Kendi içerisinde Tcb Balıkkoyu çakıltaşı, kumtaşı araldanması, biyoklastik kireçtaşı ve killi kireçtaşından oluşna Tcy Yassıören üyesi ile Tck Kızılcaali Tüf üyesi oluşmaktadır. Üst Eosen Oligosen yaşlıdır.

Pınarhisar Formasyonu (Tp): Başlıca çakıltaşıdan oluşmaktadır.

Danişment Formasyonu (Td): Çakıl kil kumdan oluşan kırıntılı kayalardan oluşmaktadır. Kendi içerisinde kum, çakıl, kil ve kömür düzeylerinden oluşan Ağacli Üyesi (Tda), kalın katmanlı, som, kaba taneli kumtaşından oluşan Sinekli (Tdsi), devitrifiye, felsik tüflerden oluşan Çantaköy tüf üyesi TTdç), kıltaşı-şeyl egemen ve kumtaşı ara katkılarında oluşan Gürpınar Üyesi (Tdg), kabataneli kumtaşı ve kil-mil ara katkılı Silivri kumtaşı üyesi (Tdsl) ve killi milli şeylden oluşan Süloğlu şeyl üyesi (Tds)'nden oluşmaktadır. Orta Oligosen-Alt Miyosen yaşlıdır.

Neojen yaşlı kaya birimleri

İstanbul bölgesi Geç Oligosen ve Erken Miyosen arasında tektonik hareketler ile yükselmiş olup, bu zaman aralığı içinde aşınma başlamış ve aşınan ürünlerin çökmesi ile Neojen yaşlı karasal çakıl, kum kil gibi kaya birimleri oluşmuştur. Neojen litostratigrafi birimleri yaşlıdan gence aşağıdaki şekilde yer almaktadırlar:

İstanbul Formasyonu (Ti): Karasal kum, çakıl ve kil gibi birimlerden oluşmaktadır. Kendi içerisinde tutturulmamış çakıl, kum-milden oluşan Kırac Üyesi (Tik), çakıl kaba kumtaşından oluşan Kayalı Tepe Üyesi (Tiky) ve kil-mil, ince kum, çakıl ve kömür bant

ara katkılı Meşe Tepe Üyesi (Tmi)'nden oluşmaktadır. Üst Oligosen-Orta Miyosen yaşlıdır.

Çekmece Formasyonu (Tç): kum çakıl birikintileri ve karstik boşluklu kireçtaşlarından oluşan formasyon kendi içerisinde beyaz-bej renkli ince-orta katmanlı kireçtaşı, killi kireçtaşı ve kilaşı-marn arakatkılı Bakırköy Üyesi (Tçb), kum-mil ara katkılı ve üst düzeylerde kireçtaşı içeren Güngören Üyesi (Tçg) ile sarımsı-boz renkli tutturulmamış kaba kum, çakıldan oluşan Çukurçeşme Üyesi (Tçç)'nden oluşmaktadır. Üst Miyosen-Pliyosen yaşlıdır.

Sultanbeyli Formasyonu (Ts): kum ve çakıl birikintileri, yer yer blok boyutlu tutturulmamış gereçten oluşmaktadır. Kendi içerisinde Orhanlı, Dudullu, Tuğlacıbaşı, Altintepe, İkiz Tepe üyelerini kapsamaktadır. Pliyosen yaşlıdır.

Kuşdili Formasyonu (Qkş): kil, mil çamur türü haliç çökellerinden oluşmaktadır. Kalınlığı 30-80 m arasında değişmektedir. Holosen yaşlıdır.

Güncel Birikintiler (Qg): Alüvyon, yamaç moluzu, seki birikintisi gibi kum çakıl ve killi birimlerden oluşmaktadır.

Magmatizma

İstanbul il alanı içerisinde derinlik, yarı derinlik gibi sokulum kayaları yer almaktadır.

Sancaktepe Graniti (Ps): Anadolu yakasında yer alan yaklaşık 100 km² lik bir alan kaplayan granit sokulumudur. Oldukça bozunmuş bir görünümde olan sancaktepe granitinin bulunduğu alanın yoğun yerleşim içerisinde kalması nedeniyle, taza mostra örnekleri sınırlı yerlerde gözlenmiştir. Holokristalin doku gösteren granitin oluşum yaşı Silüriyen (225 milyon yıl) olarak belirlenmiştir (Yılmaz 1976). Kuvars, plajiyoklas, K-feldspat, biyotit ve opak minerallerden oluşmaktadır. K feldpat minerallerinde killeşme gözlenmektedir (Yılmaz Şahin vd. 2007).

Çavuşbaşı Graniti (Kç): Beykoz ilçesi civarında gözlenmekte olan Çavuşbaşı Graniti oldukça ayrılmış bir özellik göstermektedir. Yoğun yerleşim ve bitki örtüsü nedeniyle sınırlı olarak yol yarmalarında gözlenmektedir. Ayrışma nedeniyle orta kum boyutu taneler şeklinde olup, feldspat mineralleri tamamıyla ayrılmış, kuvars ve amfibol mineralleri korunmuştur. Graniti 60-83 milyon yıl arasında yaşlandırılmış olup Erken kretase döneminde yerleşmiştir (Öztunalı ve Satır 1975).

Gabro: Gabro yüzeyde görülmemesine rağmen Sancaktepe granitinin bulunduğu bazı bölgelerde açılan sondajlarda kesilmiştir. Yeşil renkli Hornblend kristallerinin yaygın olduğu, yer yer serizitleşmiş plajioloklas kristalleri gözlenmektedir. Arazi çalışmasında yüzeyde gözlenmediği için el örneği alınamamıştır.

Yakacık Magmatik Kompleksi (KTy): İstanbul il alanı içerisinde bulunan Paleozoyik yaşlı İstanbul birliği kayaları yer yer andezit ve diyabaz daykları ile kesilmektedir. Bu birimler sondajlarda kesilen ve yersel yüzlekleri bulunan granodiyorit-diyorit bileşimlidir. Yakacık Magmatik Kompleksi olarak adlandırılmaktadır (Özgül, 2011). Mikrogranodiyorit ve mikrodioritler mikrokristal dokulu, feldspat, az kuvars ve az mafik kristaller içermektedir. Diyabazlar koyu yeşil ve kül rengi, intersertal dokulu dayklar şeklindedir. Ojit, plajiyoklas, klorit ve opak mineraller ve az oranda hornblend içermektedir. Andezitler ise en yaygın olarak gözlenen kayalardır. Mostralarda oldukça ayrıışmış, killeşmiş ve ilksel doku değişmiştir. Ayrışma derecesinin az olanlarında ise feldspat fenokristalli porfirik doku gözlenmektedir (Özgül 2011).

Ozan Tepe Volkaniti (KTo): Dasitik volkanitlerden oluşmakta olup, büyükadanın kuzeyinde yer alan Ozantepe de yüzeylemektedir. Oldukça ileri hidrotermal alterasyon geçirmiş olan dasitler ilksel doku ve mineral bileşimini yitirmiştir. Gözenek ve çatlaklarda bakır cevherleşmeleri gözlenmektedir.

İstanbul İl alanı içerisinde yer alan ters ve normal faylar yer almaktadır. Çalışma alanında yer alan faylar Özgül (2011) tarafından ayrıntılı olarak incelenerek haritalanmıştır.

4.1.3 Kaya gruplarının belirlenmesi

İstanbul ve Ankara il alanlarındaki formasyonlar içerdikleri egemen kayalara göre gruplandırılmıştır (Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4.). Kayaların termal iletkenlikleri bu kaya gruplarına göre atanarak Ankara ve İstanbul il alanı termal iletkenlik haritaları (EK 160 ve EK 161) hazırlanmıştır.

Çizelge 4.3 Ankara bölgesinde yüzeylenen egemen kaya grupları

Formasyonlar	Simge	Yaş	Egemen kaya birimleri	λ (W/mK)
Bozçaldağ Formasyonu	Pzb	Paleozoik	Mermer	2,243
Karbonifer yaşlı kireçtaşı	Ckb	Karbonifer	Kireçtaşı	2,243
Gökçekaya Metamorfikleri	PTkg	Permo-Triyas	Metakumtaşı	1,367
Emir Formasyonu	Tre	Erken Triyas	Şist	2,026
Elmadag Formasyonu	Trel	Erken-Orta Geç Triyas	Metakumtaşı	1,367

Çizelge 4.3 Ankara bölgesinde yüzeylenen egemen kaya grupları (devam)				
Formasyonlar	Simge	Yaş	Egemen kaya birimleri	λ (W/mK)
Ortaköy Formasyonu	Tro	Orta-Üst Triyas	Kumtaşı	1,324
Mıhlıkaya Formasyonu	Tkm	Orta Triyas- Geç Kretase	Rekristalize kireçtaşı	2,243
Keçikaya Formasyonu	TRk	Orta-Geç Triyas	Kireçtaşı	1,901
Hasanoğlan Formasyonu	Jh	Erken Jura	Kumtaşı	1,221
Günelan Formasyonu	Jg	Erken Jura-Alt Kretase	Kumtaşı	1,324
Bilecik Kireçtaşı	Jkb	Orta Jura-Alt Kretase	Kireçtaşı	1,336
Karadağ Formasyonu	Kk	Alt Kretase-Üst Kretase	Kumtaşı	1,324
Kuşkuş Formasyonu	Kku	Orta-Üst Kretase	Kireçtaşı	1,967
Yenipazar Formasyonu	Kye	Üst Kretase	Kumtaşı	1,324
Dereköy Ofiyolit Melanjı	Kd	Üst Kretase	Gabro	2,265
Eldivan Ofiyolit Kompleksi	Ke	Üst Kretase	Serpantinit	2,267
Girdapdere Metaolistositromu	Kg	Üst Kretase	Metakumtaşı	1,367
Haymana Formasyonu	Kh	Üst Kretase	Kumtaşı	1,324
Ilıcınar Formasyonu	Kı	Üst Kretase	Kumtaşı	1,324
Malboğazı Formasyonu	Km	Üst Kretase	Kireçtaşı	1,967
Çiçekdağ Formasyonu	Kç	Üst Kretase	Diabaz	1,014
Hisarköy Formasyonu	Kkh	Üst Kretase	Kumtaşı	1,324
Orta Anadolu Granitoyitleri	Kog	Üst Kretase	Granit	1,159
Kuşkatepe kireçtaşı Olistoliti	Tpdk	Üst Kretase	Kireçtaşı	1,967
Karahıdır volkanit üyesi	Khk	Üst kretase-Erken Paleosen	Dasit	0,877
Sarıkaya Formasyonu	Tps	Üst Kretase-Paleosen	Andezit	1,389
Odundağtepe Volkaniti	Ktpo	Üst Kretase-Paleosen	Dasit	0,877
Yeşilyurt Formasyonu	Tpy	Paleosen	Kumtaşı	1,324
Kartal Formasyonu	Tpk	Alt Paleosen	Kumtaşı	1,660
Eskipolatlı Formasyonu	Te	Alt Paleosen	Kumtaşı	1,324
Beypazarı Granitoyidi	Tpbğ	Paleosen	Granit	1,159
Çaldağ Formasyonu	Tpç	Paleosen	Kireçtaşı	1,967
Meyildere Volkaniti	Tpem	Üst Paleosen Alt Eosen	Andezit	1,389
Çataltepe Formasyonu	Teça	Alt Eosen	Kumtaşı	1,324
Safranbolu Formasyonu	Tes	Alt-Orta Eosen	Kireçtaşı	1,967
Alçı Formasyonu	Tea	Alt-Orta Eosen	Kumtaşı	1,324
Yeniköy Volkaniti	Teye	Eosen	Bazalt	1,008
Güvenç Formasyonu	Teg	Orta Eosen	Kumtaşı	1,324
Baraklı Formasyonu	Teb	Orta Eosen	Kumtaşı	1,324
Çayraz Formasyonu	Teç	Orta Eosen	Kumtaşı	1,324
Kocaçay Formasyonu	Teko	Orta Eosen	Kireçtaşı	1,967
Kurtsivrisi Volkaniti	Tz	Orta Eosen	Andezit	1,389
Abdüsselamdağı Volkanit Karmaşığı	Teab	Orta Eosen	Andezit	1,389
Gemiciköy Formasyonu	Temg	Üst Eosen-Erken Miyosen	Kumtaşı	1,324
Tepeköy Formasyonu	Tt	Oligosen	Kumtaşı	1,324
İncik Formasyonu	Toi	Üst Eosen-Oligosen	Kumtaşı	1,324
Tekke Volkaniti	Tet	Miyosen	Andezit	1,389
Tohumlar volkanitleri	Tmt	Alt Miyosen	Dasit	0,877
Yenice Volkanitleri	Tmy	Alt Miyosen	Dasit	0,877
Karacadağ Volkanitleri	Tmka	Alt Miyosen	Bazalt	1,008

Çizelge 4.3 Ankara bölgesinde yüzeylenen egemen kaya grupları (devam)				
Formasyonlar	Simge	Yaş	Egemen kaya birimleri	κ (W/mK)
Karasivri Volkaniti	Tmk	Alt Miyosen	Dasit	0,877
Kirazdağı volkaniti	Tmki	Alt Miyosen	Andezit	1,156
Hançılı Formasyonu	Tmh	Alt-Orta Miyosen	Kumtaşı	1,324
Ilıcadere Volkaniti	Tmi	Orta Miyosen	Andezit	1,058
Deveören Volkaniti	Tmd	Orta Miyosen	Dasit	0,877
Selametli Volkanitleri	Tms	Orta Miyosen	Bazalt	1,008
Uludere Piroklastikleri	Tmu	Alt-Orta Miyosen	Andezit	1,389
Ürgüp Formasyonu	Tmü	Orta-Üst Miyosen	Kumtaşı	1,324
Kumartaş Formasyonu	Tmku	Alt-Üst Miyosen	Kumtaşı	1,668
Kalecik volkaniti	Tmkl	Üst Miyosen	Dasit	0,877
Sarıoba Formasyonu	Tmsg	Üst Miyosen	Kumtaşı	0,852
Kırmızıbayır Formasyonu	Tmkı	Üst Miyosen	Çamurtaşı	0,993
Bakacaktepe Volkaniti	Tmbv	Üst Miyosen	Andezit	1,953
Kızılırmak Formasyonu	Tkız	Üst Miyosen	Çamurtaşı	0,993
Oğulbey Dasiti	To	Üst Miyosen	Dasit	0,877
İnsuyu Formasyonu	Tmi	Üst miyosen	Kireçtaşı	1,967
Bozdağ Bazaltı	Tb	Üst Miyosen-Pliyosen	Bazalt	1,008
Bozkır Formasyonu	Tplb	Pliyosen	Jips	0,365
Gölbaşı Formasyonu	Tg	Pliyosen	Kumtaşı	1,221
Karaahmet Formasyonu	TplQ	Üst Pliyosen-Alt Pleyistosen	Silttaşı	1,723
Traverten	Qtr	Kuvaterner	Traverten	1,765
Alüvyon	Qal	Kuvaterner	Alüvyon	1,155

Çizelge 4.4 İstanbul bölgesinde yüzeylenen egemen kaya grupları

Formasyonlar	Simge	Yaş	Egemen kaya birimi	κ (W/mK)
Tekedere Form.	Pt	Permiyen	Şist	2,849
Sivriiler Metagranitoid	Pks	Permiyen	Granodiyorit	2,201
Şeytandere Metagraniti	Pkş	Permiyen	Granit	3,049
Kızılağaç Metagraniti	Pkk	Permiyen	Ayrışmış granit	0,240
Çiftlik Kuvarsiti	Ptrkcç	Permiyen-Alt Triyas	Kuvarsit	5,252
Mahya Şisti	PTrkcm	Permiyen-Alt Triyas	Klorit şist	2,849
Rampana Kuvarşisti	PTrkcr	Permiyen-Alt Triyas	Klorit şist	2,849
Kestanelik Form.	PTrkcrk	Permiyen-Alt Triyas	Metakumtaşı	1,760
Şermat Kuvarsiti	Ptrkcş	Permiyen-Alt Triyas	Kuvarsit	5,252
Serves Metagrovağı	PTrkks	Permiyen-Alt Triyas	Metakumtaşı	1,760
Demirköy Sokulumu	Kd	Kretase	Granit	3,049
Kontakt Zonu	Km	Üst Kretase-Daniyen	Ayrışmış granit	0,24
Kocatöngel Form.	Opkc	Alt Ordovisiyen	Kiltaşı	1,086
Kurtköy Form.	Opk	Silüriyen	Kumtaşı	1,048
Kınalıada Form.	Ok	Alt Ordovisiyen	Kumtaşı	1,429
Aydos Form.	Osa	Üst Ordovisiyen	Kuvarsit	5,252
Yaylalar Form.	Osy	Üst Ordovisiyen	Kumtaşı	1,429
Yaylalar Form. Gözdağ Üyesi	Osyg	Üst Ordovisiyen	Kumtaşı	1,429
Yaylalar Form. Şeyhli Üyesi	Osyş	Üst Ordovisiyen	Kumtaşı	1,429

Çizelge 4.4 İstanbul bölgesinde yüzeylenen egemen kaya grupları (devam)				
Formasyonlar	Simge	Yaş	Egemen kaya birimi	κ (W/mK)
Pelitli Form	SDp	Üst silüriyen-Alt Devoniyen	Kireçtaşı	2,293
Pendik Form.	Dp	Üst Silüriyen-orta Devoniyen	Killi kırıntılı birimler	1,086
Denizliköy Form.	DCd	Orta-Üst Devoniyen Alt Karbonifer	Kireçtaşı	2,205
Trakya Form.	Ct	Alt karbonifer	Kumtaşı	1,429
Sancaktepe Graniti	Ps	Permien	Granit	3,049
Kapaklı Form.	PTrk	Permien Alt Triyas	Kumtaşı	1,429
Ballıkaya grubu	TRgb	Alt-orta triyas	Kireçtaşı	2,262
Bakırkırın Form.	TRgbk	Üst Triyas	Kumtaşı	1,429
Demirci Grubu	Trgd	Alt-orta triyas	Kireçtaşı	2,262
Erikli Grubu	Trge	Alt Triyas	Kumtaşı	1,429
Tepecik Grubu	TRgt	Üst Triyas	Kireçtaşı	2,262
Bozhane Form.	Ksb	Üst Kretase	Kumtaşı	1,429
Garipçe Form.	Ksg	Üst Kretase	Volkanoklastik-piroklastik	0,963
Çavuşbaşı graniti	Kç	Üst Kretase-Daniyen	Ayrışmış Granit	0,240
Akveren Form.	Kta	Üst Kretase-Alt Tersiyer	Kireçtaşı	2,529
Ozantepe Volkaniti	Kto	Üst Kretase Alt Tersiyer	Dasit	0,939
Yakacık Magmatik Kompleksi	Kty	Üst Kretase Alt Tersiyer	Diyorit-Granodiyorit	2,201
Şile Form.	Tş	Üst Paleosen-Alt eosen	Kiltaşı	1,086
Yunuslıbayır Form.	Ty	Orta Eosen	Kumtaşı	1,429
Koyunbaba Form.	Tk	Orta Üst Eosen	Kumtaşı	1,429
Soğucak Form.	Tsg	Orta Üst Eosen	Kireçtaşı	2,1325
Ceylan Form.	Tc	Üst Eosen Oligosen	Marn killi kireçtaşı	1,215
Ceylan Form.- Balıkköy üyesi	Tcb	Üst Eosen Oligosen	Kumtaşı	0,536
Ceylan Form.-Yassıören üyesi	Tcy	Üst Eosen Oligosen	Kireçtaşı	1,559
Ceylan Form.-Kızılcaali Tüf üyesi	Tck	Üst Eosen Oligosen	Tüf	0,388
PınarhisarForm.	Tp	Alt Oligosen	Kireçtaşı	2,205
Danişmen Form.-Ağaçlı üyesi	Tda	Orta Oligosen Alt Miyosen	Kum çakıl	1,17
Danişmen Form.-Çantaköy üyesi	Tdç	Orta Oligosen Alt Miyosen	Tüf	0,388
Danişmen Form.-Gürpınar üyesi	Tdg	Orta Oligosen Alt Miyosen	Kiltaşı	1,562
Danişmen Form.-Süloğlu şeyl üyesi	Tds	Orta Oligosen Alt Miyosen	Kiltaşı	1,562
Danişmen Form.-Sinekli üyesi	Tdsi	Orta Oligosen Alt Miyosen	Kumtaşı	1,429
Danişmen Form.-silivri üyesi	Tdsl	Orta Oligosen Alt Miyosen	Kumtaşı	1,429
İstanbul Form.-Kıraç Üyesi	Tik	Üst Oligosen-Alt-Orta Miyosen	Çakıl, kum, kil	0,702
İstanbul Form.-Kayalıtepe Üyesi	Tiky	Üst Oligosen-Alt-Orta Miyosen	Kumtaşı	4,300
İstanbul Form.-Meşetepe Üyesi	Tim	Üst Oligosen-Alt-Orta Miyosen	Kil	0,702

Çizelge 4.4 İstanbul bölgesinde yüzeylenen egemen kaya grupları (devam)				
Formasyonlar	Simge	Yaş	Egemen kaya birimi	κ (W/mK)
Çekmece Form.-Bakırköy üyesi	Tçb	Üst Miyosen-Pliyosen	Killi kireçtaşı	1,215
Çekmece Form.-Çukurçeşme üyesi	Tçç	Üst Miyosen-Pliyosen	Kaba kum çakıl	1,170
Çekmece Form.-Güngören üyesi	Tçg	Üst Miyosen-Pliyosen	Kireçtaşı, kil ara katkılı	2,205
Sultanbeyli Form.	Ts	Üst Miyosen-Pliyosen	Kum çakıl kil	1,171
Kuşdili Form.	Qkş	Holosen	Kum çakıl, kil	1,171
Alüvyon	Qal	Kuvaterner	Kum çakıl kil	1,155

4.2 Termal İletkenlik Katsayısı Ölçümü Çalışmaları

Kaya örneklerinde ısı iletkenlik katsayısı ölçümlerinde, cihaz arızası ve numunelerin istenilen boyuta getirilememesi nedeniyle dört farklı teknik kullanılmıştır (Çizelge 4.5). Yumuşak kayalarda Kararsız hal needle probe (Non steady state Needle Probe), Sert kayalarda ise Korumalı Isı Plakası (Guarded Heat Plate), Kararsız sıcak tel (Unsteady Hot Wire) ve Değiştirilmiş geçişli plaka (Modified Transient Plane Source) yöntemi ile ölçülmüştür.

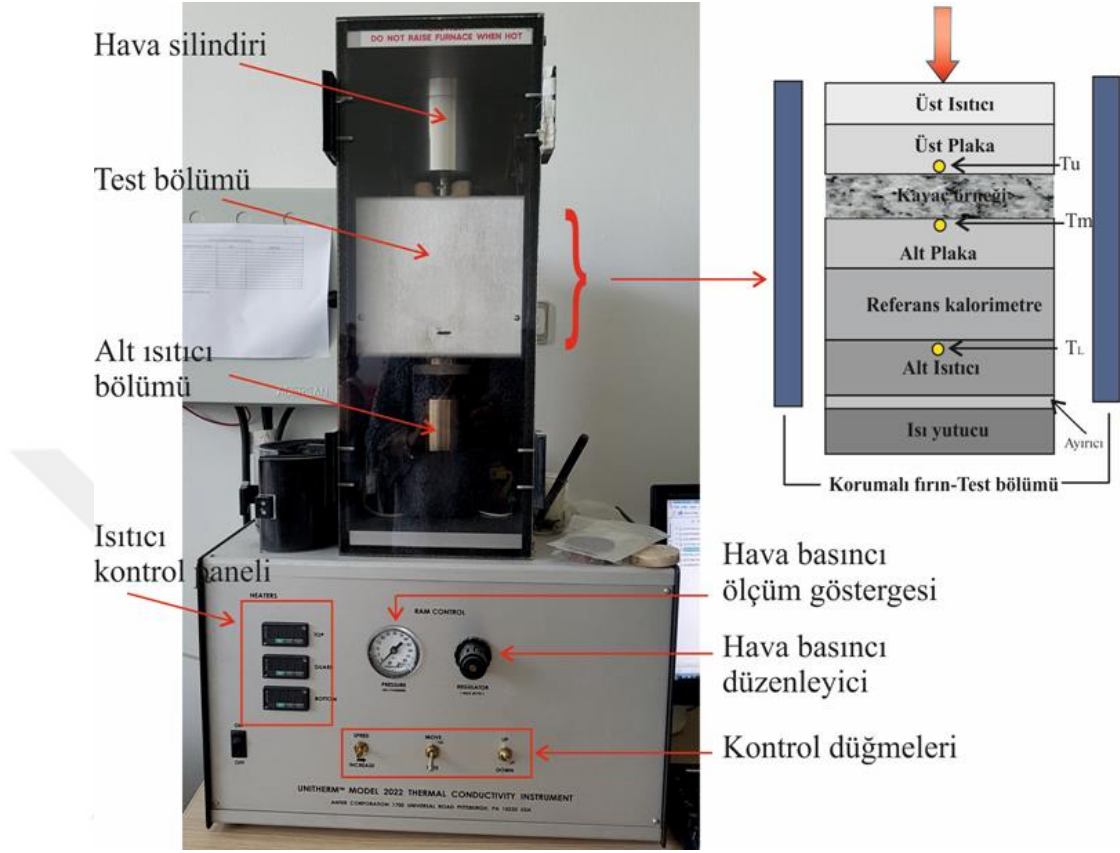
Çizelge 4.5 Termal iletkenlik ölçüm yöntemleri

Termal İletkenlik Ölçüm Yöntemi	Kaya sertliği	Kullanılan Cihaz
Kararsız hal needle probe (Non steady state Needle Probe),	Yumuşak	HuksefluxFTN01
Korumalı Isı Plakası (Guarded Heat Plate)	Sert	Unitherm 2022
Kararsız sıcak tel (Unsteady Hot Wire)	Sert	Quick Thermal Measurement-500 (QTM-500)
Değiştirilmiş geçişli plaka (Modified Transient Plane Source)	Sert	C Therm TCI

4.2.1 Korumalı ısı akışı (Guarded Heat Flow) yöntemi

Isı iletkenlik ölçümü kararlı hal yöntemini kullanan Unitherm 2022 Korumalı Isı Plakası (Guarded Heat Plane) ile yapılmıştır. Unitherm 2022 cihazı (Şekil 4.4) ASTM 1530 standartlarına uygun olarak ısı iletkenlik ölçümü yapmaktadır. Genel olarak ısı iletkenliği ölçülecek kaya örneği ve ısı akısı dönüştürücü her biri otomatik olarak kontrol edilen farklı sıcaklıktaki iki metal yüzey arasında değiştirilebilir basınç altında tutulmaktadır. Üst yüzeyden kaya örneği boyunca ve ısı akısı dönüştürücüsü boyunca alt bölüme doğru ısı akışı sırasında test bölümünde dikey yönde bir sıcaklık gradyanı oluşturulur. Test

bölümünü etrafında bulunan koruma dışarıya ısı kaçışını ve iki plaka arasındaki ortalama sıcaklığın sabit tutulmasını sağlamaktadır.



Şekil 4.4 Unitherm 2022 cihazı ve işletim yöntemine ait genel görünüm

Bu nedenle test bölümü içerisindeki ısı akışı sabit tutularak ısı akışı dönüştürücüsünden çıkış değeri ölçülmektedir. Kaya örneği boyunca olan sıcaklık farklılığı ölçülmesi, test birimi içindeki bilinen sabit ısı akışı ve bilinen kaya örneğinin fiziksel boyutları ile ısı iletkenlik katsayısı hesaplanmaktadır.

Isı iletkenliği ölçümünde kalibrasyon için vespel ve çelik standart referans numuneler kullanılmaktadır (Şekil 4.5). Kaya örnekleri 2 inç çap karotiyerle alındıktan sonra yüzeyleri düzleştirilerek kalınlıkları referans standart örnek ile aynı kalınlığa (20 mm) getirilmektedir. Hata payı 3% ile 8% arasında olmaktadır.



Şekil 4.5 MTA termal iletkenlik ölçümü numune görünümü (a) referans standart numuneler (b) kesilmiş kaya örnek numuneleri genel görünüm

Isı iletkenliğinin hesaplanması Fourier ısı akısı eşitliğine göre yapılmaktadır:

$$R_s = F \left(\frac{T_u - T_m}{Q} \right) - R_{int} \quad (1)$$

$$\lambda = \left(\frac{d}{R_s} \right) \quad (2)$$

R_s = Kayaç örneği ısı direnci (m^2/KW)

F = ısı akımı dönüştürücü kalibrasyon faktörü

T_u = üst plaka yüzey sıcaklığı ($^{\circ}C$)

T_m = alt plaka yüzey sıcaklığı ($^{\circ}C$)

Q = Isı akısı dönüştürücü çıktı değeri (W)

R_{int} = arayüz ısı direnci (m^2/KW)

d = kayaç örnek kalınlığı (mm)

λ = ısı iletkenlik katsayısı (W/mK)

F kalibrasyon faktörü ve R_{int} cihaz arayüz ısı direnci cihaz kalibrasyonundan elde edilmektedir. R_s kaya örneği ısı direnci (1) no'lu formülden elde edildikten sonra örnek kalınlığına (2) bölünerek numunenin ısı iletkenlik katsayısı hesaplanmaktadır.

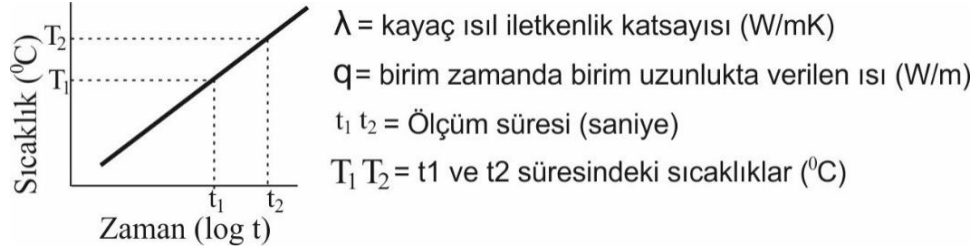
4.2.2 Kararsız Sıcak Tel (Unsteady Hot Wire)

Tez çalışması sırasında MTA Unitherm22 cihazının arızalanması nedeniyle ölçümlerin bir kısmı İYTE Quick Thermal Measurement-500 (QTM-500) cihazında yapılmıştır (Şekil 4.6).



Şekil 4.6 QTM-500 cihazına ait genel görünüm

Cihazın ölçüm yöntemi kararsız hal sıcak tel yöntemidir. Genel olarak ölçüm probunun içerisine yerleştirilmiş tekli ısıtıcı tel ve sıcaklık sensöründen oluşmaktadır. Sıcak telin boyu belirlenmiş olup, sıcaklık artışının dinamik olarak ölçülmesine dayanmaktadır.



Şekil 4.7 QTM-500 cihazı ısı iletkenlik katsayısı ölçüm grafiği

Ölçüm sırasında sabit bir elektrik gücü prob içerisindeki tele verilerek telin sıcaklığı exponansiyel bir şekilde artırılmaktadır. Sıcaklık yükselim eğrisi logaritmik ölçekte zamana karşı çizilerek elde edilmektedir. Eğrinin eğimi düşük ısı iletkenlik olduğunda yüksek, yüksek ısı iletkenlik katsayısı olduğunda ise azalan bir özellik göstermektedir (Şekil 4.7)

4.2.3 Değiştirilmiş geçişli plaka (Modified Transient Plane Source) yöntemi

Kaya numuneleri ölçümünde C Therm TCİ cihazı kullanılmıştır. Sistem bir yüzeyde bulunan arayüz sensörü, elektronik kontrol cihazları ve bir yazılım içermektedir (Şekil 4.8). Daire şekilli arayüz sensörünün üzerinde ısıtıcı ve sıcaklık arayüz sensörler bulunmaktadır. Böylelikle sensör üzerindeki ısıtıcılardan örnek üzerine bir boyutlu ısı akışı sağlanmaktadır (C-Therm, web sitesi).

Kaya numuneleri bir yüzeyleri en az 17 mm çapında olacak ve sensor ile iyi bir temas sağlayacak şekilde düzgün bir yüzey haline getirilerek ölçüme hazırlanmaktadır. Ölçüm yapılırken termal iletkenliği artırılmış bir jel kaya yüzeyine sürülmektedir (Herhangi bir kalınlık ve şekil sınırlaması bulunmamaktadır. Sensör kaya örneğinin üzerine sabit bir akım uygulamaktadır. Test sırasında kaya örneği yaklaşık 1-3 $^{\circ}\text{C}$ arasında ısıtılmaktadır. Kaya örneği ısı iletim katsayısına bağlı olarak bir miktar ısı absorbe etmekte, kalan bölümü ise sensör arayüzündeki sıcaklığı yükseltmektedir (Digikey 2019). Sensör yüzeyindeki sıcaklığın yükselim oranı kaya örneğinin ısı iletim yeteneği ile ters orantılıdır. Isı iletim katsayısı ve efüzite doğrudan ölçülmektedir. Ayrıca ölçülen bu değerleri kullanarak dolaylı olarak difüzite ve özgül ısı kapasitesini hesaplayabilmektedir. Spiral ısıtıcıdaki voltaj düşüşleri geçiş sırasında ve öncesinde ölçülmektedir. Voltaj

verileri daha sonra ölçülen malzemenin efüzite değerine çevrilmektedir. Isı iletkenlik değeri voltaj değerlerinin eğiminden hesaplanmaktadır.



Şekil 4.8 C-Therm TCİ cihaz genel görünüm.

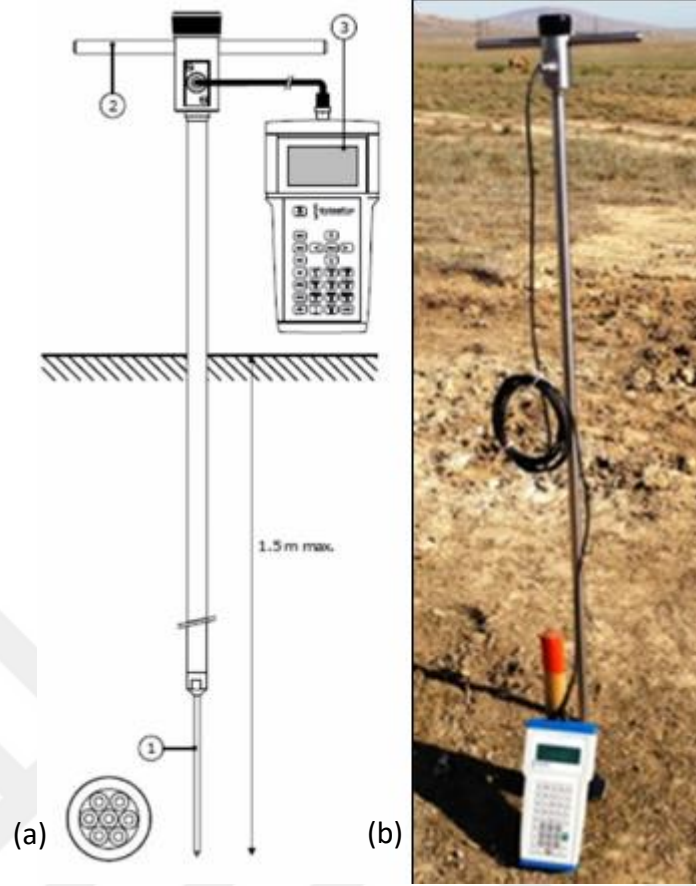
Difüzite termal dengeye ulaşılabilmesi için hızla ilişkili olmasına rağmen efüzite ise maddenin ısı absorbu veya dışarı vermesi oranı ile ilgilidir.

$$\alpha = \frac{\lambda}{\rho} \cdot C_p \text{ difüzite (mm}^2/\text{s)}, e = \sqrt{(\lambda l \cdot \rho C_p)} \text{ efüzite (W/cm}^2/\text{k/s}^{0.5})$$

λ =ısı iletim katsayısı (W/mK), ρ =yoğunluk (kg/m³), C_p =özellik ısı kapasitesi (J/kgK).

4.2.4 Kararsız hal needle prob yöntemi-Hukseflux FHN01

Toprak ve yumuşak kaya türlerinin ısı iletkenlik katsayısının arazide ölçülmesi için FHN01 (Field Thermal Needle) cihazı kullanılmıştır (Şekil 4.9). Cihaz ölçüm yöntemi olarak kararsız hal yöntemini kullanmaktadır. Cihazın en alt bölümüne sıcaklık sensörü yerleştirilmiş olup tasarımda ısı iletkenlik katsayısının önemli olduğu doğalgaz-enerji nakil hatları vb. boru hatlarının yerleştirildiği derinlikte ölçüm yapma olanağı sağlamaktadır. Ölçüm standardı IEEE 442-1981ve ASTM 5334-08 ye uygundur.



Şekil 4.9 Hukseflux FTN01 ölçüm cihazı (a) şematik (b) genel görünüm 1) Kararsız hal probu (sıcaklık sensörü, 2) Kontrol ünitesi ile bağlantı arayüzü, 3) Kontrol ve okuma ünitesi

Kararsız hal yöntemi kullanılan cihazda MTA korumalı ısı plakası yönteminden farklı olarak sıcaklığın dengeye ulaşması beklenmeden sıcaklık değişimleri sırasında ısı iletkenlik katsayısı ve ısı direnci ölçülmektedir. Genel olarak cihaz iyi bir doğrusal kaynağı temsil eden bir ısıtma kablosu içermekte ve sıcaklığı zaman karşı ölçen bir sıcaklık sensör bulunmaktadır.

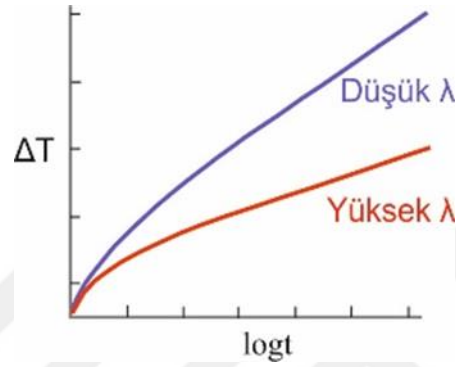
Termal iletkenlik katsayısının ölçümü sırasında iğne şekilli olan prob (needle prob) toprağın içerisine sokulur. İğne şekilli probun yüzeyinin toprağa temas yüzeyinin fazla olması önem taşımaktadır. Prob yerleştirildikten sonra, toprak sıcaklığı ile dengeye gelmesi beklendikten sonra kontrol ünitesi CRU01 ile ölçüme başlanmaktadır. Isıtma kablosu ile toprak ısıtılarak elde edilen sıcaklık farkı zamana karşı ölçülerek elde edilen değerler logaritmik zaman ve sıcaklık farklılığına bağlı bir eğri elde edilmektedir. Eğrinin eğimi termal iletkenlik ile ters orantılı olup, eğrinin eğiminden termal iletkenlik katsayısı

hesaplanmaktadır. Cihaz kalibrasyonu 20 °C sıcaklıkta termal iletkenlik katsayısı bilinen gliserin ile yapılabilmektedir.

Hesaplama kullanılan yöntem aşağıda yer almaktadır:

$$\Delta T = \left(\frac{Q}{4\pi\lambda} \right) * (\ln t + B)$$

$$\lambda = \left(\frac{Q}{4\pi\Delta T} \right) * \ln \left(\frac{t_2}{t_1} \right)$$



Şekil 4.10 Huxeflux FTN01 ölçüm grafiği

Ölçüm sırasında Q, t ve ΔT değerleri doğrudan elde edilebilmektedir (Şekil 4.8). B katsayısı prob çapı ile ilgilidir.

4.3 Bozulmamış Yer Sıcaklığı Ölçümü

Ankara ve İstanbul İl alanı içerisinde yer alan çeşitli kurumlar tarafından açılmış kuyularda derinliğe bağlı olarak sıcaklık ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Sıcaklık ölçümleri Solinst TLC Meter cihazı (Şekil 4.11) ile gerçekleştirilmiştir. Sıcaklık ölçüm aralığı -10 ile +50 °C olup, aynı zamanda suyun derinliği ve elektriksel iletkenliği (µS/cm) ni ölçmektedir.



Şekil 4.11 Solinst TLC meter cihazı genel görünüm

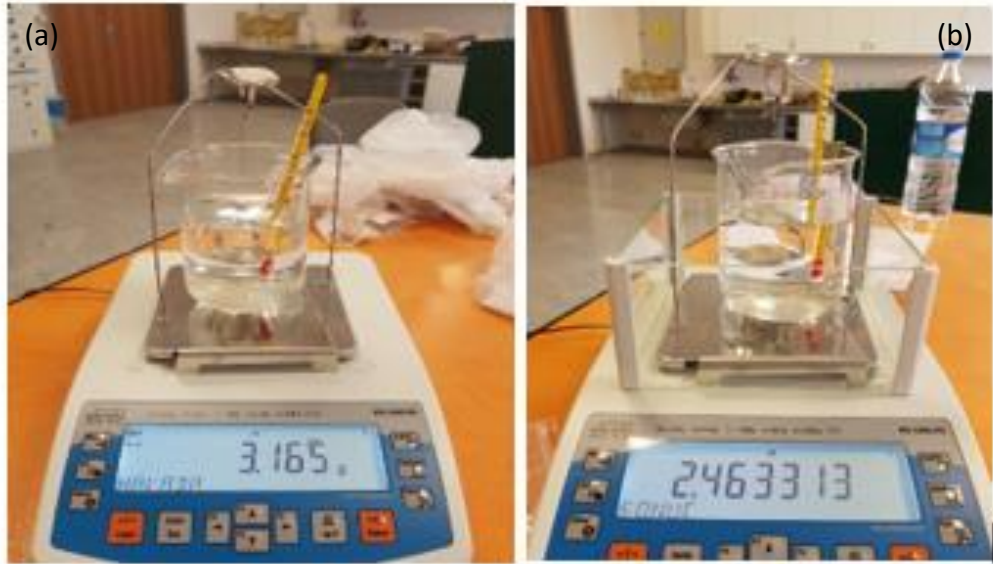
Bozulmamış yer sıcaklığı ölçümlerinin yanısıra İller Bankası Ataşehir Bölge Binası YKIP sistemi için gerçekleştirilen TIDT ölçüm sonuçları kullanılmıştır (Paksoy 2014).

4.4 Mineralojik-Petrografik Analiz

Kaya örneklerinden alınan numunelerden ince kesit alınarak polarizan mikroskopta incelenmiş ve modal analizleri yapılarak kaya adlandırması, doku özellikleri araştırılmıştır. Leica DM2500P polarizan mikroskop incelemesi yapılmış ve örneklerin tek ve çapraz nikol fotoğrafları çekilmiştir.

4.5 Yoğunluk Ölçümü

Kaya örneklerinde yoğunluk ölçüm çalışmaları RADWAG PS 1000 R2 Hassas terazi (Şekil 4.12) kullanılarak yapılmıştır. Örneklerden yaklaşık 1 cm boyutunda numuneler alınarak önce havada sonra da oda sıcaklığındaki saf su içerisinde tartılarak yoğunluk bulunmuştur. Kaya yoğunlukları kullanılarak ısı kapasiteleri (c) hesaplanmış (Çizelge 4.6) ve Bölüm 4.9.4 te belirtilen Cassaso, 2016 yöntemi ısı değişim potansiyel hesabına dahil edilmiştir.



Şekil 4.12 Yoğunluk ölçüm cihazına ait genel görünüm. (a) havada, (b) suda ölçüm

Çizelge 4.6 Kaya yoğunlukları ve ısı kapasiteleri

Kaya birimleri	Yoğunluk		Özgül Isı kapasitesi (Waples vd, 2004)	Isı kapasitesi
	ρ (gr/cm ³)	ρ (kg/m ³)	C (J/kg C)	ρc (10 ⁶ Jm ⁻³ K ⁻¹)
Jips	2,110	0,0021	1070	2,26
Dasit	2,420	0,0024	879	2,13
Kiltaş-Çamurtaş	2,390	0,0024	860	2,06
Marn	1,300	0,0013	950	1,24
Diabaz	2,600	0,0026	731	1,90
Tüf	1,020	0,0010	795	0,81
Peridotit-Serpantinit	2,315	0,0023	705	1,63
Alüvyon	2,648	0,0026	950	2,52
Killi kireçtaş	2,209	0,0022	880	1,94
Bazalt	2,519	0,0025	898	2,26
Siyenit	2,693	0,0027	460	1,24
Andezit	2,489	0,0025	815	2,03
Metakumtaş	2,440	0,0024	775	1,89
Silttaş	2,421	0,0024	910	2,20
Traverten	2,265	0,0023	880	1,99
Granodiyorit	2,646	0,0026	650	1,72
Kumtaş	2,560	0,0026	775	1,98
Gnays-Şist	2,552	0,0026	1096	2,80
Kuvarsit	2,599	0,0026	1013	2,63
Kireçtaş	2,431	0,0024	880	2,14
Granit	2,699	0,0027	1172	3,16
Mermer	2,655	0,0027	883	2,34
Rekristalize kireçtaş	2,709	0,0027	880	2,38
Gabro	3,009	0,0030	1000	3,01
Kum	1,650	0,0017	780	1,29
Kil	1,746	0,0017	878	1,53

4.6 Su İçeriği Ölçümü

Su içeriği analizi Akademi Jeoloji ve Jeoteknik Laboratuvarı'nda TE EN ISO 17892-1 standardına uygun olarak yaptırılmıştır. Kaya örnekleri ağırlığı bilinen kuru kutulara konularak fırına konmadan önce tartılmış, 105 °C sıcaklıktaki fırında 16 saat ısıtılarak, fırından çıkarılarak tekrar tartılmıştır. Isıtma işlemindeki ağırlık farklarının yüzdesi alınarak serbest su içeriği bulunmuştur.

4.7 Kapalı sistem Yer Kaynaklı Isı Pompası Potansiyel Hesaplama

Sıg jeotermal sistemlerin potansiyelinin hesaplanmasında daha önce farklı araştırmacılar tarafından geliştirilmiş hesaplama yöntemleri bulunmaktadır. Doktora tez çalışmasında kullanılan düşey kapalı sistem sıg jeotermal potansiyel hesabı için kullanılanlar sırasıyla aşağıda verilmektedir. Öncelikle her bir il alanında yüzeylenen formasyonlardaki egemen kaya grupları belirlenerek ölçülen termal iletkenlikler bu formasyonlara atanarak termal iletkenlik haritaları oluşturulmuştur. Her bir il alanında üç farklı araştırmacı tarafından geliştirilen ısı değişim potansiyel hesaplamaları kullanılarak 100 m derinlikte kapalı sistem çift U borulu sistem kullanıldığında tek bir kuyudaki ısı değişim potansiyelleri her bir kaya grubunun termal iletkenlikleri, yoğunlukları ve yer aldığı bölgenin bozulmamış yer sıcaklığı (T_0) göre hesaplanarak karşılaştırmalı ısı değişim potansiyel haritaları hazırlanmıştır (EK162 ve EK163). Karşılaştırmının yapılabilmesi için her yöntemde kullanım süreleri ve kuyu derinlikleri sabit alınmıştır. Her üç yöntemin birbirinden farklılıkları bulunmaktadır (Çizelge 4.7.)

Çizelge 4.7 Hesaplama yöntemleri ve kabul edilen sınır değerleri.

Yöntem	VDI4640	Curtis vd., 2013	Cassaso vd., 2016
Kullanım tipi	Isıtma	Isıtma	Isıtma-soğutma
Kapasite	35	45	belirtilmemiş
Bozulmamış yer sıcaklığı	-	Var	Var
Limit ısı transfer akışkan sıcaklığı	-	-	Var
U boru tipi	Çift	Tekli	Çiftli
U boru malzeme	DN20, DN25 ve DN32	OD, SDR11, PE100	Belirtilmemiş
U boru merkez mesafe	-	52 mm	-
U boru termal iletkenlik	-	0,420 W/mK	-
KID çapı	60 mm	130 mm	Değişken
KID mesafe	5 m	6 m	-
KID sayısı	Sınırlı alanda çok sayıda KID için uygun değil	Sadece bir sıra KID	-
Isı Transfer akışkan tipi	-	Mono etilen glikol	Limit ısı transfer akışkanına göre seçilir

4.7.1 VDI-4640 yöntemi ile hesaplama

Yeraltının ısı enerjisinin kullanılması amacıyla Alman VDI-4640 Standartlarında kullanılan hesaplama yöntemidir. Bu yöntemde ısı pompasının 30 kW kapasiteden küçük

ve sadece ısıtma amaçlı olması öngörülmektedir. Yıllık 1800 ve 2400 saatlik kullanım süreleri ile farklı litoloji ve su içeriklerine bağlı olarak metrede çekilebilecek ya da iletilebilecek W değerleri (Çizelge 4.8) hesaplanmaktadır (VDI-4640 2001).

Çizelge 4.8 VDI 4640 düşey kuyu ısı değiştiricileri özgül ısı çekimi çizelgesi

Yeraltı	Özgül Isı Çekimi	
	1800 saat	2400 saat
Zayıf yeraltı (kuru sediment) ($\lambda < 1,5$ W/(mK))	25 W/m	20 W/m
Normal kaya ve suya doymuş sediment ($\lambda < 1,5-3,0$ W/(mK))	60 W/m	50 W/m
Yüksek termal iletkenlikli konsolide kaya ($\lambda > 3,0$ (W/mK))	84 W/m	70 W/m
Çakıltaşı, kum, kuru	<25 W/m	<20 W/m
Çakıltaşı, kum, suya doymuş	65-80 W/m	55-65 W/m
Yüksek yeraltısuyu içeren çakıltaşı ve kum içeren özel sistemler	80-100 W/m	80-100 W/m
Kil, toprak, dolgu	35-50 W/m	30-40 W/m
Kireçtaşı (masif)	55-70 W/m	45-60 W/m
Kumtaşı	65-80 W/m	55-65 W/m
Silisli magmatik (örn. granit)	65-85 W/m	55-70 W/m
Bazik magmatik (örn. Bazalt)	40-65 W/m	35-55 W/m
Gnays	70-85 W/m	60-70 W/m
Bu değerler kayadaki minerallerin yerleşimine, kırık çatlaklılık ve havalanma oranlarına vb. bağlı olarak önemli miktarda değişmektedir.		

Hesaplama göz önüne alınan kriterler aşağıda yer almaktadır:

- Sadece ısı çekimi
- Kuyu ısı değiştiricisinin boyu 40 ile 100 m arasında olmalıdır.
- Kuyu ısı dğiştiriciler arasındaki mesafe 40-100 m uzunluktaki kuyu ısı değiştiricisi için en az 5 m, 50-100 m'den fazla olanlar için ise en az 6 m seçilmelidir.
- Çapı 60 mm olan çiftli U boru DN20, DN25 veya DN32 veya koaksiyal probalar ısı değiştiricisi olarak kullanıldığında
- Sınırlı alanda çok sayıda kuyu ısı değiştiricisi içeren sistemlerde uygulanabilir değildir.

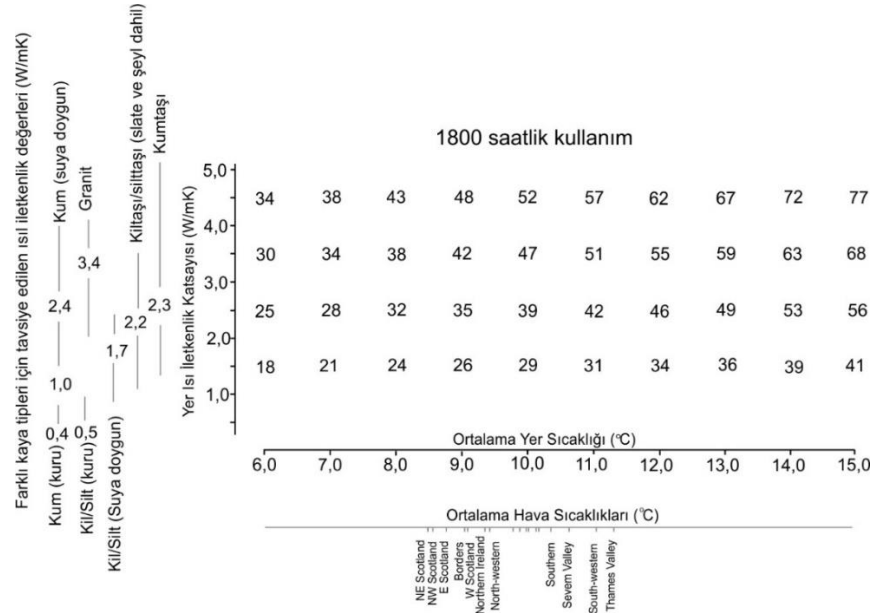
Hesaplamalarda Ankara ve İstanbul bölgesi için bir adet 100 metre derinlikte, tekli U borulu kapalı kuyu ısı değiştiricisi öngörülerek, arazide ölçülen kayaların ısı iletkenlikleri kullanılmıştır. Hesaplama kaya birimleri için λ değerlerinde zayıf yeraltı (kuru sediment) ($\lambda < 1,5$ W/(mK)), normal kaya ve suya doymuş sediment ($\lambda < 1,5-3,0$ W/(mK)), yüksek termal iletkenlikli konsolide kaya ($\lambda > 3,0$ (W/mK)) olarak belirtilen sınırlamalar göz önüne alınmıştır.

4.7.2 Curtis yöntemi ile hesaplama

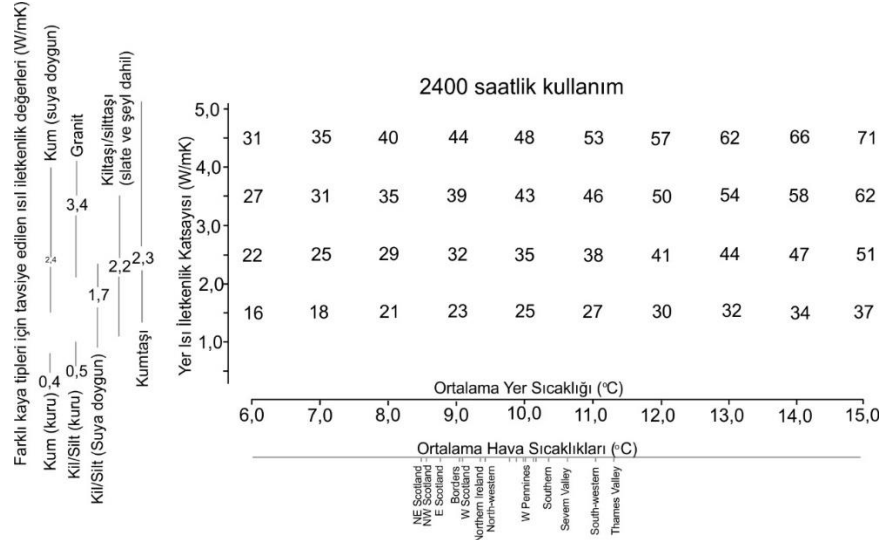
Yer kaynaklı Isı Pompası için enerji tarafını oluşturan yatay ve düşey ısı değiştiricilerinin tasarımında ön değerlendirmenin yapılabilmesi açısından geliştirilen bir hesaplama yöntemidir. Bu yöntemde İngiltere iklim ve jeolojik koşulları göz önüne alınarak 45 kW'tan küçük sistemler için kurulacak düşey ve yatay ısı değiştiricileri ile 1200, 1800, 2400, 300 ve 3600 saatlik kullanım süreleri için metre başına Watt olarak yerden çekilebilecek maksimum ısıyı gösteren abaklar kullanılmaktadır. Hesaplama enerji tarafını oluşturan düşey ısı değiştiricilerinin sahip olması gereken özellikler aşağıda yer almaktadır:

- Sadece ısı çekimi
- Kuyu ısı değiştiricileri arasındaki mesafe minimum 6 m ve bir sıra halinde olmalıdır. Küçük alanlarda çok sayıda sistemler için uygulanabilir değildir.
- Kuyu çapı 130 mm, tekli U boru, U borular OD SDR 11, PE 100, ısı iletkenliği 0,420 W/Mk, U borunun merkezleri arasındaki uzaklık 52 mm
- Isı transfer akışkanı Mono Etilen Glikol, $Re > 2500$

Kuyu ısı direnci 0,1 mK/W, Bozulmamış yer sıcaklığı minimum 12 °C, ortalama yer ısı iletkenliği 2,5 W/mK



Şekil 4.13 1800 saat kullanım- düşey ısı değiştiricisi ile çekilebilecek maksimum ısı enerjisini gösterir Çizelge (Curtis vd., 2013 ten tekrar çizilmiştir)



Şekil 4.14 2400 saat kullanım-düşey ısı değiştiricisi ile çekilebilecek maksimum ısı enerjisini gösterir Çizelge (Curtis vd., 2013 ten tekrar çizilmiştir)

4.7.3 Cassaso yöntemi ile hesaplama

Ankara ve İstanbul il alanı içerisinde yüzeyleyen kayalarda kurulacak Kapalı sistem düşey ısı değiştiricileri kullanıldığı Yer Kaynaklı Isı Pompası sistemleri potansiyel hesaplamasında Cassaso vd. (2016) tarafından geliştirilmiş olan GPOT (Geothermal POTential) yöntemi kullanılmıştır. GPOT yöntemi aşağıdaki aşamalar sonucunda geliştirilmiş bir hesaplama programıdır:

Sığ jeotermal potansiyel belirli bir yer koşulunda, L uzunluğunda kapalı bir kuyu ısı değiştiricisinden sürdürülebilir yıllık ortalama alınabilecek ısı yük olarak tanımlanmaktadır. Sürdürülebilir kavramının anlamı kuyu ısı değiştirici sisteminin tüm yaşam süresi boyunca ısı transfer akışkanının aşırı soğuma ya da ısınmaksızın ortalama en yüksek ısının yeraltına enjekte edilmesi ya da yerden çekilebilmesi olarak tanımlanmaktadır. Sığ jeotermal potansiyel aşağıdaki parametrelere bağlı olarak hem ısıtma hem de soğutma için hesaplanabilmektedir.

- Yer ısı özellikleri: ısı iletkenlik katsayısı (λ), ısı kapasite ($p.c$) ve bozulmamış yer sıcaklığı.
- Kuyu ısı değiştiricisinin geometrik ve ısı özellikleri: Kuyu uzunluğu (L), Kuyu çapı (r_b) ve ısı direnci (R_b).
- Isıtma (veya soğutma) dönemi boyunca ısı transfer akışkanının minimum (veya maksimum) sıcaklığı.

GPOT hesaplama yöntemi genel olarak kuyu duvarındaki geçici sıcaklık değişimlerini hesaplanması için superpozisyon etkisine dayalı bir matematiksel modeldir.

Söz konusu matematiksel modelin elde edilmesi aşamasında:

- Belirli bir işletim süresi sonunda oluşacak ısı değişiminin elde edilmesi için geniş kapsamlı bir parametre farklı senaryolarda çalıştırılmıştır.
- Yukarıda belirtilen simülasyonların sonuçları kuyu ısı değiştiricileri ve arazi özellikleri ile uyumlandırılarak deneye dayalı bir ilişki elde edilmiştir.
- Elde edilen bu deneye dayalı ilişki daha sonra kuyu ısı değiştiricisinin derinliğine ve ısı transfer akışkanının maksimum sıcaklık değişimi göz önüne alınarak sıg jeotermal potansiyelin tahmin edilmesinde kullanılmıştır.

Geliştirilen modelde yeraltındaki ısı dengesinin sağlanması için ısıtma ve soğutma dönemleri eşik kabul edilerek yıllık ısıtma ve soğutma süresinde ulaşılabilecek maksimum yer sıcaklığı göz önüne alınarak ampirik ilişki sonucu elde edilen boyutsuz P_{max} fonksiyonu geliştirilmiştir.

$$\Delta T_{g,max} = \left(\frac{q_{max}}{4\pi\lambda} \right) P_{max}$$

$$P_{max}(u's, u'c, t'c) = p1 \cdot t'c \cdot \log(u's) + (p2 \cdot t'c + p3) \cdot \log(u'c) + p4 \cdot t'c + p5$$

Burada

$u's = rb^2/(4\alpha t_s)$ simülasyon zamanı t_s 'ye bağlıdır.

$u'c = rb^2/(4\alpha t_c)$ yük döngü zamanına t_c 'ye bağlıdır.

$t'c = t_c/t_y$ ise işletim zaman oranıdır.

Kalibrasyon sonucu elde edilen katsayılar $p1=-0.619$; $p2=0.532$; $p3=-0.962$; $p4=-0.455$ ve $p5=-1.619$ dur. Dolayısı ile kuyu ısı değiştiricisi içerisindeki ısı transfer akışkanındaki maksimum sıcaklık:

$$\Delta T_{f,max} = \frac{q_{max}}{4\pi\lambda} \cdot \left[-0.619 \cdot t'c \cdot \log(u's) + (+0.523 \cdot t'c - 0.962) \cdot \log(u'c) - 0.455 \cdot t'c - 1.619 \right] + 4\pi\lambda \cdot R_b$$

Sıg jeotermal potansiyel ise

Kuyu ısı değiştiricisinden birim uzunluk boyunca alınan ısı yükünün ($q(t)$) neden olduğu ısı transfer akışkanındaki maksimum sıcaklık değişimi $\Delta T_{f,max}$ dir

Dolayısı ile sığ jeotermal potansiyel Kuyu ısı değiştiricisinin L uzunluğu boyunca değiştirilecek ortalama ısı yüküdür ki bu maksimum ısı transfer akışkanının başlangıç sıcaklığı T_0 (yer sıcaklığı) ile T_{lim} eşik değerin farkına eşit olmaktadır. Bu nedenle ortalama kıyaslamalı ısı yük ile sığ jeotermal potansiyel arasındaki oran :

$$\frac{\bar{q} \cdot L}{\Delta T_{f,max}} = \frac{\bar{Q}_{KID}}{T_0 - T_{lim}}$$

Olması nedeniyle sığ jeotermal potansiyel hesaplanması aşağıdaki denkleme uygun olarak yapılmıştır.

$$\bar{Q}_{KID} = \alpha$$

α katsayısı boyutsuz bir simge olup, eğer $\bar{Q}_{KID}$ W ise $\alpha=8$, MWh/y ise 7.01×10^{-2} olarak alınmaktadır.

Kuyu ısı değiştiricisinden yer altına verilecek veya alınacak yük miktarı için ısıtma ve soğutma dönemleri için 30 ile 240 gün arasında yapılan simülasyonlarda karşılaştırmalı ısı yük fonksiyonundan ortalama ısı yükün $q(t)$ (W/m) için 0,114 W/m (yıllık $q= 1$ kWh/y.m) göz önüne alınmıştır.

Ankara ve İstanbul bölgesi için 100 metre derinlikte, tekli U borulu kapalı kuyu ısı değiştiricisi için bozulmamış yer sıcaklığı (sırasıyla $T_0:13,6$ $T_0= 17,6$ °C) ve yeraltındaki limit sıcaklık ısıtma döneminde “0”, soğutma döneminde ise “24°C” olarak öngörülmüştür. R_b değerleri kuyu ısı değiştiricisine bağlı olup literatürde genellikle 0.01 ile 0.12 mK/W aralığında değişmektedir. Hesaplamalarda güvenli tarafta kalınması nedeniyle R_b değeri 0.01 mK/W olarak kabul edilmiştir. Ankara ve İstanbul İl alanında yer alan kayaların laboratuarda ölçülen ısı iletkenlik katsayıları hesaplamaya dahil edilerek her bir il alanı için sığ jeotermal potansiyel haritaları hazırlanmıştır.

5. ARAŞTIRMA BULGULARI

Doktora tez çalışması kapsamında İstanbul ve Ankara il alanı içerisinde yüzeyleyen kayalar ile laboratuvar kaya örnekleri üzerinde termal iletkenlik ölçümleri, su içeriği, yoğunluk, kimyasal, mineralojik ve petrografik analizleri ile bozulmamış yer sıcaklığı ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Bu ölçüm sonuçlarında elde edilen termal iletkenlik değerleri, su içerikleri, yoğunluk ve bozulmamış yer sıcaklığı verileri aşağıda başlıklar halinde verilmiştir.

5.1 Termal İletkenlik Ölçüm Sonuçları

Termal iletkenlik ölçümleri kayaların özelliğine bağlı olarak iki farklı yöntem kullanılarak hem arazide hem de laboratuvarda gerçekleştirilmiştir. Yumuşak kayalarda kararsız hal yöntemi (Needle Probe), sert kayalarda ise termal iletkenlik ölçümleri laboratuvarda kararlı hal (guarded plate) yöntemi ve kararsız hal disk yöntemi (modified transient plate) kullanılmıştır. Söz konusu ölçümler sırasıyla AÜ-YEBİM, MTA, İYTE ve KÇÜ'ne ait cihazlar kullanılarak yaptırılmıştır. Elde edilen bulgular il bazında aşağıda verilmiştir.

5.1.1 İstanbul bölgesi kaya termal iletkenlik değerleri

İl sınırları içerisinde Özgül, 2011 tarafından hazırlanan 1/50.000 ölçekli jeolojik harita temel alınarak yüzeyleyen magmatik, sedimanter, evaporitik ve metamorfik kayalarda toplam 45 adet kaya numunesinde termal iletkenlik ölçümleri gerçekleştirilmiştir (Çizelge 5.1). En düşük değerler kil içeren ve konsolide olmamış sedimanter kayalarda elde edilmiştir. En yüksek değerler ise ayrışmamış holokristalen doku özelliği gösteren magmatik kayalar ile silika oranları yüksek, iyi boylanmış, yuvarlaklaşmış olan kumtaşlarında gözlenmektedir. Yoğun yapılaşma nedeniyle bazı alanlara girilememiş olup, sahada gözlemlendiği belirtilen (Özgül 2011) birimleri yansıtabilecek kayalar için laboratuvar el örnekleri kullanılmıştır.

Çizelge 5.1 İstanbul bölgesinden derlenen kaya türlerine ait termal iletkenlik, yoğunluk, su içeriklerini gösterir çizelge (Koordinat sistemi ED50 UTM Zone35 North)

Kaya grubu renkleri										
Magmatik		Metamorfik		Karbonat		Sedimanter				
Sıra No	Örnek No	Form. Simge	Kaya Adı	Koordinatlar		ρ (gr/cm ³)	λ (W/mK)	Hata oranı (±%)	Kurum	Sı (%)
				Enlem (x)	Boylam (y)					
1	İS-MU	Kç	Ayrılmış granit	41,093054	29,14656	1,930	0,243	6	YEBİM	-
2	İS-AF	Ksg	Volkanoklastik piroklastik	41,20342	29,153462	1,583	0,581	6	YEBİM	3,97
3	İS-RV	Ksg	Andezitik bazalt	41,204408	29,216993	2,601	1,354	3-8	MTA	-
4	İ63	Pkk	Metariyolit	41,380176	28,228492	2,575	1,702	3-8	MTA	0,13
5	İS-23-KTG	Ksg	Karbonatlaşmış Bazalt	41,204584	29,135731	2,453	1,775	<5	KÇ	6,19
6	İS-10	Ps	Alkali granit	40,912195	29,429627	2,585	3,049	<5	KÇ	0,11
7	20	Ksg	Andezit	41,194341	29,129263	2,616	1,786	6	YEBİM	
8	21	Ksg	Volkanoklastik	41,196351	29,126411	-	0,883	6	YEBİM	
9	İS-11-CT	SDp	Rekristalize kireçtaşı	41,063493	29,341927	2,632	1,085	3-8	MTA	0,13
10	İS-JA	SDp	Rekristalize kireçtaşı	40,884538	29,568185	2,621	1,221	3-8	MTA	3,73
11	İS-KÇT	PTRk	Rekristalize kireçtaşı	41,442947	28,214706	2,547	2,005	3-8	MTA	0,15
12	İ-AK	Tsğ	Rekristalize kireçtaşı	41,317952	28,26548	2,526	2,345	3-8	MTA	0,19
13	İS8-DP	SDp	Rekristalize kireçtaşı	41,143789	29,102224	2,597	2,38	3-8	MTA	0,07
14	İS-X	PTRk	Fillit	41,108065	29,370502	2,560	2,408	<5	KÇ	0,91
15	İS-80	Pt	Rekristalize kireçtaşı	41,119826	28,458815	2,709	2,788	3-8	MTA	0,11
16	İ32	PTRkçş	Kuvarsit	41,420896	28,197882	2,599	5,252	3-8	MTA	0,07
17	İS-15	Tçb	Kireçtaşı, istifası	41,038458	28,625134	2,565	1,283	3-8	MTA	0,11
18	İ31	Tc	Kireçtaşı, biosparudit	41,066488	28,737744	2,410	1,344	3-8	MTA	0,15
19	İS-Yassıören	Tc	Kireçtaşı, biomikrit	41,264417	28,602094	1,374	1,559	6	YEBİM	3,31
20	İS-28	Tsğ	Kireçtaşı-biosparit	41,144278	28,454019	2,580	1,92	3-8	MTA	0,21
21	İS7-OS	SDp	Kireçtaşı-istifası	41,120949	29,560845	2,644	2,205	3-8	MTA	0,21
22	İS-14	TRgb	Kireçtaşı-dolomitik	41,073337	29,681971	2,718	2,262	3-8	MTA	0,06
23	İS-KÖY	TRgb	Silisli kireçtaşı	40,993099	29,663968	2,469	2,331	<5	KÇ	0,84
24	İS-SON2	Osa	Kireçtaşı, biomikritik vake	40,925883	29,253014	2,431	2,392	<5	KÇ	1,48
25	İS-SON	KTa	Kireçtaşı biomikritik vake	41,096898	29,860496	2,421	2,529	<5	KÇ	-
26	İS-KÖY2	TRgb	Siltli kireçtaşı, pelajik	40,994341	29,663719	2,660	2,582	<5	KÇ	0,79
27	10	Tdg	Kum, kil, çakıl	41,103131	28,440756		1,561	6	YEBİM	-

Çizelge 5.1. İstanbul bölgesinden derlenen kaya türlerine ait termal iletkenlik, yoğunluk, su içeriklerini gösterir çizelge (devam)										
Kaya grubu renkleri										
Magmatik		Metamorfik		Karbonat		Sedimanter				
Sıra No	Örnek No	Form. Simge	Kaya Adı	Koordinatlar		ρ (gr/cm ³)	λ (W/mK)	Hata oranı (±%)	Kurum	Sİ (%)
				Enlem (x)	Boylam (y)					
28	19	Tik	Kumtaşı	41,246281	28,978721		1,34	6	YEBİM	
29	13	Ts	Kumtaşı	40,989573	29,201696		1,17	6	YEBİM	
30	İS-Y	Tiky	Kumtaşı-Litik vake	41,169988	29,503462	1,332	0,739	6	YEBİM	12,4
31	İ30-A-T	Tc	Kırıntılı, volkanizma etkili	41,287024	28,536198	1,668	0,488	<5	KÇ	3,97
32	İ18	Tc	Kumtaşı	41,257646	28,417778	1,111	0,585	6	YEBİM	-
33	İS-43	Ksb	Kuvarsa zengin feldspatik kumtaşı	41,181155	29,23664	1,739	1,525	6	YEBİM	-
34	İ20	Tik	Kumtaşı	41,347579	28,263776	1,365	0,735	6	YEBİM	-
35	İS-Z	Ty	Kumtaşı-Subarkoz	41,161132	29,648623	1,892	0,979	6	YEBİM	-
36	İS-2-SP	Opk	İnce kumtaşı-Filarenit	41,084868	29,120374	2,579	1,048	3-8	MTA	0,2
37	İS-TS-HAM	Tk	Kuvars-silttaşı	41,257773	28,392169	1,566	1,428	6	YEBİM	0,24
38	İS9-DP	Ct	Kumtaşı	41,177472	29,096221	2,435	1,429	<5	KÇ	-
39	İS-DE	Opk	Kumtaşı-Filarenit	40,945721	29,26933	2,479	1,439	3-8	MTA	1,02
40	İ34-1	Tda	Silttaşı	41,248511	28,932889	2,421	1,577	3-8	MTA	2,13
41	İS-TS-İŞL	Tk	Kuvars silttaşı	41,257773	28,392169	1,819	1,822	6	YEBİM	0,32
42	İ81	Ct	Kumtaşı-Litarenit	41,153872	28,848503	2,560	3,061	<5	KÇ	0,73
43	İS3-KTG	Tiky	Kuvars kumtaşı	41,205392	29,136622	2,609	4,3	<5	KÇ	-
44	İS-4-KTG	Osa	Kuvars kumtaşı	41,117123	29,192677	2,550	5,442	<5	KÇ	0,12
45	İS-6	Osa	Kumtaşı-Subarkoz	40,925883	29,253014	2,613	5,475	<5	KÇ	0,02

5.1.2 Ankara bölgesi kaya termal iletkenlik değerleri

Ankara il alanında yüzeylenen magmatik, sedimanter, evaporitik ve metamorfik kayalarda Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü 1/100.000 ölçekli açınım jeoloji haritaları kullanılarak toplamda 75 adet kaya numunesinde termal iletkenlik ölçümleri gerçekleştirilmiştir (Çizelge 5.2). En düşük termal iletkenlik değerleri killi ve konsolide olmamış sedimanter kayalarda gözlenmektedir. En yüksek değerler ise ayrışmamış holokristalen doku özelliği gösteren magmatik kayalar, metamorfik kayalar rekristalize kireçtaşları ile silis oranları yüksek, iyi boylanmış, yuvarlaklaşmış olan kumtaşlarında gözlenmektedir. Ankara il alanı içerisinde yer alan dere yataklarının oluşturduğu alüvyon

malzemede needle probe yöntemi kullanılarak termal iletkenlik ölçümleri alınmıştır. Ancak su içeriği alüvyonda ölçülememiştir, bu nedenle termal iletkenlik değerlerinin su içeriği birlikte değişeceği göz önüne alınmalıdır.

Çizelge 5.2 Ankara bölgesinden derlenen kaya türlerine ait termal iletkenlik, yoğunluk ve su içeriklerini gösterir çizelge (Koordinat sistemi ED50 UTM Zone36 North)

Kaya grubu renkleri										
Magmatik			Metamorfik		Karbonat		Sedimanter			
Sıra No	Örnek No	Form. Simge	Kaya adı	Koordinatlar (Ondalık Derece-WGS84)		ρ (gr/cm ³)	λ (W/mK)	Hata oranı $\pm\%$	Kurum	Si (%)
				Enlem (x)	Boylam(y)					
1	F37	Tmı	Obsidiyen	40,593189	32,552008	1,7718	0,069	3-8	MTA	2,99
2	C6	Tmı	Litik tüf	40,440448	32,297892	0,9822	0,388	3-8	MTA	1,02
3	Z5-1	Tb	Skorya bazalt	39,593990	32,161784	2,4157	0,526	3-8	MTA	1,21
4	F33	Tb	Bazalt	40,279262	32,761030	2,0046	0,67	3-8	MTA	1,9
5	B4	Tb	Bazalt	40,253532	31,433645	1,7213	0,702	3-8	MTA	-
6	H27	Tb	Bazaltik Andezit	39,931588	32,502954	2,1755	0,774	3-8	MTA	0,96
7	C5	Tmı	Andezit	39,798851	32,888186	1,976	0,809	3-8	MTA	0,75
8	C2	Tmı	Dasit	40,011986	32,966115	1,9765	0,814	3-8	MTA	0,95
9	F39	Tmı	Andezitik bazalt	40,310989	32,593817	2,4753	0,839	3-8	MTA	2,39
10	C1	Tmd	Riyodasit	40,137778	32,407628	1,8437	0,847	3-8	MTA	0,82
11	F30	Tmı	Bazalt	40,370333	32,643894	2,4794	0,86	3-8	MTA	1,76
12	H33	Tmı	Andezitik Bazalt	39,587932	32,801053	2,504	0,872	3-8	MTA	0,57
13	F35	Tmd	Andezit	40,405974	32,204424	2,436	0,901	3-8	MTA	0,84
14	F34	Tmı	Andezit	40,306667	32,913056	2,3423	0,912	3-8	MTA	1,06
15	F28	Tpbgr	Sililik andezit	40,655556	32,516889	2,4803	0,919	3-8	MTA	1,5
16	H8-a	Tmı	Andezitik bazalt	39,998173	33,028801	2,2808	0,93	3-8	MTA	0,6
17	F38	Tmı	Dasit	39,681269	32,823034	2,4231	0,939	3-8	MTA	0,27
18	C4	Tmd	Andezit	40,296640	32,411184	2,1943	0,984	3-8	MTA	0,93
19	F21-a	Tmy	Alkalin Bazalt	39,416275	32,970779	2,546	0,996	3-8	MTA	1,93
20	F26	Tmı	Andezit	40,286297	32,953957	2,4972	1,01	3-8	MTA	0,77
21	F11	Tb	Trakitik bazalt	39,618474	32,867450	2,1416	1,033	3-8	MTA	1,42
22	Z22	Tmı	Andezit	40,514633	32,308283		1,06	3-8	MTA	1,1
23	Z23-1	Tmı	Bozunmuş piroklastik	39,830037	32,974901	1,9765	1,076	6	HK	1,63
24	H8-b	Trel	Serpantinit	40,394912	33,025224	2,3153	1,081	3-8	MTA	4,48
25	H28	Tb	Andezitik Bazalt	39,932384	32,499835	2,5499	1,105	3-8	MTA	1
26	Z13	Tmı	Andezit	39,935659	32,985266	2,6499	1,105	3-8	MTA	1,54
27	F29	Tmki	Andezit	40,428374	32,638218	2,397	1,156	3-8	MTA	0,62
28	Z5	Tb	Alkalin Bazalt	39,574998	32,064330	2,3968	1,267	3-8	MTA	0,25
29	H32	Tmı	Andezit	39,602844	32,799216	2,3791	1,27	3-8	MTA	1,4
30	F21-b	Tmı	Bazalt	40,199049	31,215475	2,5187	1,283	3-8	MTA	1,09
31	L2	Tmki	Bazalt	39,980463	32,513604	2,818	1,329	3-8	MTA	0,51
32	L1	Tet	Andezit	39,964494	32,497355	2,4894	1,402	3-8	MTA	1,22
33	Z13-2	Tmı	Andezit	40,320664	31,952212	2,5203	1,417	6	HK	0,87
34	F36	Tpbgr	Trakiandezit	40,288235	32,166612	2,4523	1,953	3-8	MTA	0,7
35	OF2	Kd	Serpantinit	39,522204	32,549909	2,1846	2,0794	<5	İYTE	-
36	OF1	Kd	Serpantinit	39,513130	32,569549	2,2922	2,4551	<5	İYTE	-
37	O7-1	Tkm	Rekristalize traverten kireçtaşı	39,111711	32,266612	2,3954	1,146	3-8	MTA	0,02
38	O10	Jkb	Rekristalize dolomit	40,051185	32,860076	2,4797	1,319	3-8	MTA	-
39	S8	Jkb	Mermer	39,937649	32,247870	2,6551	1,336	3-8	MTA	0,12
40	S6	TRk	Mermer	40,150044	33,340131	2,5226	1,709	3-8	MTA	0,2
41	O5-2	Kd	Amfibolit	39,172157	32,688135	2,8717	1,715	3-8	MTA	0,83

Çizelge 5.2 Ankara bölgesinden derlenen kaya türlerine ait termal iletkenlik, yoğunluk ve su içeriklerini gösterir çizelge (Koordinat sistemi ED50 UTM Zone36 North) (devam)

Magmatik		Metamorfik		Karbonat	Sedimanter					
Sıra No	Örnek No	Form. Simge	Kaya adı	Koordinatlar (Ondalık Derece-WGS84)		ρ (gr/cm ³)	κ (W/mK)	Hata oranı $\pm\%$	Kurum	Sı (%)
				Enlem (x)	Boylam(y)					
42	S7	Trel	Serizit kuvars şist	40,057418	33,138932	2,5518	1,809	3-8	MTA	0,05
44	Z6	Tkm	Mermer	39,034163	32,256109	2,6302	2,243	3-8	MTA	0,15
45	S2	Trel	Muskovit Kuvars şist	40,016361	33,126188	2,5386	2,243	3-8	MTA	0,06
46	J1	Tplb	Jips	40,365723	33,502351		0,365		YEBİM	
47	O4	Tg	Kireçtaşı	39,181389	32,777901	2,2095	0,463	6	YEBİM	40,6
48	H14	Tro	Kireçtaşı	39,891894	32,894312	2,1874	0,723	3-8	MTA	6,95
49	O2	Tmsg	Kireçtaşı	40,443955	32,414542	2,5128	1,091	3-8	MTA	2,74
50	S13	TRk	Kireçtaşı	39,884653	33,058042	2,6666	2,094	3-8	MTA	-
51	C7	Tmsg	Killi kireçtaşı	40,024161	32,343695	2,2156	1,215	3-8	MTA	1,97
52	Z5-2	Tg	Gölsel kireçtaşı	39,874177	32,195942	2,2065	1,327	3-8	MTA	0,36
53	O7	Tpk	Kireçtaşı	39,478277	32,833226	2,5285	1,667	3-8	MTA	0,2
54	Z6-2	Trel	Kireçtaşı	40,400163	32,964611	2,2633	1,395	3-8	MTA	0,18
55	ZO2	Trel	Kireçtaşı,	40,034267	33,325354	2,5981	1,758	3-8	MTA	0,14
56	Z8	Jkb	Kireçtaşı	40,054195	32,854474	2,3015	1,946	3-8	MTA	0,3
57	H35	TRk	Kireçtaşı	40,225436	33,232131	2,6733	2,119	3-8	MTA	-
58	HY2	Tpç	Kireçtaşı	39,398464	32,440296	2,4568	2,8061	<5	İYTE	-
59	O5	Tg	İnce litik çakıltası	39,488623	32,706517	-	0,356	6	YEBİM	1,32
60	Z15	Trel	Metakumtaşı	40,149142	33,273627	1,7621	1,038	6	HK	0,05
61	Z19-1	Tro	Metakonglomera	40,012489	33,182443	1,83	1,109	6	HK	0,84
62	H34	Tg	Kumtaşı	39,738733	32,552414	2,5836	1,239	3-8	MTA	0,95
63	H13	Kk	Kumtaşı	40,086573	33,366099	2,5831	1,359	3-8	MTA	0,78
64	L6	Tpk	Kumtaşı	40,172247	31,457956	2,6831	1,359	3-8	MTA	-
65	HY5	Tpk	Kumtaşı	39,306557	32,309995	1,8957	1,4599	<5	İYTE	1,19
66	O8	Tg	Kumtaşı	39,536777	32,317382	2,4401	1,619	3-8	MTA	-
67	H31	Tmku	Kumtaşı	39,926086	32,368835	2,5543	1,668	3-8	MTA	0,36
68	Z11	Tmh	Kumtaşı	40,30136	32,813542	-	1,695	3-8	MTA	0,53
69	ZO3	Tmh	Silttaşı	40,034159	32,37374	2,5867	1,723	3-8	MTA	0,76
70	O9	Tt	Kumtaşı	39,763138	32,89244	2,5654	1,869	3-8	MTA	0,46
71	HY4	Te	Kumtaşı	39,259047	32,472556	2,5087	2,0973	<5	İYTE	1,68
72	HY3	Tpk	Kumtaşı	39,268792	32,422856	2,6423	2,1596	<5	İYTE	1,13
73	KZ1	Tpk	Kumtaşı	40,135396	32,752088	2,9618	2,4464	<5	İYTE	0,35
74	12	Qal	Alüvyon	39,646416	33,054764	-	1,514	6	YEBİM	-
75	14	Qal	Alüvyon	39,675783	33,009744	-	1,104	6	YEBİM	-

5.1.3 Laboratuvar örnekleri termal iletkenlik değerleri

Mamatik, metamorfik ve sedimanter kayaların mineralojik dokusal özellikleri ile termal iletkenlik değerleri arasındaki ilişkilerin araştırılması amacıyla Ankara ve İstanbul il alanlarında yüzlek vermeyen ancak her bir kaya grubu için uç örnek oluşturabilecek 27 adet laboratuvar örneğinde termal iletkenlik, yoğunluk ve su içeriği ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Bu örneklerle ilişkin elde edilen değerler Çizelge 5.3 de yer almaktadır.

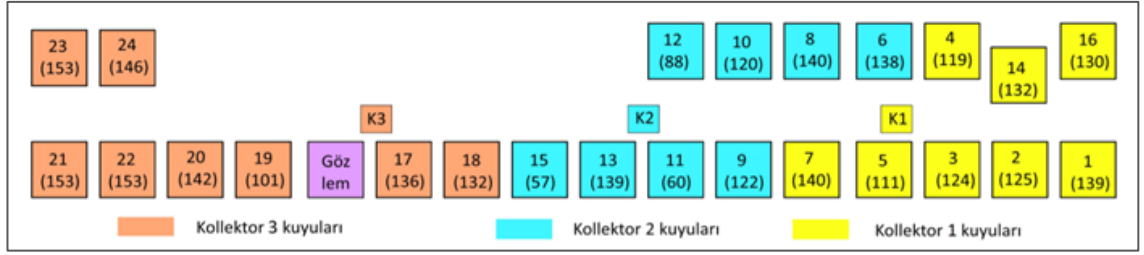
Çizelge 5.3 Laboratuvar örnekleri termal iletkenlik, yoğunluk ve su içerik değerleri

Kaya grubu renkleri						
Magmatik		Karbonat	Sedimanter	Metamorfik		
Sıra No	Örnek No	Kaya adı	ρ (gr/cm ³)	λ (W/m K)	Kurum	Si(%)
1	Y1	Obsidiyen	1,583	0,961	MTA	0,17
2	Ka-2	Andezit	2,528	0,970	MTA	0,94
3	Y6	Vitrofirik andezit	2,203	1,018	MTA	0,07
4	Y8	Andezit	2,532	1,152	MTA	0,23
5	S11	Foid Siyenit Porfir	2,328	1,233	MTA	0,21
6	Ka-1	Andezit	2,666	1,258	MTA	0,19
7	Y7	Siyenit	2,682	1,335	MTA	0,2
8	O6	Monzonit	2,678	1,338	MTA	0,23
9	F41	Granit porfir	2,511	1,388	MTA	-
10	S5	Siyenogranit	2,533	1,945	MTA	0,12
11	gr2	Granodiyorit	2,646	2,201	İYTE	0,18
12	Y5	Metagranit	2,589	2,238	MTA	0,17
13	gr4	Granit	2,548	2,840	İYTE	0,06
14	İGN 1	İgnimbrit	2,239	2,923	İYTE	0,26
15	gb1	Gabro	3,009	2,265	İYTE	0,1
16	gr1	Meta granit	2,605	3,778	İYTE	0,1
17	Y3-b	Litik vake	1,423	0,505	MTA	2,34
18	Y2	Kireçtaşı, biomikrit veya vaketaşı	2,104	1,004	MTA	0,1
19	Tr1	Traverten	2,202	1,765	İYTE	0,23
20	S6	Rekristalize kireçtaşı	2,309	1,709	MTA	0,05
21	m1	Dolomitik mermer	2,623	2,797	İYTE	0,01
22	m2	Dolomitik mermer	2,689	2,847	İYTE	0,03
23	Mr5	Mermer	2,756	2,881	İYTE	0,05
24	Mr6	Mermer	2,786	2,888	İYTE	0,06
25	mr7	Rekristalize kireçtaşı	2,328	2,975	İYTE	0,03
26	m3	Mermer	2,688	3,494	İYTE	0,04
27	S10	Glokofan Şist	2,918	0,969	MTA	0,23

Laboratuvar örnekleri farklı dokulara sahip kayalar, aynı mineral bileşimine sahip, ancak farklı metamorfizma şiddeti gösteren mermer türü kayalardan oluşmaktadır.

5.2 Bozulmamış Yer Sıcaklığı Ölçümleri

Sığ jeotermal sistemlerde önemli parametrelerden biri olan bozulmamış yer sıcaklığı Ankara il alanında Solinst Model 107 TLC cihazı kullanılarak derinliğe bağlı olarak ölçülmüş, İstanbul İl alanı içerisinde ise TIDT testinden elde edilmiştir.



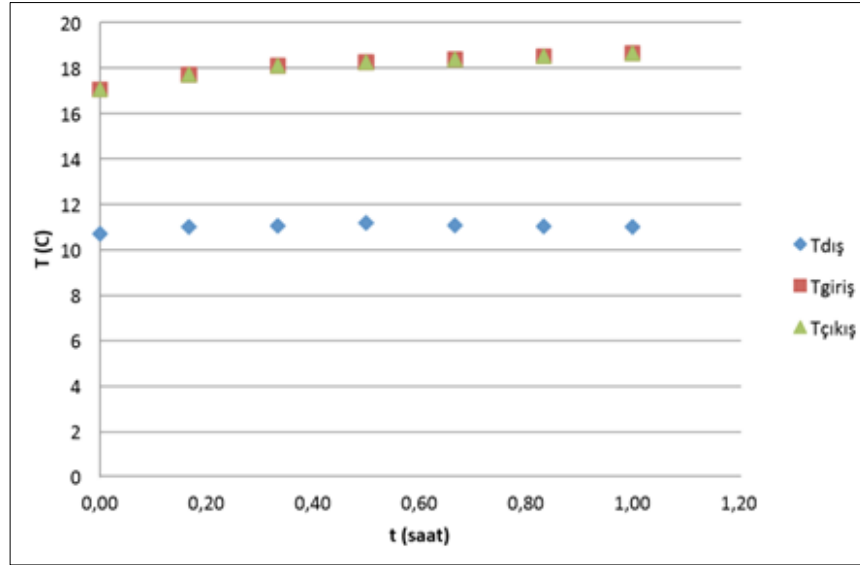
Şekil 5.1 İller Bankası Ataşehir Bölge Binası Kuyu ısı değiştiricileri genel yerleşim şeması

İstanbul İl alanında İller Bankası Ataşehir Bölge Binası için yapılan Yer Kaynaklı Isı Pompası Sistemi için yapılan TIDT test (Paksoy, 2014) sonuçları kullanılmıştır. İller Bankası Ataşehir Bölge Binası (İBABB) için yapılan TIDT 28.11.2014 ile 05.12.2014 tarihleri arasında 1 ve 21 no'lu kuyularda gerçekleştirilmiştir (Şekil 5.1 ve Şekil 5.2).



Şekil 5.2 Toprak Isıl Duyarlılık Testi genel görünümü

Kuyularda ilk 8 m yapay dolgu 8-153 m derinlik arası metagrovak birimleri geçilmiştir. Kuyu derinlikleri 139 ve 153 m olup, çapları 17 ve 18 cm dir.



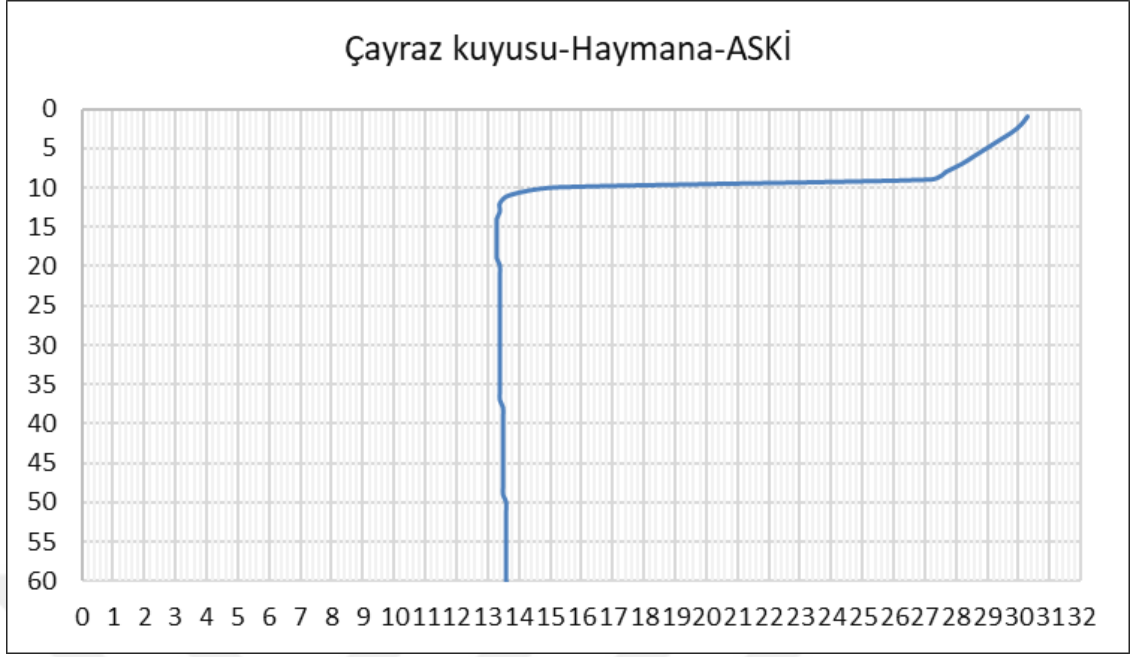
Şekil 5.3 İBABB Toprak Isı Duyarlılık Testi bozulmamış yer sıcaklık ölçüm grafiği (Paksoy, 2014)

Tekli U boru ısı değiştiricisi kullanılan kuyularda ısı transfer akışkanı olarak su kullanılmıştır. TIDT, ısıtıcı çalıştırılmadan önce, akışkanın 1 saat süreyle U-boruda dolaşımı ile başlatılmıştır. TIDT'ne daha sonra yeraltına ısı verilmesiyle 84,5 saat süreyle devam edilmiştir. TIDT testinde ısıtmasız dolaşım 1 saat boyunca yapılarak bozulmamış yer sıcaklığı 17,6°C olarak hesaplanmıştır.

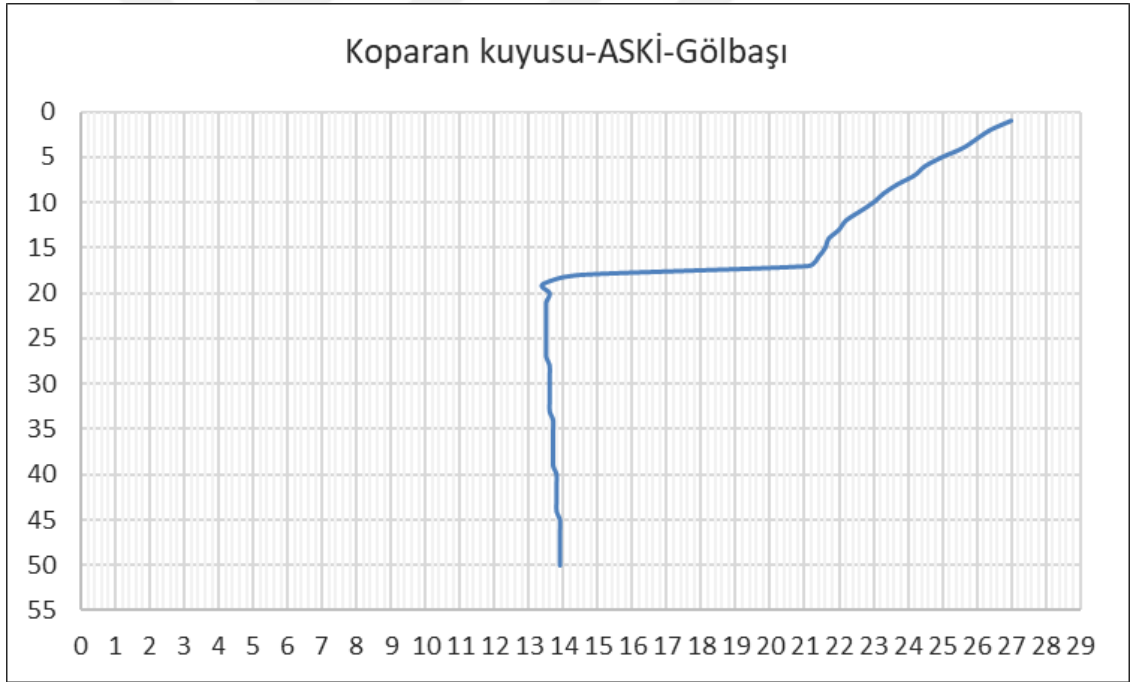
Ankara ili içerisinde Gölbaşı ve Haymana mevkiinde olmak üzere iki kuyuda derinlikle sıcaklık ölçümü gerçekleştirilmiştir. Ölçüm yapılan kuyulara ait bilgiler Çizelge 6.4'de yer almaktadır. ASKİ kuyuları sıcaklık değişimine bakıldığında (Şekil 5.4 ve Şekil 5.5) ilk 20 metreden sonra yeraltı sıcaklığının sabitlendiğini ve yaklaşık 13,6 °C olduğu görülmektedir.

Çizelge 5.4 Bozulmamış yer sıcaklığı ölçümü yapılan kuyulara ait özellikler

Kuyu Adı	Yöntem	Koordinatlar		Derinlik (m)	Bozulmamış Yer Sıcaklığı (°C)
		Enlem	Boylam		
Çayraz-Haymana-ASKİ	Solinst Model 107 TLC	39,474347	32,545697	164	13,6
Koparan-Gölbaşı-ASKİ	Solinst Model 107 TLC	39,725301	32,676631	106	13,6
İBABB	TIDT			150	17,0



Şekil 5.4 Çayraz-Haymana-ASKİ kuyusu sıcaklık derinlik değişim grafiği



Şekil 5.5 Koparan-Gölbaşı-ASKİ kuyusu sıcaklık derinlik değişim grafiği

6. KAPALI SİSTEM YER KAYNAKLI ISI POMPASI POTANSİYEL HESAPLAMA

Ankara ve İstanbul illerinde sürdürülebilir bir şekilde 100 m derinliğindeki kapalı kuyu ısı değiştiricisinden yıllık alınabilecek ısı değişim miktarları iki aşamada hesaplanmıştır:

- 1) Karşılaştırma amaçlı hesaplama: Literatürde yer alan a) VDI4640 b) Curtis ve c) Cassaso yöntemlerine göre üç farklı hesaplanmıştır. Karşılaştırmanın yapılabilmesi için kuyu ısı değiştiricileri derinlikleri 100 m, bozulmamış yer sıcaklığı 14 °C ve ısıtma süreleri 1800 ve 2400 saat olarak alınmıştır.
- 2) Güncel ısıtma süreleri ile hesaplama: Ankara ve İstanbul için elde edilen farklı bozulmamış yer sıcaklıkları, kaya termal iletkenlikleri, yoğunlukları ve ısıtma süreleri göz önüne alınarak 100 m derinliğinde çiftli U boru kullanıldığında sürdürülebilir yıllık enerji ısı değişim potansiyelleri hesaplanmıştır.

6.1 Karşılaştırma Amaçlı Hesaplama

Her üç hesaplama yönteminde kuyu ısı değiştiricilerinin ve kapasite limitleri konusunda farklılıklar bulunmaktadır (Çizelge 6.1). VDI4640'ta bozulmamış yer sıcaklığı dahil edilmez iken, Curtis ve Cassaso yönteminde bozulmamış yer sıcaklığı hesaplamalara dahil edilmiştir. Isıtma ve soğutma sezonunda kullanım süresine bağlı olarak değişen ısı transfer akışkanı limit sıcaklığı ve kuyu ısı direnci sadece Cassaso yönteminde hesaplamaya dahil edilmektedir.

6.1.1 VDI4640 yöntemi

VDI4640 standartlarının 2. Bölümde yeraltının sadece ısıtma yüklerinin karşılanması amaçlı kullanılmasında kullanılmaktadır. Sadece ısıtma sezonu için 30 kW ve daha küçük ısı pompası kullanıldığında 1800 ve 2400 saat/yıl süreli kullanımlarda kaya birimlerine göre metre başına çekilebilecek özgül ısıtma kapasitesi hesaplanmaktadır (Çizelge 4.7, Bkz Bölüm 4.7.1). Soğutma ve 30 kW kapasitenin üstündeki sistemlerde kullanılmamaktadır. 30 kW'tan küçük sistemler için ısı değişim potansiyeli hesaplama yöntemi Bölüm 4.7.1'de ayrıntılı olarak verilmektedir. Çizelge 4.7'deki sınır değerler göz önüne alınarak kullanılan katsayılar kayaların termal iletkenlikleri 1,5 W/mK ten küçük, 1,5-3 W/mK arasında ve 3 W/mK den büyüklükleri göz önüne alınarak belirlenmiştir.

Çizelge 6.1 Hesaplama da kullanılan yöntemler arasındaki farklılıklar

Yöntem	VDI4640	Curtis vd., 2013	Cassaso vd., 2016
Kullanım tipi	Isıtma	Isıtma	Isıtma-soğutma
Kapasite	35	45	belirtilmemiş
Bozulmamış yer sıcaklığı	-	Var	Var
Limit ısı transfer akışkan sıcaklığı	-	-	Var
U boru tipi	Çift	Tekli	Çiftli
U boru malzeme	DN20, DN25 ve DN32	OD, SDR11, PE100	Belirtilmemiş
U boru merkez mesafe	-	52 mm	-
U boru termal iletkenlik	-	0,420 W/mK	-
KID çapı	60 mm	130 mm	Değişken
KID mesafe	5 m	6 m	-
KID sayısı	Sınırlı alanda çok sayıda KID için uygun değil	Sadece bir sıra KID	-
Isı Transfer akışkan tipi	-	Mono etilen glikol	Limit ısı transfer akışkanına göre seçilir

Buna göre Ankara ve İstanbul il alanında yüzeylenen kayaların 100 metrede değişmeyeceği öngörülmüştür. Ankara ve İstanbul il alanında yer alan kayalarda 100 metrelik tekli U boru kullanıldığında sadece ısıtma için yıllık çekilebilecek ısı miktarları Çizelge 6.2. ve 6.3.'de yer almaktadır.

6.1.2 Curtis yöntemi

Bu yöntem VDI 4640 tan farklı olarak 45 kW'tan küçük sistemler için kurulacak düşey ve yatay ısı değiştiricileri ile 1200, 1800, 2400, 300 ve 3600 saatlik kullanım süreleri için metre başına Watt olarak yerden elde edilen ısı değişim miktarları hesaplanmaktadır (Bkz Bölüm 4.7.2). VDI 4640 tan farklı olarak bozulmamış yer sıcaklıkları göz önüne alınmıştır. Bölüm 4.7.2'te belirtilen kriterler göz önüne alınarak kayaların ısı iletkenlikleri ve bozulmamış yer sıcaklığı 14 °C kabul edilerek abaklarda karşılaştırıldığında Granit, kireçtaşı, mermer türü kayalarda açılacak 100 metre derinlikteki tekli U boru tipine sahip, ısı transfer akışkanı monoetilen glikol olan bir kuyu ısı değiştiricisinden sadece ısıtma için ısı değişim potansiyeli 8,46 ve 9,18 yıllık MWh/yıl olmaktadır. Ancak kullanılan yöntemde sürekli ısıtma göz önüne alındığında yer altı sıcaklık dengesinin bozulması söz konusu olabilecektir. Bu yöntemde limit yer altı sıcaklıkları göz önüne alınmamaktadır.

6.1.3 Cassaso Yöntemi

Sığ jeotermal potansiyel belirli yer koşullarında belli derinlikte bir kuyu ısı değiştiricisinden sürdürülebilir bir şekilde bir yıl boyunca çekilebilecek veya yeraltına verilebilecek ısı miktarı (Cassaso vd., 2016) olarak tanımlanmaktadır. Potansiyel hesaplanmasında Bölüm 4.7.3’de belirtilen parametreler kullanılmıştır. Diğer yöntemler ile karşılaştırılabilmesi için Ankara ve İstanbul il alanı bozulmamış yer sıcaklığı 14 °C ve ısıtma sezonları 1800 ile 2400 saat olarak eşit kabul edilmiştir. Karşılaştırma sonuçları Çizelge 6.2 de ayrıntılı olarak verilmektedir. Hesaplama sonuçları değerlendirildiğinde Cassaso yönteminde en önemli farklılık ısıtmanın yanı sıra soğutma yükleri için ısı değişim oranlarının da hesaplanabilmesidir. Her üç yöntem kullanılarak ısıtma sezonu 1800 saat olarak kabul edilerek yapılan hesaplamalarda 100 m lik çiftli U boru kullanıldığında İstanbul ve Ankara il alanında yüzlek veren kaya gruplarının termal iletkenliklerine bağlı olarak farklı değerler elde edilmiştir (Çizelge 6.2 ve Çizelge 6.3.). Çizelge 6.2’de hesaplama sonuçları birbirine yakın çıkmakla birlikte VDI4640,2001 ve Curtis vd.,2013 yöntemlerinde Cassaso, 2016 ya göre daha yüksek ısı değişimi oranları elde edilmiştir. Bunun nedeni kuyu ısı değiştiricilerindeki ısı değişiminin sürdürülebilir olarak değerlendirilmemesi ve limit sıcaklıkların göz önüne alınmaması olarak değerlendirilebilir.

Kaya gruplarının termal iletkenliklerine göre ısı değişim oranları değişmektedir. En yüksek değerler Granodiyorit türü kayalardan başlayarak kuvarsit, mermer ve re kristalize kireçtaşlarında elde edilmiştir. Bu tür kayalar genelde yüksek kotları oluşturmaktadır ve yerleşim yerlerine daha uzak bölümleri oluşturmaktadır. Yerleşim yerleri yaygın olarak kumtaşı, metakumtaşı ve silttaşı gibi sedimanter birimlerin olduğu alanlarda kurulmuştur ve nispeten ısı değişim oranları düşüktür. Bu birimler düşük termal iletkenlikleri nedeniyle ısıнын korunmasını sağlamaktadır.

Çizelge 6.2 İstanbul İli VDI4640, 2001; Curtis vd., 2013 ve Cassaso, 2016 ya göre kaya türlerine göre 100 m derinliğinde kapalı sistem kuyu ısı değiştiricisinden 1800 ve 2400 saatlik ısıtma amaçlı kullanımda yıllık elde edilebilecek ısı değişim miktarları (a=ısı değişim katsayısı (W/m), b=Kuyu ısı değiştiricisinden yıllık ısı değişim miktarı (MWh/yıl), c=100 m derinlikte kuyu ısı değiştiricisi ısı değişim miktarı (Kw)

100 m kuyu ısı değiştirici derinlik 100 m, bozulmamış yer sıcaklığı 14 °C kabul edilmiştir.					VDI 4640						Curtis						Cassaso			
İstanbul il alanı yüzeylenen kayalar ve termal iletkenlikleri					1800 saat			2400 saat			1800 saat			2400 saat			1800 saat		2400 saat	
Formasyonlar	Simge	Yaş	Egemen kaya birimi	λ (W/mK)	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	b	c	b	c
Tekedere Form.	Pt	Permien	Şist	2,849	60	10,8	6	50	12	5	53	9,5	5,3	47	11,3	4,7	7,7	0,9	9,6	1,1
Sivrililer Metagranitoid	Pks	Permien	Granodiyorit	2,201	60	10,8	6	50	12	5	44	7,9	4,4	40	9,6	4,0	5,8	0,7	7,3	0,8
Şeytandere Metagraniti	Pkş	Permien	Granit	3,049	60	10,8	6	50	12	5	58	10,4	5,8	52	12,5	5,2	8,2	0,9	10,3	1,2
Kızılağaç Metagraniti	Pkk	Permien	Ayrılmış granit	0,240	25	4,5	2,5	20	4,8	2	39	7,0	3,9	34	8,2	3,4	0,9	0,1	1,1	0,1
Kocabayır Grubu	Ptrk	Permien-Alt Triyas	Metakumtaşı	1,760	60	10,8	6	50	12	5	39	7,0	3,9	34	8,2	3,4	4,9	0,6	6,1	0,7
Çiftlik Kuvarsiti	Ptrkç	Permien-Alt Triyas	Kuvarsit	5,252	75	13,5	7,5	65	15,6	6,5	74	13,3	7,4	68	16,3	6,8	12,5	1,4	15,8	1,8
Mahya Şisti	PTrkcm	Permien-Alt Triyas	Klorit şist	2,849	60	10,8	6	50	12	5	53	9,5	5,3	47	11,3	4,7	7,7	0,9	9,6	1,1
Rampana Kuvarşisti	PTrkcr	Permien-Alt Triyas	Klorit şist	2,849	60	10,8	6	50	12	5	53	9,5	5,3	47	11,3	4,7	7,7	0,9	9,6	1,1
Kestanelik Form.	PTrkcrk	Permien-Alt Triyas	Metakumtaşı	1,760	60	10,8	6	50	12	5	39	7,0	3,9	34	8,2	3,4	4,9	0,6	6,1	0,7
Şermat Kuvarsiti	Ptrkçş	Permien-Alt Triyas	Kuvarsit	5,252	75	13,5	7,5	65	15,6	6,5	74	13,3	7,4	68	16,3	6,8	12,5	1,4	15,8	1,8
Serves Metagrovağı	PTrkks	Permien-Alt Triyas	Metakumtaşı	1,760	60	10,8	6	50	12	5	39	7,0	3,9	34	8,2	3,4	4,9	0,6	6,1	0,7
Demirköy Sokulumu	Kd	Kretase	Granit	3,049	75	13,5	7,5	65	15,6	6,5	58	10,4	5,8	52	12,5	5,2	8,2	0,9	10,3	1,2
Kontakt Zonu	Km	Üst Kretase-Daniyen	Ayrılmış granit	0,240	70	12,6	7	60	14,4	6	44	7,9	4,4	40	9,6	4,0	8,2	0,9	10,3	1,2
Kocatöngel Form.	Opkc	Alt Ordovisiyen	Kiltaşı	1,086	25	4,5	2,5	20	4,8	2	39	7,0	3,9	34	8,2	3,4	3,3	0,4	4,1	0,5

Çizelge 6.2 İstanbul İli VDI4640, 2001; Curtis vd., 2013 ve Cassaso, 2016 ya göre kaya türlerine göre 100 m derinliğinde kapalı sistem kuyu ısı değiştiricisinden 1800 ve 2400 saatlik ısıtma amaçlı kullanımda yıllık elde edilebilecek ısı değişim miktarları (a=ısı değişim katsayısı (W/m), b=Kuyu ısı değiştiricisinden yıllık ısı değişim miktarı (MWh/yıl), c=100 m derinlikte kuyu ısı değiştiricisi ısı değişim miktarı (Kw) (devam)

100 m kuyu ısı değiştirici derinlik 100 m, bozulmamış yer sıcaklığı 14 °C kabul edilmiştir.					VDI 4640						Curtis						Cassaso			
İstanbul il alanı yüzeylenen kayalar ve termal iletkenlikleri					1800 saat			2400 saat			1800 saat			2400 saat			1800 saat		2400 saat	
Formasyonlar	Simge	Yaş	Egemen kaya birimi	λ (W/mK)	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	b	c	b	c
Kurtköy Form.	Opk	Silüriyen	Kumtaşı	1,048	70	12,6	7	60	14,4	6	58	10,4	5,8	52	12,5	5,2	3,2	0,4	4,0	0,5
Kınalıada Form.	Ok	Alt Ordovisiyen	Kumtaşı	1,429	70	12,6	7	60	14,4	6	58	10,4	5,8	52	12,5	5,2	4,1	0,5	5,1	0,6
Aydos Form.	Osa	Üst Ordovisiyen	Kuvarsit	5,252	75	13,5	7,5	65	15,6	6,5	74	13,3	7,4	68	16,3	6,8	12,5	1,4	15,8	1,8
Yaylalar Form.	Osy	Üst Ordovisiyen	Kumtaşı	1,429	70	12,6	7	60	14,4	6	58	10,4	5,8	52	12,5	5,2	4,1	0,5	5,1	0,6
Yaylalar Form. Gözdağ Üyesi	Osyg	Üst Ordovisiyen	Kumtaşı	1,429	70	12,6	7	60	14,4	6	58	10,4	5,8	52	12,5	5,2	4,1	0,5	5,1	0,6
Yaylalar Form. Şeyhli Üyesi	Osyş	Üst Ordovisiyen	Kumtaşı	1,429	70	12,6	7	60	14,4	6	58	10,4	5,8	52	12,5	5,2	4,1	0,5	5,1	0,6
Pelitli Form	SDp	Üst silüriyen-Alt Devoniyen	Kireçtaşı	2,293	70	12,6	7	60	14,4	6	44	7,9	4,4	40	9,6	4,0	6,2	0,7	7,7	0,9
Pendik Form.	Dp	Üst Silüriyen-orta Devoniyen	Killi kırıntılı birimler	1,086	25	4,5	2,5	20	4,8	2	39	7,0	3,9	34	8,2	3,4	3,1	0,4	3,9	0,4
Pendik Form. Kartal Üyesi	Dpk	Üst Silüriyen-orta Devoniyen	Killi kırıntılı birimler	1,086	25	4,5	2,5	20	4,8	2	39	7,0	3,9	34	8,2	3,4	3,1	0,4	3,9	0,4
Pendik Form. Kozyatağı Üyesi	Dpkz	Üst Silüriyen-orta Devoniyen	Kireçtaşı	2,293	70	12,6	7	60	14,4	6	44	7,9	4,4	40	9,6	4,0	6,2	0,7	7,7	0,9
Denizliköy Form.	DCd	Orta-Üst Devoniyen Alt Karbonifer	Kireçtaşı	2,205	70	12,6	7	60	14,4	6	44	7,9	4,4	40	9,6	4,0	6,0	0,7	7,5	0,9
Denizliköy Form Ayineburnu üyesi	Dcda	Orta-Üst Devoniyen Alt Karbonifer	Kireçtaşı	2,205	70	12,6	7	60	14,4	6	44	7,9	4,4	40	9,6	4,0	6,0	0,7	7,5	0,9
Denizliköy Form Baltalıman üyesi	Dcdb	Orta-Üst Devoniyen Alt Karbonifer	Şeyl, kilitaşı	1,086	25	4,5	2,5	20	4,8	2	39	7,0	3,9	34	8,2	3,4	3,1	0,4	3,9	0,4

Çizelge 6.2 İstanbul İli VDI4640, 2001; Curtis vd., 2013 ve Cassaso, 2016 ya göre kaya türlerine göre 100 m derinliğinde kapalı sistem kuyu ısı değiştiricisinden 1800 ve 2400 saatlik ısıtma amaçlı kullanımda yıllık elde edilebilecek ısı değişim miktarları (a=ısı değişim katsayısı (W/m), b=Kuyu ısı değiştiricisinden yıllık ısı değişim miktarı (MWh/yıl), c=100 m derinlikte kuyu ısı değiştiricisi ısı değişim miktarı (Kw) (devam)

100 m kuyu ısı değiştirici derinlik 100 m, bozulmamış yer sıcaklığı 14 °C kabul edilmiştir.																				
İstanbul il alanı yüzeylenen kayalar ve termal iletkenlikleri																				
Formasyonlar	Simge	Yaş	Egemen kaya birimi	λ (W/mK)	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	b	c	b	c
Denizliköy Form Tuzla kireçtaşı Üyesi	DCdt	Orta-Üst Devoniyen Alt Karbonifer	Kireçtaşı	2,205	70	12,6	7	60	14,4	6	44	7,9	4,4	40	9,6	4,0	6,0	0,7	7,5	0,9
Denizliköy Form Tuzla Yörükali Üyesi	Dcdy	Orta-Üst Devoniyen Alt Karbonifer	Şeyl, kıltaşı	1,086	25	4,5	2,5	20	4,8	2	39	7,0	3,9	34	8,2	3,4	3,1	0,4	3,9	0,4
Trakya Form.	Ct	Alt karbonifer	Kumtaşı	1,429	70	12,6	7	60	14,4	6	58	10,4	5,8	52	12,5	5,2	4,1	0,5	5,1	0,6
Trakya Form. Kireçtaşı Üyesi	Ctc	Alt karbonifer	Kireçtaşı	2,205	70	12,6	7	60	14,4	6	44	7,9	4,4	40	9,6	4,0	6,0	0,7	7,5	0,9
Sancaktepe Graniti	Ps	Permien	Granit	3,049	75	13,5	7,5	65	15,6	6,5	58	10,4	5,8	52	12,5	5,2	8,2	0,9	10,3	1,2
Kapaklı Form.	PTrk	Permien Alt Triyas	Kumtaşı	1,429	70	12,6	7	60	14,4	6	58	10,4	5,8	52	12,5	5,2	4,1	0,5	5,1	0,6
Gebze Grubu	TRg	Alt-Üst Triyas	Kireçtaşı	2,262	70	12,6	7	60	14,4	6	44	7,9	4,4	40	9,6	4,0	6,1	0,7	7,6	0,9
Gebze Grubu- Ballıkaya Form.	TRgb	Alt-Orta triyas	Kireçtaşı	2,262	70	12,6	7	60	14,4	6	44	7,9	4,4	40	9,6	4,0	6,1	0,7	7,6	0,9
Gebze Grubu- Bakırlıkıran Form.	TRgbk	Üst Triyas	Kumtaşı	1,429	25	4,5	2,5	20	4,8	2	39	7,0	3,9	34	8,2	3,4	4,1	0,5	5,1	0,6
Gebze Grubu- Demirci Form.	Trgd	Alt-Orta triyas	Kireçtaşı	2,262	70	12,6	7	60	14,4	6	44	7,9	4,4	40	9,6	4,0	6,1	0,7	7,6	0,9
Gebze Grubu- Erikli Form.	Trge	Alt Triyas	Kumtaşı	1,429	25	4,5	2,5	20	4,8	2	39	7,0	3,9	34	8,2	3,4	4,1	0,5	5,1	0,6
Gebze Grubu- Tepecik Form.	TRgt	Üst Triyas	Kireçtaşı	2,262	70	12,6	7	60	14,4	6	39	7,0	3,9	34	8,2	3,4	6,1	0,7	7,6	0,9
Bozhane Form.	Ksb	Üst Kretase	Kumtaşı	1,429	25	4,5	2,5	20	4,8	2	39	7,0	3,9	34	8,2	3,4	4,1	0,5	5,1	0,6
Garipçe Form.	Ksg	Üst Kretase	Volkanoklastik- piroklastik	0,960	25	4,5	2,5	20	4,8	2	39	7,0	3,9	34	8,2	3,4	2,6	0,3	3,3	0,4

Çizelge 6.2 İstanbul İli VDI4640, 2001; Curtis vd., 2013 ve Cassaso, 2016 ya göre kaya türlerine göre 100 m derinliğinde kapalı sistem kuyu ısı değiştiricisinden 1800 ve 2400 saatlik ısıtma amaçlı kullanımda yıllık elde edilebilecek ısı değişim miktarları (a=ısı değişim katsayısı (W/m), b=Kuyu ısı değiştiricisinden yıllık ısı değişim miktarı (MWh/yıl), c=100 m derinlikte kuyu ısı değiştiricisi ısı değişim miktarı (Kw) (devam)																				
100 m kuyu ısı değiştirici derinlik 100 m, bozulmamış yer sıcaklığı 14 °C kabul edilmiştir					VDI 4640						Curtis						Cassaso			
İstanbul il alanı yüzeylenen kayalar ve termal iletkenlikleri					1800 saat			2400 saat			1800 saat			2400 saat			1800 saat		2400 saat	
Formasyonlar	Simge	Yaş	Egemen kaya birimi	λ (W/mK)	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	b	c	b	c
Çavuşbaşı graniti	Kç	Üst Kretase-Daniyen	Ayrılmış Granit	0,240	75	13,5	7,5	65	15,6	6,5	58	10,4	5,8	52	12,5	5,2	1,0	0,1	1,3	0,1
Akveren Form.	Kta	Üst Kretase-Alt Tersiyer	Kireçtaşı	2,529	70	12,6	7	60	14,4	6	44	7,9	4,4	40	9,6	4,0	6,7	0,8	8,4	1,0
Ozantepe Volkaniti	Kto	Üst Kretase Alt Tersiyer	Dasit	0,939	25	4,5	2,5	20	4,8	2	39	7,0	3,9	34	8,2	3,4	2,9	0,3	3,6	0,4
Yakacık Magmatik Kompleksi	Kty	Üst Kretase Alt Tersiyer	Diyorit-Granodiyorit	2,201	75	13,5	7,5	65	15,6	6,5	44	7,9	4,4	40	9,6	4,0	5,8	0,7	7,3	0,8
Şile Form.	Tş	Üst Paleosen-Alt eosen	Kiltaşı	1,086	25	4,5	2,5	20	4,8	2	39	7,0	3,9	34	8,2	3,4	3,3	0,4	4,1	0,5
Yunuslıbayır Form.	Ty	Orta Eosen	Kumtaşı	1,429	25	4,5	2,5	20	4,8	2	39	7,0	3,9	34	8,2	3,4	4,1	0,5	5,1	0,6
Koyunbaba Form.	Tk	Orta Üst Eosen	Kumtaşı	1,429	25	4,5	2,5	20	4,8	2	39	7,0	3,9	34	8,2	3,4	4,1	0,5	5,1	0,6
Soğucak Form.	Tsg	Orta Üst Eosen	Kireçtaşı	2,133	70	12,6	7	60	14,4	6	44	7,9	4,4	40	9,6	4,0	5,8	0,7	7,2	0,8
Ceylan Form.	Tc	Üst Eosen Oligosen	Marn killi kireçtaşı	1,215	25	4,5	2,5	20	4,8	2	39	7,0	3,9	34	8,2	3,4	3,6	0,4	4,5	0,5
Ceylan Form.-Balıkköy üyesi	Tcb	Üst Eosen Oligosen	Kumtaşı	0,536	25	4,5	2,5	20	4,8	2	39	7,0	3,9	34	8,2	3,4	1,8	0,2	2,3	0,3
Ceylan Form.-Yassıören üyesi	Tcy	Üst Eosen Oligosen	Kireçtaşı	1,559	70	12,6	7	60	14,4	6	44	7,9	4,4	40	9,6	4,0	4,5	0,5	5,6	0,6
Ceylan Form.-Kızılcaali Tüf üyesi	Tck	Üst Eosen Oligosen	Tüf	0,388	25	4,5	2,5	20	4,8	2	39	7,0	3,9	34	8,2	3,4	1,2	0,1	1,5	0,2
PınarhisarForm.	Tp	Alt Oligosen	Kireçtaşı	2,205	70	12,6	7	60	14,4	6	44	7,9	4,4	40	9,6	4,0	6,0	0,7	7,5	0,9
Danışmen Form.-Ağaçlı üyesi	Tda	Orta Oligosen Alt Miyosen	Kum çakıl	1,170	25	4,5	2,5	20	4,8	2	39	7,0	3,9	34	8,2	3,4	3,3	0,4	4,1	0,5

Çizelge 6.2 İstanbul İli VDI4640, 2001; Curtis vd., 2013 ve Cassaso, 2016 ya göre kaya türlerine göre 100 m derinliğinde kapalı sistem kuyu ısı değiştiricisinden 1800 ve 2400 saatlik ısıtma amaçlı kullanımda yıllık elde edilebilecek ısı değişim miktarları (a=ısı değişim katsayısı (W/m), b=Kuyu ısı değiştiricisinden yıllık ısı değişim miktarı (MWh/yıl), c=100 m derinlikte kuyu ısı değiştiricisi ısı değişim miktarı (Kw) (devam)																				
100 m kuyu ısı değiştirici derinlik 100 m, bozulmamış yer sıcaklığı 14 °C kabul edilmiştir.					VDI 4640						Curtis						Cassaso			
İstanbul il alanı yüzeylenen kayalar ve termal iletkenlikleri					1800 saat			2400 saat			1800 saat			2400 saat			1800 saat		2400 saat	
Formasyonlar	Simge	Yaş	Egemen kaya birimi	λ (W/mK)	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	b	c	b	c
Danişmen Form.-Çantaköy üyesi	Tdç	Orta Oligosen Alt Miyosen	Tüf	0,388	25	4,5	2,5	20	4,8	2	39	7,0	3,9	34	8,2	3,4	1,2	0,1	1,5	0,2
Danişmen Form.-Gürpınar üyesi	Tdg	Orta Oligosen Alt Miyosen	Kıltaşı	1,562	25	4,5	2,5	20	4,8	2	39	7,0	3,9	34	8,2	3,4	4,5	0,5	5,6	0,6
Danişmen Form.-Süloğlu şeyl üyesi	Tds	Orta Oligosen Alt Miyosen	Kıltaşı	1,562	25	4,5	2,5	20	4,8	2	39	7,0	3,9	34	8,2	3,4	4,5	0,5	5,6	0,6
Danişmen Form.-Sinekli üyesi	Tdsi	Orta Oligosen Alt Miyosen	Kumtaşı	1,429	25	4,5	2,5	20	4,8	2	39	7,0	3,9	34	8,2	3,4	4,1	0,5	5,1	0,6
Danişmen Form.-silivri üyesi	Tdsl	Orta Oligosen Alt Miyosen	Kumtaşı	1,429	25	4,5	2,5	20	4,8	2	39	7,0	3,9	34	8,2	3,4	4,1	0,5	5,1	0,6
İstanbul Form.-Kıraç Üyesi	Tik	Üst Oligosen-Alt-Orta Miyosen	Çakıl, kum, kil	0,702	25	4,5	2,5	20	4,8	2	39	7,0	3,9	34	8,2	3,4	2,1	0,2	2,7	0,3
İstanbul Form.-Kayalıtepe Üyesi	Tiky	Üst Oligosen-Alt-Orta Miyosen	Kumtaşı	4,300	25	4,5	2,5	20	4,8	2	39	7,0	3,9	34	8,2	3,4	10,3	1,2	13,0	1,5
İstanbul Form.-Kayalıtepe Üyesi	Tiky	Üst Oligosen-Alt-Orta Miyosen	Kumtaşı	4,300	25	4,5	2,5	20	4,8	2	39	7,0	3,9	34	8,2	3,4	10,3	1,2	13,0	1,5
İstanbul Form.-Meşetepe Üyesi	Tim	Üst Oligosen-Alt-Orta Miyosen	Kil	0,702	25	4,5	2,5	20	4,8	2	39	7,0	3,9	34	8,2	3,4	2,1	0,2	2,7	0,3
Çekmece Form.	Tç	Üst Miyosen-Pliyosen	Killi kırıntılı birimler	1,086	25	4,5	2,5	20	4,8	2	39	7,0	3,9	34	8,2	3,4	3,1	0,4	3,9	0,4
Çekmece Form.-Bakırköy üyesi	Tçb	Üst Miyosen-Pliyosen	Killi kireçtaşı	1,215	25	4,5	2,5	20	4,8	2	39	7,0	3,9	34	8,2	3,4	3,6	0,4	4,5	0,5
Çekmece Form.-Çukurçeşme üyesi	Tçç	Üst Miyosen-Pliyosen	Kaba kum çakıl	1,170	25	4,5	2,5	20	4,8	2	39	7,0	3,9	34	8,2	3,4	3,3	0,4	4,1	0,5
Çekmece Form.-Güngören üyesi	Tçg	Üst Miyosen-Pliyosen	Kireçtaşı, kil ara katkılı	2,205	70	12,6	7	60	14,4	6	44	7,9	4,4	40	9,6	4,0	6,0	0,7	7,5	0,9
Sultanbeyli Form.	Ts	Üst Miyosen-Pliyosen	Kum çakıl kil	1,170	25	4,5	2,5	20	4,8	2	39	7,0	3,9	34	8,2	3,4	3,3	0,4	4,1	0,5
Kuşdili Form.	Qkş	Holosen	Kum çakıl, kil	1,170	25	4,5	2,5	20	4,8	2	39	7,0	3,9	34	8,2	3,4	3,3	0,4	4,1	0,5

Çizelge 6.3 Ankara bölgesi VDI4640, 2001; Curtis vd., 2013 ve Cassaso, 2016 ya göre kaya türlerine göre 100 m derinliğinde kapalı sistem kuyu ısı değiştiricisinden 1800 ve 2400 saatlik ısıtma amaçlı kullanımda yıllık elde edilebilecek ısı değişim miktarları. (a=ısı değişim katsayısı (W/m), b=Kuyu ısı değiştiricisinden yıllık ısı değişim miktarı (MWh/yıl), c=100 m derinlikte kuyu ısı değiştiricisi ısı değişim miktarı (Kw).

100 m kuyu ısı değiştirici derinlik 100 m, bozulmamış yer sıcaklığı 14 °C kabul edilmiştir. Ankara il alanı yüzeylenen kaya türleri özellikleri					VDI 4640						Curtis, 2013						Cassaso vd., 2016			
					1800 saat			2400 saat			1800 saat			2400 saat			1800 saat		2400 saat	
Formasyonlar	Simge	Yaş	Egemen kaya birimleri	λ (W/mK)	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	b	c	b	c
Bozçaldağ Formasyonu	Pzb	Paleozoik	Mermer	2,243	60	10,8	6	50	12	5	49	8,9	4,9	44	10,5	4,4	6,1	0,7	7,7	0,9
Karbonifer yaşlı kireçtaşı	Ckb	Karbonifer	Kireçtaşı	2,243	60	10,8	6	50	12	5	49	8,9	4,9	44	10,5	4,4	6,1	0,7	7,6	0,9
Gökçekaya Metamorfittleri	PTkg	Permo-Triyas	Metakumtaşı	1,367	25	4,5	2,5	20	4,8	2	37	6,7	3,7	32	7,7	3,2	3,9	0,5	4,9	0,6
Emir Formasyonu	Tre	Erken Triyas	Şist	2,026	60	10,8	6	50	12	5	46	8,3	4,6	41	9,8	4,1	5,8	0,7	7,2	0,8
Elmadağ Formasyonu	Trel	Erken-Orta Geç Triyas	Metakumtaşı	1,367	25	4,5	2,5	20	4,8	2	37	6,7	3,7	32	7,7	3,2	3,9	0,5	4,9	0,6
Ortaköy Formasyonu	Tro	Orta-Üst Triyas	Kumtaşı	1,324	25	4,5	2,5	20	4,8	2	37	6,6	3,7	32	7,6	3,2	3,9	0,4	4,8	0,6
Mıhlıkaya Formasyonu	Tkm	Orta Triyas-Geç Kretase	Rekristalize kireçtaşı	2,243	60	10,8	6	50	12	5	49	8,9	4,9	44	10,5	4,4	6,2	0,7	7,7	0,9
Keçikaya Formasyonu	TRk	Orta-Geç Triyas	Kireçtaşı	1,901	60	10,8	6	50	12	5	45	8,0	4,5	39	9,4	3,9	5,3	0,6	6,6	0,8
Hasanoğlan Formasyonu	Jh	Erken Jura	Kumtaşı	1,221	25	4,5	2,5	20	4,8	2	35	6,3	3,5	30	7,3	3,0	3,6	0,4	4,5	0,5
Günelan Formasyonu	Jg	Erken Jura-Alt Kretase	Kumtaşı	1,324	25	4,5	2,5	20	4,8	2	37	6,6	3,7	32	7,6	3,2	3,9	0,4	4,8	0,6
Bilecik Kireçtaşı	Jkb	Orta Jura-Alt Kretase	Kireçtaşı	1,336	25	4,5	2,5	20	4,8	2	37	6,6	3,7	32	7,6	3,2	3,9	0,5	4,9	0,6
Karadağ Formasyonu	Kk	Alt Kretase-Üst Kretase	Kumtaşı	1,324	25	4,5	2,5	20	4,8	2	37	6,6	3,7	32	7,6	3,2	3,9	0,4	4,8	0,6
Kuşkuş Formasyonu	Kku	Orta-Üst Kretase	Kireçtaşı	1,967	60	10,8	6	50	12	5	46	8,2	4,6	40	9,6	4,0	5,4	0,6	6,8	0,8
Yenipazar Formasyonu	Kye	Üst Kretase	Kumtaşı	1,324	25	4,5	2,5	20	4,8	2	37	6,6	3,7	32	7,6	3,2	3,9	0,4	4,8	0,6

Çizelge 6.4 Ankara bölgesi VDI4640, 2001; Curtis vd., 2013 ve Cassaso, 2016 ya göre kaya türlerine göre 100 m derinliğinde kapalı sistem kuyu ısı değiştiricisinden 1800 ve 2400 saatlik ısıtma amaçlı kullanımda yıllık elde edilebilecek ısı değişim miktarları. (a=ısı değişim katsayısı (W/m), b=Kuyu ısı değiştiricisinden yıllık ısı değişim miktarı (MWh/yıl), c=100 m derinlikte kuyu ısı değiştiricisi ısı değişim miktarı (Kw) (devam)

100 m kuyu ısı değiştirici derinlik 100 m, bozulmamış yer sıcaklığı 14 °C kabul edilmiştir. Ankara il alanı yüzeylenen kaya türleri özellikleri					VDI 4640						Curtis, 2013						Cassaso vd., 2016			
					1800 saat			2400 saat			1800 saat			2400 saat			1800 saat		2400 saat	
Formasyonlar	Simge	Yaş	Egemen kaya birimleri	λ (W/mK)	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	b	c	b	c
Dereköy Ofiyolitik Melanjı	Kd	Üst Kretase	Gabro	2,265	60	10,8	6	50	12	5	50	8,9	5,0	44	10,5	4,4	6,4	0,7	8,0	0,9
Eldivan Ofiyolit Kompleksi	Ke	Üst Kretase	Serpantinit	2,267	60	10,8	6	50	12	5	50	9,0	5,0	44	10,6	4,4	5,9	0,7	7,4	0,8
Girdapdere Metaolistositromu	Kg	Üst Kretase	Metakumtaşı	1,367	25	4,5	2,5	20	4,8	2	37	6,7	3,7	32	7,7	3,2	3,9	0,5	4,9	0,6
Haymana Formasyonu	Kh	Üst Kretase	Kumtaşı	1,324	25	4,5	2,5	20	4,8	2	37	6,6	3,7	32	7,6	3,2	3,9	0,4	4,8	0,6
Ilıcınar Formasyonu	Kı	Üst Kretase	Kumtaşı	1,324	25	4,5	2,5	20	4,8	2	37	6,6	3,7	32	7,6	3,2	3,9	0,4	4,8	0,6
Malboğazı Formasyonu	Km	Üst Kretase	Kireçtaşı	1,967	60	10,8	6	50	12	5	46	8,2	4,6	40	9,6	4,0	5,4	0,6	6,8	0,8
Çiçekdağ Formasyonu	Kç	Üst Kretase	Diabaz	1,014	25	4,5	2,5	20	4,8	2	32	5,8	3,2	28	6,6	2,8	3,1	0,4	3,8	0,4
Hisarköy Formasyonu	Kkh	Üst Kretase	Kumtaşı	1,324	25	4,5	2,5	20	4,8	2	37	6,6	3,7	32	7,6	3,2	3,9	0,4	4,8	0,6
Orta Anadolu Granitoidleri	Kog	Üst Kretase	Granit	1,159	25	4,5	2,5	20	4,8	2	34	6,2	3,4	30	7,1	3,0	3,7	0,4	4,6	0,5
Kuşkayatepe kireçtaşı Olistoliti	Tpdk	Üst Kretase	Kireçtaşı	1,967	60	10,8	6	50	12	5	46	8,2	4,6	40	9,6	4,0	5,4	0,6	6,8	0,8
Karahıdır volkanit üyesi	Khk	Üst kretase-Erken Paleosen	Dasit	0,877	25	4,5	2,5	20	4,8	2	30	5,5	3,0	26	6,2	2,6	2,8	0,3	3,4	0,4
Sarıkaya Formasyonu	Tps	Üst Kretase-Paleosen	Andezit	1,389	25	4,5	2,5	20	4,8	2	37	6,7	3,7	33	7,8	3,3	4,0	0,5	5,0	0,6
Odundağtepe Volkaniti	Ktpo	Üst Kretase-Paleosen	Dasit	0,877	25	4,5	2,5	20	4,8	2	30	5,5	3,0	26	6,2	2,6	2,8	0,3	3,4	0,4
Yeşilyurt Formasyonu	Tpy	Paleosen	Kumtaşı	1,324	25	4,5	2,5	20	4,8	2	37	6,6	3,7	32	7,6	3,2	3,9	0,4	4,8	0,6

Çizelge 6.5 Ankara bölgesi VDI4640, 2001; Curtis vd., 2013 ve Cassaso, 2016 ya göre kaya türlerine göre 100 m derinliğinde kapalı sistem kuyu ısı değiştiricisinden 1800 ve 2400 saatlik ısıtma amaçlı kullanımda yıllık elde edilebilecek ısı değişim miktarları. (a=ısı değişim katsayısı (W/m), b=Kuyu ısı değiştiricisinden yıllık ısı değişim miktarı (MWh/yıl), c=100 m derinlikte kuyu ısı değiştiricisi ısı değişim miktarı (Kw) (devam)

100 m kuyu ısı değiştirici derinlik 100 m, bozulmamış yer sıcaklığı 14 °C kabul edilmiştir. Ankara il alanı yüzeylenen kaya türleri özellikleri					VDI 4640						Curtis, 2013						Cassaso vd., 2016			
					1800 saat			2400 saat			1800 saat			2400 saat			1800 saat		2400 saat	
Formasyonlar	Simge	Yaş	Egemen kaya birimleri	λ (W/mK)	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	b	c	b	c
Kartal Formasyonu	Tpk	Alt Paleosen	Kumtaşı	1,660	60	10,8	6	50	12	5	41	7,4	4,1	32	7,7	3,2	4,7	0,5	5,8	0,7
Eskipolatlı Formasyonu	Te	Alt Paleosen	Kumtaşı	1,324	25	4,5	2,5	20	4,8	2	37	6,6	3,7	32	7,6	3,2	3,9	0,4	4,8	0,6
Beyazarı Granitoidi	Tpbgr	Paleosen	Granit	1,159	25	4,5	2,5	20	4,8	2	34	6,2	3,4	30	7,1	3,0	3,7	0,4	4,6	0,5
Çaldağ Formasyonu	Tpç	Paleosen	Kireçtaşı	1,967	60	10,8	6	50	12	5	46	8,2	4,6	40	9,6	4,0	5,4	0,6	6,8	0,8
Meyildere Volkaniti	Tpem	Üst Paleosen Alt Eosen	Andezit	1,389	25	4,5	2,5	20	4,8	2	37	6,7	3,7	33	7,8	3,3	4,0	0,5	5,0	0,6
Çataltepe Formasyonu	Teça	Alt Eosen	Kumtaşı	1,324	25	4,5	2,5	20	4,8	2	37	6,6	3,7	32	7,6	3,2	3,9	0,4	4,8	0,6
Safranbolu Formasyonu	Tes	Alt-Orta Eosen	Kireçtaşı	1,967	60	10,8	6	50	12	5	46	8,2	4,6	40	9,6	4,0	5,4	0,6	6,8	0,8
Alçı Formasyonu	Tea	Alt-Orta Eosen	Kumtaşı	1,324	25	4,5	2,5	20	4,8	2	37	6,6	3,7	32	7,6	3,2	3,9	0,4	4,8	0,6
Yeniköy Volkaniti	Teye	Eosen	Bazalt	1,008	25	4,5	2,5	20	4,8	2	32	5,8	3,2	28	6,6	2,8	3,1	0,4	3,9	0,4
Güvenç Formasyonu	Teg	Orta Eosen	Kumtaşı	1,324	25	4,5	2,5	20	4,8	2	37	6,6	3,7	32	7,6	3,2	3,9	0,4	4,8	0,6
Baraklı Formasyonu	Teb	Orta Eosen	Kumtaşı	1,324	25	4,5	2,5	20	4,8	2	37	6,6	3,7	32	7,6	3,2	3,9	0,4	4,8	0,6
Çayraz Formasyonu	Teç	Orta Eosen	Kumtaşı	1,324	25	4,5	2,5	20	4,8	2	37	6,6	3,7	32	7,6	3,2	3,9	0,4	4,8	0,6
Kocaçay Formasyonu	Teko	Orta Eosen	Kireçtaşı	1,967	60	10,8	6	50	12	5	46	8,2	4,6	40	9,6	4,0	5,4	0,6	6,8	0,8
Kurtsivrisi Volkaniti	Tz	Orta Eosen	Andezit	1,389	25	4,5	2,5	20	4,8	2	37	6,7	3,7	33	7,8	3,3	4,0	0,5	5,0	0,6
Abdüsselamdağı Volkanit Karmaşığı	Teab	Orta Eosen	Andezit	1,389	25	4,5	2,5	20	4,8	2	37	6,7	3,7	33	7,8	3,3	4,0	0,5	5,0	0,6

Çizelge 6.6 Ankara bölgesi VDI4640, 2001; Curtis vd., 2013 ve Cassaso, 2016 ya göre kaya türlerine göre 100 m derinliğinde kapalı sistem kuyu ısı değiştiricisinden 1800 ve 2400 saatlik ısıtma amaçlı kullanımda yıllık elde edilebilecek ısı değişim miktarları. (a=ısı değişim katsayısı (W/m), b=Kuyu ısı değiştiricisinden yıllık ısı değişim miktarı (MWh/yıl), c=100 m derinlikte kuyu ısı değiştiricisi ısı değişim miktarı (Kw) (devam)

100 m kuyu ısı değiştirici derinlik 100 m, bozulmamış yer sıcaklığı 14 °C kabul edilmiştir. Ankara il alanı yüzeylenen kaya türleri özellikleri					VDI 4640						Curtis, 2013						Cassaso vd., 2016			
					1800 saat			2400 saat			1800 saat			2400 saat			1800 saat		2400 saat	
Formasyonlar	Simge	Yaş	Egemen kaya birimleri	λ (W/mK)	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	b	c	b	c
Gemiciköy Formasyonu	Temg	Üst Eosen-Erken Miyosen	Kumtaşı	1,324	25	4,5	2,5	20	4,8	2	37	6,6	3,7	32	7,6	3,2	3,9	0,4	4,8	0,6
Tepeköy Formasyonu	Tt	Oligosen	Kumtaşı	1,324	25	4,5	2,5	20	4,8	2	37	6,6	3,7	32	7,6	3,2	3,9	0,4	4,8	0,6
İncik Formasyonu	Toi	Üst Eosen-Oligosen	Kumtaşı	1,324	25	4,5	2,5	20	4,8	2	37	6,6	3,7	32	7,6	3,2	3,9	0,4	4,8	0,6
Tohumlar volkanitleri	Tmt	Alt Miyosen	Dasit	0,877	25	4,5	2,5	20	4,8	2	30	5,5	3,0	26	6,2	2,6	2,8	0,3	3,4	0,4
Yenice Volkanitleri	Tmy	Alt Miyosen	Dasit	0,877	25	4,5	2,5	20	4,8	2	30	5,5	3,0	26	6,2	2,6	2,8	0,3	3,4	0,4
Karacadağ Volkanitleri	Tmka	Alt Miyosen	Bazalt	1,008	25	4,5	2,5	20	4,8	2	32	5,8	3,2	28	6,6	2,8	3,1	0,4	3,9	0,4
Karasivri Volkaniti	Tmk	Alt Miyosen	Dasit	0,877	25	4,5	2,5	20	4,8	2	30	5,5	3,0	26	6,2	2,6	2,8	0,3	3,4	0,4
Kirazdağı volkaniti	Tmki	Alt Miyosen	Andezit	1,156	25	4,5	2,5	20	4,8	2	34	6,2	3,4	30	7,1	3,0	3,5	0,4	4,3	0,5
Hançılı Formasyonu	Tmh	Alt-Orta Miyosen	Kumtaşı	1,324	25	4,5	2,5	20	4,8	2	37	6,6	3,7	32	7,6	3,2	3,9	0,4	4,8	0,6
İlcadere Volkaniti	Tmı	Orta Miyosen	Andezit	1,058	25	4,5	2,5	20	4,8	2	33	5,9	3,3	28	6,8	2,8	3,2	0,4	4,0	0,5
Deveören Volkaniti	Tmd	Orta Miyosen	Dasit	0,877	25	4,5	2,5	20	4,8	2	30	5,5	3,0	26	6,2	2,6	2,8	0,3	3,4	0,4
Selametli Volkanitleri	Tms	Orta Miyosen	Bazalt	1,008	25	4,5	2,5	20	4,8	2	32	5,8	3,2	28	6,6	2,8	3,1	0,4	3,9	0,4
Uludere Piroklastikleri	Tmu	Alt-Orta Miyosen	Andezit	1,389	25	4,5	2,5	20	4,8	2	37	6,7	3,7	33	7,8	3,3	4,0	0,5	5,0	0,6
Ürgüp Formasyonu	Tmü	Orta-Üst Miyosen	Kumtaşı	1,324	25	4,5	2,5	20	4,8	2	37	6,6	3,7	32	7,6	3,2	3,9	0,4	4,8	0,6

Çizelge 6.7 Ankara bölgesi VDI4640, 2001; Curtis vd., 2013 ve Cassaso, 2016 ya göre kaya türlerine göre 100 m derinliğinde kapalı sistem kuyu ısı değiştiricisinden 1800 ve 2400 saatlik ısıtma amaçlı kullanımda yıllık elde edilebilecek ısı değişim miktarları. (a=ısı değişim katsayısı (W/m), b=Kuyu ısı değiştiricisinden yıllık ısı değişim miktarı (MWh/yıl), c=100 m derinlikte kuyu ısı değiştiricisi ısı değişim miktarı (Kw) (devam)

100 m kuyu ısı değiştirici derinlik 100 m, bozulmamış yer sıcaklığı 14 °C kabul edilmiştir. Ankara il alanı yüzeylenen kaya türleri özellikleri					VDI 4640						Curtis, 2013						Cassaso vd., 2016			
					1800 saat			2400 saat			1800 saat			2400 saat			1800 saat		2400 saat	
Formasyonlar	Simge	Yaş	Egemen kaya birimleri	λ (W/mK)	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	b	c	b	c
Kumartaş Formasyonu	Tmku	Alt-Üst Miyosen	Kumtaşı	1,668	60	10,8	6	50	12	5	41	7,4	4,1	36	8,7	3,6	4,7	0,5	5,9	0,7
Kalecik volkaniti	Tmkl	Üst Miyosen	Dasit	0,877	25	4,5	2,5	20	4,8	2	30	5,5	3,0	26	6,2	2,6	2,8	0,3	3,4	0,4
Sarıoba Formasyonu	Tmsg	Üst Miyosen	Kumtaşı	0,852	25	4,5	2,5	20	4,8	2	30	5,4	3,0	26	6,1	2,6	2,7	0,3	3,3	0,4
Kırmızıbayır Formasyonu	Tmkı	Üst Miyosen	Çamurtaşı	0,993	25	4,5	2,5	20	4,8	2	32	5,7	3,2	27	6,6	2,7	3,1	0,3	3,8	0,4
Bakacaktepe Volkaniti	Tmbv	Üst Miyosen	Andezit	1,953	60	10,8	6	50	12	5	45	8,2	4,5	40	9,6	4,0	5,4	0,6	6,7	0,8
Kızılırmak Formasyonu	Tkız	Üst Miyosen	Çamurtaşı	0,993	25	4,5	2,5	20	4,8	2	32	5,7	3,2	27	6,6	2,7	3,1	0,3	3,8	0,4
Oğulbey Dasiti	To	Üst Miyosen	Dasit	0,877	25	4,5	2,5	20	4,8	2	30	5,5	3,0	26	6,2	2,6	2,8	0,3	3,4	0,4
İnsuyu Formasyonu	Tmi	Üst miyosen	Kireçtaşı	1,967	60	10,8	6	50	12	5	46	8,2	4,6	40	9,6	4,0	5,4	0,6	6,8	0,8
Bozdağ Bazaltı	Tb	Üst Miyosen-Pliyosen	Bazalt	1,008	25	4,5	2,5	20	4,8	2	32	5,8	3,2	28	6,6	2,8	3,1	0,4	3,9	0,4
Bozkır Formasyonu	Tplb	Pliyosen	Jips	0,365	25	4,5	2,5	20	4,8	2	23	4,2	2,3	19	4,6	1,9	1,4	0,2	1,7	0,2
Gölbaşı Formasyonu	Tg	Pliyosen	Kumtaşı	1,221	25	4,5	2,5	20	4,8	2	35	6,3	3,5	30	7,3	3,0	3,6	0,4	4,5	0,5
Karahmet Formasyonu	TplQ	Üst Pliyosen-Alt Pleyistosen	Silttaşı	1,723	60	10,8	6	50	12	5	42	7,6	4,2	37	8,9	3,7	4,9	0,6	6,1	0,7
Traverten	Qtr	Kuvaterner	Traverten	1,765	60	10,8	6	50	12	5	43	7,7	4,3	37	9,0	3,7	3,2	0,4	4,1	0,5
Alüvyon	Qal	Kuvaterner	Alüvyon	1,155	25	4,5	2,5	20	4,8	2	34	6,2	3,4	30	7,1	3,0	4,9	0,6	6,1	0,7

Bunların altında yer alan metakumtaşı, kireçtaşı gibi yüksek termal iletkenliğe sahip kayalara bölgenin kaya istiflenmesi göz önüne alınarak uygun derinlikte kuyu ısı değiştiricileri ile ısı enerjisi depolama alanları olarak değerlendirilebileceği düşünülmektedir. Hesaplamalarda yeraltısuyu derinliği ve kayaların hidrolik iletkenliği göz önüne alınmamıştır. Cassaso, 2016 tarafından geliştirilen eşitlikte sürdürülebilir olması açısından ortalama q değeri 1 kWh/my alınmıştır. Isıtma ve soğutmadaki ortalama termal yük daha farklı olursa sonuçların değişebileceği göz önüne alınmalıdır. Her üç araştırmacıya göre Ankara ve İstanbul bölgesi için elde edilen ısıtma amaçlı ısı değişim potansiyelleri karşılaştırma haritaları EK 162 ve EK 163’de yer almaktadır.

Hesaplamalarda kullanılan ısı değişim potansiyeli kavramı tek bir kuyu ısı değiştiricisinden çekilebilecek ya da yeraltına gönderilebilecek ısı miktarını kapsamaktadır. Genel uygulamalarda ise yer altı Yer Kaynaklı Isı Pompalı sistemlerde ısı çekme ortamı olarak düşünülmekte, ısı depolama ortamı olarak düşünülmemektedir. Kuyu ısı değiştiricileri ile ısı enerjisi depolama uygulamalarında ise birden fazla kuyu ısı değiştiricisi birarada kullanılmaktadır. Dolayısı ile ısı enerjisi depolama uygulamasında diğer kuyular ile etkileşim olacağı, limit transfer akışkan sıcaklıklarının değişeceği ve birbiri ile etkileşiminin göz önüne alınması gerekmektedir.

6.2 Güncel Isıtma-Soğutma Isı Değişim Potansiyeli Hesaplama-Cassaso

6.2.1 Güncel ısıtma sezonu ısı değişim potansiyeli

Ankara bölgesi ısıtma sezonu 123 gün (2952 saat) kabul edilmektedir (MGM, 2018). Diğer yöntemlerden farklı olarak ısıtma ve soğutma dönemlerinde sürdürülebilir yer altı ısı değişimi için limit ısı transfer akışkan sıcaklıkları öngörülmektedir. Isıtma ve soğutma döneminde yeraltına enjekte edilecek limit sıcaklık sırasıyla 0 ve 24°C olarak kabul edilmiştir (Çizelge 6.4.).

İstanbul bölgesi için ısıtma sezonu 183 (4392 saat) gün olarak yapılan (Dünyaenerji, 2019) hesaplama Çizelge 6.5’de verilmektedir. İstanbul içerisinde bozulmamış yer sıcaklığı 17,6 °C olarak kabul edilmiş, limit ısı transfer akışkan sıcaklığı ısıtma için 0°C, soğutma için 24 °C olarak kabul edilmiştir. Ankara ve İstanbul için güncel ısıtma sezonu ısı değişim potansiyel haritası EK161 ve EK162’de verilmektedir.

İstanbul il alanı içinde ayrıca metakumtaşları içerisinde yer alan İller Bankası Ataşehir Bölge binası Yer Kaynaklı Isı Pompası sistemi için yapılan TIDT sonuçlarından elde edilen kuyu toplam termal iletkenlik (λ_{eff}) ve kuyu direnci (R_b) değerleri kullanılarak potansiyel hesaplaması yapılmıştır (Çizelge 6.6).

Çizelge 6.8 Ankara bölgesi güncel ısıtma süresi 123 gün-Cassaso yöntemi ısı değişim potansiyeli hesaplama sonuçları

Kuyu ısı değiştirici derinlik 100 m, bozulmamış yer sıcaklığı 13,6 °C kabul edilmiştir. Ankara ısıtma sezonu 123 gün kabul edilmiştir. Ankara il alanı yüzeylenen kaya türleri özellikleri					Cassaso vd., 2016	
					2952 saat	
Formasyonlar	Simge	Yaş	Egemen kaya birimleri	λ (W/mK)	QKID (MWh/y)	QKID (W)
Bozçaldağ Formasyonu	Pzb	Paleozoik	Mermer	2,243	8,75	999
Karbonifer yaşlı kireçtaşı	Ckb	Karbonifer	Kireçtaşı	2,243	8,65	988
Gökçekaya Metamorfitleri	PTkg	Permo-Triyas	Metakumtaşı	1,367	5,59	639
Emir Formasyonu	Tre	Erken Triyas	Şist	2,026	8,21	937
Elmadağ Formasyonu	Trel	Erken-Orta Geç Triyas	Metakumtaşı	1,367	5,59	639
Ortaköy Formasyonu	Tro	Orta-Üst Triyas	Kumtaşı	1,324	5,48	625
Mıhlıkaya Formasyonu	Tkm	Orta Triyas-Geç Kretase	Rekristalize kireçtaşı	2,243	8,77	1001
Keçikaya Formasyonu	TRk	Orta-Geç Triyas	Kireçtaşı	1,901	7,52	859
Hasanoğlan Formasyonu	Jh	Erken Jura	Kumtaşı	1,221	5,11	584
Günalan Formasyonu	Jg	Erken Jura-Alt Kretase	Kumtaşı	1,324	5,48	625
Bilecik Kireçtaşı	Jkb	Orta Jura-Alt Kretase	Kireçtaşı	1,336	5,58	636
Karadağ Formasyonu	Kk	Alt Kretase-Üst Kretase	Kumtaşı	1,324	5,48	625
Kuşkuş Formasyonu	Kku	Orta-Üst Kretase	Kireçtaşı	1,967	7,74	884
Yenipazar Formasyonu	Kye	Üst Kretase	Kumtaşı	1,324	5,48	625
Dereköy Ofiyolit Melanjı	Kd	Üst Kretase	Gabro	2,265	9,10	1038
Eldivan Ofiyolit Kompleksi	Ke	Üst Kretase	Serpantinit	2,267	8,46	966
Girdapdere Metaolistositromu	Kg	Üst Kretase	Metakumtaşı	1,367	5,59	639
Haymana Formasyonu	Kh	Üst Kretase	Kumtaşı	1,324	5,48	625
Ilıcınar Formasyonu	Kı	Üst Kretase	Kumtaşı	1,324	5,48	625
Malboğazı Formasyonu	Km	Üst Kretase	Kireçtaşı	1,967	7,74	884
Çiçekdağ Formasyonu	Kç	Üst Kretase	Diabaz	1,014	4,34	496
Hisarköy Formasyonu	Kkh	Üst Kretase	Kumtaşı	1,324	5,48	625
Orta Anadolu Granitoyitleri	Kog	Üst Kretase	Granit	1,159	5,21	595
Kuşkayatepe kireçtaşı Olistoliti	Tpdk	Üst Kretase	Kireçtaşı	1,967	7,74	884
Karahıdır volkanit üyesi	Khk	Üst Kretase-Alt Paleosen	Dasit	0,877	3,90	445

Çizelge 6.4 Ankara bölgesi güncel ısıtma süresi 123 gün-Cassaso yöntemi ısı değişim potansiyeli hesaplama sonuçları (devam)						
Kuyu ısı değiştirici derinlik 100 m, bozulmamış yer sıcaklığı 13,6 °C kabul edilmiştir. Ankara ısıtma sezonu 123 gün kabul edilmiştir. Ankara il alanı yüzeylenen kaya türleri özellikleri					Cassaso vd., 2016	
					2952 saat	
Formasyonlar	Simge	Yaş	Egemen kaya birimleri	λ (W/mK)	QKID (MWh/y)	QKID (W)
Sarıkaya Formasyonu	Tps	Üst Kretase-Paleosen	Andezit	1,389	5,72	653
Odundağtepe Volkaniti	Ktpo	Üst Kretase-Paleosen	Dasit	0,877	3,90	445
Yeşilyurt Formasyonu	Tpy	Paleosen	Kumtaşı	1,324	5,48	625
Kartal Formasyonu	Tpk	Alt Paleosen	Kumtaşı	1,660	6,64	758
Eskipolatlı Formasyonu	Te	Alt Paleosen	Kumtaşı	1,324	5,48	625
Beypazarı Granitoyidi	Tpbg	Paleosen	Granit	1,159	5,21	595
Çaldağ Formasyonu	Tpç	Paleosen	Kireçtaşı	1,967	7,74	884
Meyildere Volkaniti	Tpem	Üst Paleosen Alt Eosen	Andezit	1,389	5,72	653
Çataltepe Formasyonu	Teça	Alt Eosen	Kumtaşı	1,324	5,48	625
Safranbolu Formasyonu	Tes	Alt-Orta Eosen	Kireçtaşı	1,967	7,74	884
Alçı Formasyonu	Tea	Alt-Orta Eosen	Kumtaşı	1,324	5,48	625
Yeniköy Volkaniti	Teye	Eosen	Bazalt	1,008	4,42	505
Güvenç Formasyonu	Teg	Orta Eosen	Kumtaşı	1,324	5,48	625
Baraklı Formasyonu	Teb	Orta Eosen	Kumtaşı	1,324	5,48	625
Çayraz Formasyonu	Teç	Orta Eosen	Kumtaşı	1,324	5,48	625
Kocaçay Formasyonu	Teko	Orta Eosen	Kireçtaşı	1,967	7,74	884
Kurtsivrisi Volkaniti	Tz	Orta Eosen	Andezit	1,389	5,72	653
Abdüsselamdağı Volkanit Karmaşığı	Teab	Orta Eosen	Andezit	1,389	5,72	653
Gemiciköy Formasyonu	Temg	Üst Eosen- Erken Miyosen	Kumtaşı	1,324	5,48	625
Tepeköy Formasyonu	Tt	Oligosen	Kumtaşı	1,324	5,48	625
İncik Formasyonu	Toi	Üst Eosen- Oligosen	Kumtaşı	1,324	5,48	625
Tekke Volkaniti	Tet	Miyosen	Andezit	1,389	5,72	653
Tohumlar volkanitleri	Tmt	Alt Miyosen	Dasit	0,877	3,90	445
Yenice Volkanitleri	Tmy	Alt Miyosen	Dasit	0,877	3,90	445
Karacadağ Volkanitleri	Tmka	Alt Miyosen	Bazalt	1,008	4,42	505
Karasivri Volkaniti	Tmk	Alt Miyosen	Dasit	0,877	3,90	445
Kirazdağı volkaniti	Tmki	Alt Miyosen	Andezit	1,156	4,90	559

Çizelge 6.4 Ankara bölgesi güncel ısıtma süresi 123 gün-Cassaso yöntemi ısı değişim potansiyeli hesaplama sonuçları (devam)						
Kuyu ısı değiştirici derinlik 100 m, bozulmamış yer sıcaklığı 13,6 °C kabul edilmiştir. Ankara ısıtma sezonu 123 gün kabul edilmiştir. Ankara il alanı yüzeylenen kaya türleri özellikleri					Cassaso vd., 2016	
					2952 saat	
Formasyonlar	Simge	Yaş	Egemen kaya birimleri	λ (W/mK)	QKID (MWh/y)	QKID (W)
Hançılı Formasyonu	Tmh	Alt-Orta Miyosen	Kumtaşı	1,324	5,48	625
Ilıcadere Volkaniti	Tmı	Orta Miyosen	Andezit	1,058	4,54	518
Deveören Volkaniti	Tmd	Orta Miyosen	Dasit	0,877	3,90	445
Selametli Volkanitleri	Tms	Orta Miyosen	Bazalt	1,008	4,42	505
Uludere Piroklastikleri	Tmu	Alt-Orta Miyosen	Andezit	1,389	5,72	653
Ürgüp Formasyonu	Tmü	Orta-Üst Miyosen	Kumtaşı	1,324	5,48	625
Kumartaş Formasyonu	Tmku	Alt-Üst Miyosen	Kumtaşı	1,668	6,67	761
Kalecik volkaniti	Tmkl	Üst Miyosen	Dasit	0,877	3,90	445
Sarıoba Formasyonu	Tmsg	Üst Miyosen	Kumtaşı	0,852	3,77	430
Kırmızıbayır Formasyonu	Tmkı	Üst Miyosen	Çamurtaşı	0,993	4,31	492
Bakacaktepe Volkaniti	Tmbv	Üst Miyosen	Andezit	1,953	7,65	873
Kızılırmak Formasyonu	Tkız	Üst Miyosen	Çamurtaşı	0,993	4,31	492
Oğulbey Dasiti	To	Üst Miyosen	Dasit	0,877	3,90	445
İnsuyu Formasyonu	Tmi	Üst miyosen	Kireçtaşı	1,967	7,74	884
Bozdağ Bazaltı	Tb	Üst Miyosen Pliyosen	Bazalt	1,008	4,42	505
Bozkır Formasyonu	Tplb	Pliyosen	Jips	0,365	1,88	215
Gölbaşı Formasyonu	Tg	Pliyosen	Kumtaşı	1,221	5,11	584
Karaahmet Formasyonu	TplQ	Üst Pliyosen-Alt Pleyistosen	Silttaşı	1,723	6,94	793
Traverten	Qtr	Kuvaterner	Traverten	1,765	7,00	799
Alüvyon	Qal	Kuvaterner	Alüvyon	1,155	4,62	527

Çizelge 6.9 İstanbul bölgesi güncel ısıtma süresi 183 gün-Cassaso yöntemi ısı değişim potansiyeli hesaplama sonuçları

Kuyu ısı değiştirici derinlik 100 m, bozulmamış yer sıcaklığı 17,6 °C, İstanbul ısıtma sezonu 183 gün kabul edilmiştir. İstanbul il alanı yüzeylenen kaya türleri özellikleri					4392 saat	
Formasyonlar	Simge	Yaş	Egemen kaya birimi	λ (W/mK)	QKID MWh/y	QKID (W)
Tekedere Form.	Pt	Permien	Şist	2,849	19,14	2184
Sivriler Metagranitoid	Pks	Permien	Granodiyorit	2,201	14,55	1661
Şeytandere Metagraniti	Pkş	Permien	Granit	3,049	20,54	2345
Kızılağaç Metagraniti	Pkk	Permien	Ayrılmış granit	0,240	2,06	235
Çiftlik Kuvarsiti	PTrkç	Permien-Alt Triyas	Kuvarsit	5,252	31,88	3640
Mahya Şisti	PTrkcm	Permien-Alt Triyas	Klorit şist	2,849	19,14	2184
Rampana Kuvarşisti	PTrkcr	Permien-Alt Triyas	Klorit şist	2,849	19,14	2184
Kestanelik Form.	PTrkcrk	Permien-Alt Triyas	Metakumtaşı	1,760	12,12	1383
Şermat Kuvarsiti	PTrkç	Permien-Alt Triyas	Kuvarsit	5,252	31,88	3640
Serves Metagrovağı	PTrkks	Permien-Alt Triyas	Metakumtaşı	1,760	12,12	1383
Demirköy Sokulumu	Kd	Kretase	Granit	3,049	20,54	2345
Kontakt Zonu	Km	Üst Kretase-Daniyen	Ayrılmış granit	0,240	20,54	2345
Kocatöngel Form.	Opkc	Alt Ordovisiyen	Kiltaşı	1,086	8,07	921
Kurtköy Form.	Opk	Silüriyen	Kumtaşı	1,048	7,79	889
Kınalıada Form.	Ok	Alt Ordovisiyen	Kumtaşı	1,429	10,18	1162
Aydos Form.	Osa	Üst Ordovisiyen	Kuvarsit	5,252	31,88	3640
Yaylalar Form.	Osy	Üst Ordovisiyen	Kumtaşı	1,429	10,18	1162
Yaylalar Form. Gözdağ Üyesi	Osyg	Üst Ordovisiyen	Kumtaşı	1,429	10,18	1162
Yaylalar Form. Şeyhli Üyesi	Osyş	Üst Ordovisiyen	Kumtaşı	1,429	10,18	1162
Pelitli Form	SDp	Üst silüriyen-Alt Devonien	Kireçtaşı	2,293	15,43	1761
Pendik Form.	Dp	Üst Silüriyen-orta Devonien	Killi kırıntılı birimler	1,086	7,63	871
Denizliköy Form.	DCd	Orta-Üst Devonien Alt Karbonifer	Kireçtaşı	2,205	14,92	1703
Trakya Form.	Ct	Alt karbonifer	Kumtaşı	1,429	10,18	1162
Sancaktepe Graniti	Ps	Permien	Granit	3,049	20,54	2345
Kapaklı Form.	PTrk	Permien Alt Triyas	Kumtaşı	1,429	10,18	1162
Ballıkaya grubu	TRgb	Alt-orta triyas	Kireçtaşı	2,262	15,25	1741
Bakırlıkıran Form.	TRgbk	Üst Triyas	Kumtaşı	1,429	10,18	1162
Demirci Grubu	Trgd	Alt-orta triyas	Kireçtaşı	2,262	15,25	1741
Erikli Grubu	Trge	Alt Triyas	Kumtaşı	1,429	10,18	1162
Tepecik Grubu	TRgt	Üst Triyas	Kireçtaşı	2,262	15,25	1741
Bozhane Form.	Ksb	Üst Kretase	Kumtaşı	1,429	10,18	1162
Garipçe Form.	Ksg	Üst Kretase	Volkanoklastik k-piroklastik	0,960	6,51	743

Çizelge 6.5 İstanbul bölgesi güncel ısıtma süresi 183 gün-Cassaso yöntemi ısı değişim potansiyeli hesaplama sonuçları (devam)

Kuyu ısı değiştirici derinlik 100 m, bozulmamış yer sıcaklığı 17,6 °C, İstanbul ısıtma sezonu 183 gün kabul edilmiştir. İstanbul il alanı yüzeylenen kaya türleri özellikleri					4392 saat	
Formasyonlar	Simge	Yaş	Egemen kaya birimi	λ (W/mK)	QKID MWh/y	QKID (W)
Çavuşbaşı graniti	Kç	Üst Kretase-Daniyen	Ayrılmış Granit	0,240	2,37	270
Akveren Form.	Kta	Üst Kretase-Alt Tersiyer	Kireçtaşı	2,529	16,79	1916
Ozantepe Volkaniti	Kto	Üst Kretase Alt Tersiyer	Dasit	0,939	7,15	816
Yakacık Magmatik Kompleksi	Kty	Üst Kretase Alt Tersiyer	Diyorit-Granodiyorit	2,201	14,55	1661
Şile Form.	Tş	Üst Paleosen-Alt eosen	Kiltaşı	1,086	8,07	921
Yunuslıbayır Form.	Ty	Orta Eosen	Kumtaşı	1,429	10,18	1162
Koyunbaba Form.	Tk	Orta Üst Eosen	Kumtaşı	1,429	10,18	1162
Soğucak Form.	Tsg	Orta Üst Eosen	Kireçtaşı	2,133	14,44	1648
Ceylan Form.	Tc	Üst Eosen Oligosen	Marn killi kireçtaşı	1,215	8,83	1007
Ceylan Form.-Balıkköy üyesi	Tcb	Üst Eosen Oligosen	Kumtaşı	0,536	4,37	499
Ceylan Form.-Yassıören üyesi	Tcy	Üst Eosen Oligosen	Kireçtaşı	1,559	11,07	1264
Ceylan Form.-Kızılcaali Tüf üyesi	Tck	Üst Eosen Oligosen	Tüf	0,388	2,95	336
PınarhisarForm.	Tp	Alt Oligosen	Kireçtaşı	2,205	14,92	1703
Danişmen Form.-Ağaçlı üyesi	Tda	Orta Oligosen Alt Miyosen	Kum çakıl	1,170	8,15	930
Danişmen Form.-Çantaköy üyesi	Tdç	Orta Oligosen Alt Miyosen	Tüf	0,388	2,95	336
Danişmen Form.-Gürpınar üyesi	Tdg	Orta Oligosen Alt Miyosen	Kiltaşı	1,562	11,04	1260
Danişmen Form.-Süloğlu şeyl üyesi	Tds	Orta Oligosen Alt Miyosen	Kiltaşı	1,562	11,04	1260
Danişmen Form.-Sinekli üyesi	Tdsi	Orta Oligosen Alt Miyosen	Kumtaşı	1,429	10,18	1162
Danişmen Form.-silivri üyesi	Tdsl	Orta Oligosen Alt Miyosen	Kumtaşı	1,429	10,18	1162
İstanbul Form.-Kıraç Üyesi	Tik	Üst Oligosen-Alt-Orta Miyosen	Çakıl, kum, kil	0,702	5,22	596
İstanbul Form.-Kayalıtepe Üyesi	Tiky	Üst Oligosen-Alt-Orta Miyosen	Kumtaşı	4,300	26,19	2990
İstanbul Form.-Meşetepe Üyesi	Tim	Üst Oligosen-Alt-Orta Miyosen	Kil	0,702	5,22	596
Çekmece Form.-Bakırköy üyesi	Tçb	Üst Miyosen-Pliyosen	Killi kireçtaşı	1,215	8,83	1007
Çekmece Form.-Çukurçeşme üyesi	Tçç	Üst Miyosen-Pliyosen	Kaba kum çakıl	1,170	8,15	930
Çekmece Form.-Güngören üyesi	Tçg	Üst Miyosen-Pliyosen	Kireçtaşı, kil ara katkılı	2,205	14,92	1703
Sultanbeyli Form.	Ts	Üst Miyosen-Pliyosen	Kum çakıl kil	1,170	8,15	930
Kuşdili Form.	Qkş	Holosen	Kum çakıl, kil	1,170	8,15	930

Çizelge 6.6 İstanbul TIDT sonuçlarına göre Cassaso, 2016 yöntemi

Kuyu No	λ^{eff} (W/mK)	T_0 (°C)	Rb	QKID (MWh/y)	QKID (W)
K1	4,5	17,6	0,12	18,73	2138
K21	2,8	17,6	0,04	19,23	2195

6.2.2 Güncel soğutma değişim potansiyeli

Ankara bölgesi soğutma sezonu 76 gün (1824 saat) olarak kabul edilmektedir. Bu süre boyunca soğutma döneminde yeraltına ısı enerjisi aktarılmaktadır. Sürdürülebilir ısı değişiminin sağlanması açısından ısı transfer akışkan limit sıcaklığı 24 °C olarak kabul edilmiştir. Hesaplama sonuçları Çizelge 6.7. de verilmektedir.

İstanbul bölgesi için soğutma sezonu 90 gün (2160 saat) olarak kabul edilerek Ankara bölgesine benzer olarak ısı transfer akışkan limit sıcaklığı 24 °C olarak kabul edilmiştir. Hesaplama sonuçları Çizelge 6.8. de verilmektedir. Ankara ve İstanbul için soğutma ısı değişim potansiyel haritası EK161 ve EK162’de verilmektedir.

Çizelge 6.7 Ankara bölgesi güncel soğutma sezonu ısı değişim potansiyeli

Kuyu ısı değiştirici derinlik 100 m, bozulmamış yer sıcaklığı 13,6 °C kabul edilmiştir. Ankara soğutma sezonu 76 gün kabul edilmiştir. Ankara il alanı yüzeylenen kaya türleri özellikleri					Cassaso vd., 2016	
					1824 saat	
Formasyonlar	Simge	Yaş	Egemen kaya birimleri	λ (W/mK)	QKID (MWh/y)	QKID (W)
Bozçaldağ Formasyonu	Pzb	Paleozoik	Mermer	2,243	-4,61	-526
Karbonifer yaşlı kireçtaşı	Ckb	Karbonifer	Kireçtaşı	2,243	-4,55	-520
Gökçekaya Metamorfikleri	PTkg	Permo-Triyas	Metakumtaşı	1,367	-2,96	-338
Emir Formasyonu	Tre	Erken Triyas	Şist	2,026	-4,34	-495
Elmadağ Formasyonu	Trel	Erken-Orta Geç Triyas	Metakumtaşı	1,367	-2,96	-338
Ortaköy Formasyonu	Tro	Orta-Üst Triyas	Kumtaşı	1,324	-2,90	-332
Mıhlıkaya Formasyonu	Tkm	Orta Triyas-Geç Kretase	Rekristalize kireçtaşı	2,243	-4,62	-527
Keçikaya Formasyonu	TRk	Orta-Geç Triyas	Kireçtaşı	1,901	-3,97	-453
Hasanoğlu Formasyonu	Jh	Erken Jura	Kumtaşı	1,221	-2,71	-310
Günalan Formasyonu	Jg	Erken Jura-Alt Kretase	Kumtaşı	1,324	-2,90	-332

Çizelge 6.7 Ankara bölgesi güncel soğutma sezonu ısı değişim potansiyeli (devam)						
Kuyu ısı değiştirici derinlik 100 m, bozulmamış yer sıcaklığı 13,6 °C kabul edilmiştir. Ankara soğutma sezonu 76 gün kabul edilmiştir. Ankara il alanı yüzeylenen kaya türleri özellikleri					Cassaso vd., 2016	
					1824 saat	
Formasyonlar	Simge	Yaş	Egemen kaya birimleri	λ (W/mK)	QKID (MWh/y)	QKID (W)
Bilecik Kireçtaşı	Jkb	Orta Jura-Alt Kretase	Kireçtaşı	1,336	-2,96	-338
Karadağ Formasyonu	Kk	Alt Kretase-Üst Kretase	Kumtaşı	1,324	-2,90	-332
Kuşkuş Formasyonu	Kku	Orta-Üst Kretase	Kireçtaşı	1,967	-4,08	-466
Yenipazar Formasyonu	Kye	Üst Kretase	Kumtaşı	1,324	-2,90	-332
Dereköy Ofiyolit Melanjı	Kd	Üst Kretase	Gabro	2,265	-4,81	-549
Eldivan Ofiyolit Kompleksi	Ke	Üst Kretase	Serpantinit	2,267	-4,44	-506
Girdapdere Metaolistositromu	Kg	Üst Kretase	Metakumtaşı	1,367	-2,96	-338
Haymana Formasyonu	Kh	Üst Kretase	Kumtaşı	1,324	-2,90	-332
Ilıcınar Formasyonu	Kı	Üst Kretase	Kumtaşı	1,324	-2,90	-332
Malboğazi Formasyonu	Km	Üst Kretase	Kireçtaşı	1,967	-4,08	-466
Çiçekdağ Formasyonu	Kç	Üst Kretase	Diabaz	1,014	-2,31	-264
Hisarköy Formasyonu	Kkh	Üst Kretase	Kumtaşı	1,324	-2,90	-332
Orta Anadolu Granitoyitleri	Kog	Üst Kretase	Granit	1,159	-2,79	-318
Kuşkayatepe kireçtaşı Olistoliti	Tpdk	Üst Kretase	Kireçtaşı	1,967	-4,08	-466
Karahıdır volkanit üyesi	Khk	Üst kretase-Erken Paleosen	Dasit	0,877	-2,08	-238
Sarıkaya Formasyonu	Tps	Üst Kretase-Paleosen	Andezit	1,389	-3,03	-346
Odundağitepe Volkaniti	Ktpo	Üst Kretase-Paleosen	Dasit	0,877	-2,08	-238
Yeşilyurt Formasyonu	Tpy	Paleosen	Kumtaşı	1,324	-2,90	-332
Kartal Formasyonu	Tpk	Alt Paleosen	Kumtaşı	1,660	-3,51	-400
Eskipolatlı Formasyonu	Te	Alt Paleosen	Kumtaşı	1,324	-2,90	-332
Beypazarı Granitoyidi	Tpbg	Paleosen	Granit	1,159	-2,79	-318
Çaldağ Formasyonu	Tpç	Paleosen	Kireçtaşı	1,967	-4,08	-466

Çizelge 6.7 Ankara bölgesi güncel soğutma sezonu ısı değişim potansiyeli (devam)						
Kuyu ısı değiştirici derinlik 100 m, bozulmamış yer sıcaklığı 13,6 °C kabul edilmiştir. Ankara soğutma sezonu 76 gün kabul edilmiştir. Ankara il alanı yüzeylenen kaya türleri özellikleri				Cassaso vd., 2016		
				1824 saat		
Formasyonlar	Simge	Yaş	Egemen kaya birimleri	λ (W/mK)	QKID (MWh/y)	QKID (W)
Meyildere Volkaniti	Tpem	Üst Paleosen Alt Eosen	Andezit	1,389	-3,03	-346
Çataltepe Formasyonu	Teça	Alt Eosen	Kumtaşı	1,324	-2,90	-332
Safranbolu Formasyonu	Tes	Alt-Orta Eosen	Kireçtaşı	1,967	-4,08	-466
Alçı Formasyonu	Tea	Alt-Orta Eosen	Kumtaşı	1,324	-2,90	-332
Yeniköy Volkaniti	Teye	Eosen	Bazalt	1,008	-2,36	-269
Güvenç Formasyonu	Teg	Orta Eosen	Kumtaşı	1,324	-2,90	-332
Baraklı Formasyonu	Teb	Orta Eosen	Kumtaşı	1,324	-2,90	-332
Çayraz Formasyonu	Teç	Orta Eosen	Kumtaşı	1,324	-2,90	-332
Kocaçay Formasyonu	Teko	Orta Eosen	Kireçtaşı	1,967	-4,08	-466
Kurtsivrisi Volkaniti	Tz	Orta Eosen	Andezit	1,389	-3,03	-346
Abdüsselamdağı Volkanit Karmaşığı	Teab	Orta Eosen	Andezit	1,389	-3,03	-346
Gemiciköy Formasyonu	Temg	Üst Eosen-Alt Miyosen	Kumtaşı	1,324	-2,90	-332
Tepeköy Formasyonu	Tt	Oligosen	Kumtaşı	1,324	-2,90	-332
İncik Formasyonu	Toi	Üst Eosen-Oligosen	Kumtaşı	1,324	-2,90	-332
Tekke Volkaniti	Tet	Miyosen	Andezit	1,389	-3,03	-346
Tohumlar volkanitleri	Tmt	Alt Miyosen	Dasit	0,877	-2,08	-238
Yenice Volkanitleri	Tmy	Alt Miyosen	Dasit	0,877	-2,08	-238
Karacadağ Volkanitleri	Tmka	Alt Miyosen	Bazalt	1,008	-2,36	-269
Karasivri Volkaniti	Tmk	Alt Miyosen	Dasit	0,877	-2,08	-238
Kirazdağı volkaniti	Tmki	Alt Miyosen	Andezit	1,156	-2,60	-297
Hançılı Formasyonu	Tmh	Alt-Orta Miyosen	Kumtaşı	1,324	-2,90	-332
Ilıcadere Volkaniti	Tmı	Orta Miyosen	Andezit	1,058	-2,42	-276
Deveören Volkaniti	Tmd	Orta Miyosen	Dasit	0,877	-2,08	-238
Selametli Volkanitleri	Tms	Orta Miyosen	Bazalt	1,008	-2,36	-269
Uludere Piroklastikleri	Tmu	Alt-Orta Miyosen	Andezit	1,389	-3,03	-346
Ürgüp Formasyonu	Tmü	Orta-Üst Miyosen	Kumtaşı	1,324	-2,90	-332

Çizelge 6.7 Ankara bölgesi güncel soğutma sezonu ısı değişim potansiyeli (devam)						
Kuyu ısı değiştirici derinlik 100 m, bozulmamış yer sıcaklığı 13,6 °C kabul edilmiştir. Ankara soğutma sezonu 76 gün kabul edilmiştir. Ankara il alanı yüzeylenen kaya türleri özellikleri					Cassaso vd., 2016	
					1824 saat	
Formasyonlar	Simge	Yaş	Egemen kaya birimleri	λ (W/mK)	QKID (MWh/y)	QKID (W)
Kumartaş Formasyonu	Tmku	Alt-Üst Miyosen	Kumtaş	1,668	-3,52	-402
Kalecik volkaniti	Tmkl	Üst Miyosen	Dasit	0,877	-2,08	-238
Sarıoba Formasyonu	Tmsg	Üst Miyosen	Kumtaş	0,852	-2,01	-230
Kırmızıbayır Formasyonu	Tmkı	Üst Miyosen	Çamurtaş	0,993	-2,30	-262
Bakacaktepe Volkaniti	Tmbv	Üst Miyosen	Andezit	1,953	-4,03	-460
Kızılırmak Formasyonu	Tkız	Üst Miyosen	Çamurtaş	0,993	-2,30	-262
Oğulbey Dasiti	To	Üst Miyosen	Dasit	0,877	-2,08	-238
İnsuyu Formasyonu	Tmi	Üst miyosen	Kireçtaş	1,967	-4,08	-466
Bozdağ Bazaltı	Tb	Üst Miyosen-Pliyosen	Bazalt	1,008	-2,36	-269
Bozkır Formasyonu	Tplb	Pliyosen	Jips	0,365	-1,02	-117
Gölbaşı Formasyonu	Tg	Pliyosen	Kumtaş	1,221	-2,71	-310
Karaahmet Formasyonu	TplQ	Üst Pliyosen-Alt Pleyistosen	Silttaş	1,723	-3,67	-419
Traverten	Qtr	Kuvaterner	Traverten	1,765	-3,69	-422
Alüvyon	Qal	Kuvaterner	Alüvyon	1,155	-2,44	-278

Çizelge 6.8 İstanbul bölgesi soğutma ısı değişim potansiyeli

Kuyu ısı değiştirici derinlik 100 m, bozulmamış yer sıcaklığı 17,6 °C kabul edilmiştir.					2160 saat (90 gün)	
Formasyonlar	Simge	Yaş	Egemen kaya birimi	λ (W/mK)	QKID (MWh/y)	QKID (W)
Tekedere Form.	Pt	Permiyen	Şist	2,849	-4,04	-461
Sivrilere Metagranitoid	Pks	Permiyen	Granodiyorit	2,201	-3,06	-350
Şeytandere Metagraniti	Pkş	Permiyen	Granit	3,049	-4,34	-495
Kızılağaç Metagraniti	Pkk	Permiyen	Ayrışmış granit	0,240	-0,45	-52
Çiftlik Kuvarsiti	Ptrkcç	Permiyen-Alt Triyas	Kuvarsit	5,252	-6,62	-756
Mahya Şisti	PTrkcm	Permiyen-Alt Triyas	Klorit şist	2,849	-4,04	-461
Rampana Kuvarşisti	PTrkcr	Permiyen-Alt Triyas	Klorit şist	2,849	-4,04	-461
Kestanelik Form.	PTrkcrk	Permiyen-Alt Triyas	Metakumtaş	1,760	-2,57	-293

Çizelge 6.8 İstanbul bölgesi soğutma ısı değişim potansiyeli (devam)						
Kuyu ısı değiştirici derinlik 100 m, bozulmamış yer sıcaklığı 17,6 °C kabul edilmiştir.					2160 saat (90 gün)	
Formasyonlar	Simge	Yaş	Egemen kaya birimi	λ (W/mK)	QKID (MWh/y)	QKID (W)
Şermat Kuvarsiti	PTrkçş	Permiyen-Alt Triyas	Kuvarsit	5,252	-6,62	-756
Serves Metagrovağı	PTrkks	Permiyen-Alt Triyas	Metakumtaşı	1,760	-2,57	-293
Demirköy Sokulumu	Kd	Kretase	Granit	3,049	-4,34	-495
Kontakt Zonu	Km	Üst Kretase-Daniyen	Ayrışmış granit	0,240	-4,34	-495
Kocatöngel Form.	Opkc	Alt Ordovisiyen	Kiltaşı	1,086	-1,73	-198
Kurtköy Form.	Opk	Silüriyen	Kumtaşı	1,048	-1,67	-191
Kınalıada Form.	Ok	Alt Ordovisiyen	Kumtaşı	1,429	-2,17	-248
Aydos Form.	Osa	Üst Ordovisiyen	Kuvarsit	5,252	-6,62	-756
Yaylalar Form.	Osy	Üst Ordovisiyen	Kumtaşı	1,429	-2,17	-248
Yaylalar Form. Gözdağ Üyesi	Osyg	Üst Ordovisiyen	Kumtaşı	1,429	-2,17	-248
Yaylalar Form. Şeyhli Üyesi	Osyş	Üst Ordovisiyen	Kumtaşı	1,429	-2,17	-248
Pelitli Form	SDp	Üst silüriyen-Alt Devoniyen	Kireçtaşı	2,293	-3,26	-372
Pendik Form.	Dp	Üst Silüriyen-orta Devoniyen	Killi kırıntılı birimler	1,086	-1,62	-185
Denizliköy Form.	DCd	Orta-Üst Devoniyen Alt Karbonifer	Kireçtaşı	2,205	-3,15	-360
Trakya Form.	Ct	Alt karbonifer	Kumtaşı	1,429	-2,17	-248
Sancaktepe Graniti	Ps	Permiyen	Granit	3,049	-4,34	-495
Kapaklı Form.	PTrk	Permiyen Alt Triyas	Kumtaşı	1,429	-2,17	-248
Ballıkaya grubu	TRgb	Alt-orta triyas	Kireçtaşı	2,262	-3,22	-368
Bakırlıkıran Form.	TRgbk	Üst Triyas	Kumtaşı	1,429	-2,17	-248
Demirci Grubu	Trgd	Alt-orta triyas	Kireçtaşı	2,262	-3,22	-368
Erikli Grubu	Trge	Alt Triyas	Kumtaşı	1,429	-2,17	-248
Tepecik Grubu	TRgt	Üst Triyas	Kireçtaşı	2,262	-3,22	-368
Bozhane Form.	Ksb	Üst Kretase	Kumtaşı	1,429	-2,17	-248
Garipçe Form.	Ksg	Üst Kretase	Volkanoklastik-piroklastik	0,960	-1,38	-157
Çavuşbaşı graniti	Kç	Üst Kretase-Daniyen	Ayrışmış Granit	0,240	-0,54	-62
Akveren Form.	Kta	Üst Kretase-Alt Tersiyer	Kireçtaşı	2,529	-3,54	-404
Ozantepe Volkaniti	Kto	Üst Kretase Alt Tersiyer	Dasit	0,939	-1,54	-176
Yakacık Magmatik Kompleksi	Kty	Üst Kretase Alt Tersiyer	Diyorit-Granodiyorit	2,201	-3,06	-350
Şile Form.	Tş	Üst Paleosen-Alt eosen	Kiltaşı	1,086	-1,73	-198
Yunuslıbayır Form.	Ty	Orta Eosen	Kumtaşı	1,429	-2,17	-248
Koyunbaba Form.	Tk	Orta Üst Eosen	Kumtaşı	1,429	-2,17	-248
Soğucak Form.	Tsğ	Orta Üst Eosen	Kireçtaşı	2,133	-3,05	-348

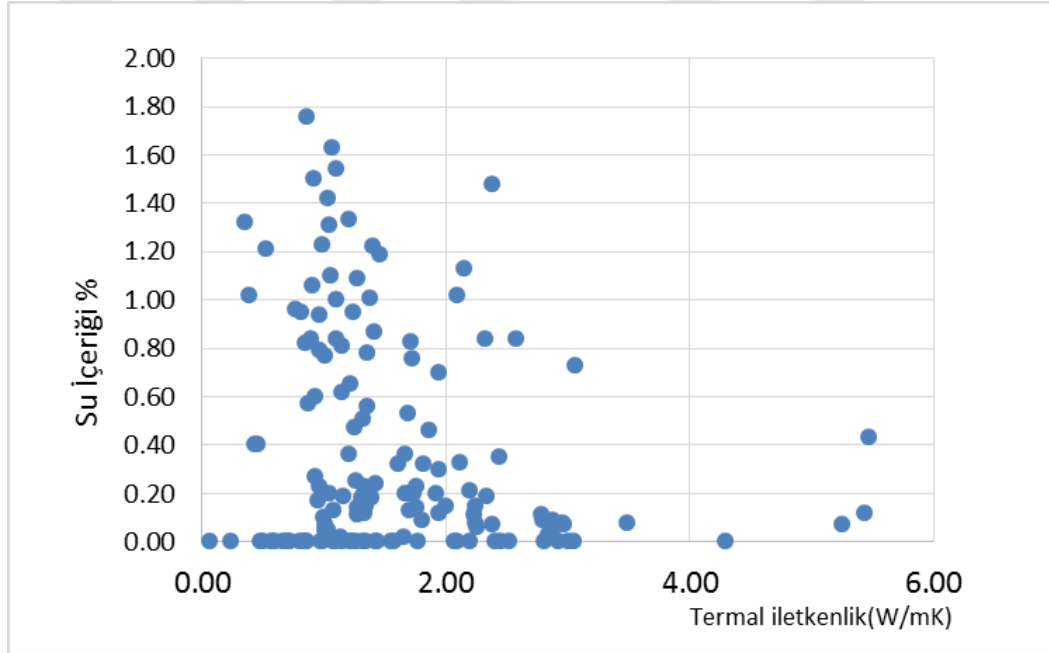
Çizelge 6.8 İstanbul bölgesi soğutma ısı değişim potansiyeli (devam)						
Kuyu ısı değiştirici derinlik 100 m, bozulmamış yer sıcaklığı 17,6 °C kabul edilmiştir.					2160 saat (90 gün)	
Formasyonlar	Simge	Yaş	Egemen kaya birimi	λ (W/mK)	QKID (MWh/y)	QKID (W)
Ceylan Form.	Tc	Üst Eosen Oligosen	Marn killi kireçtaşı	1,215	-1,89	-215
Ceylan Form.-Balıkkoyu üyesi	Tcb	Üst Eosen Oligosen	Kumtaşı	0,536	-0,95	-109
Ceylan Form.-Yassıören üyesi	Tcy	Üst Eosen Oligosen	Kireçtaşı	1,559	-2,36	-269
Ceylan Form.-Kızılcaali Tüf üyesi	Tck	Üst Eosen Oligosen	Tüf	0,388	-0,64	-73
PınarhisarForm.	Tp	Alt Oligosen	Kireçtaşı	2,205	-3,15	-360
Danişmen Form.-Ağaçlı üyesi	Tda	Orta Oligosen Alt Miyosen	Kum çakıl	1,170	-1,73	-197
Danişmen Form.-Çantaköy üyesi	Tdç	Orta Oligosen Alt Miyosen	Tüf	0,388	-0,64	-73
Danişmen Form.-Gürpınar üyesi	Tdg	Orta Oligosen Alt Miyosen	Kiltaşı	1,562	-2,35	-268
Danişmen Form.-Süloğlu şeyl üyesi	Tds	Orta Oligosen Alt Miyosen	Kiltaşı	1,562	-2,35	-268
Danişmen Form.-Sinekli üyesi	Tdsi	Orta Oligosen Alt Miyosen	Kumtaşı	1,429	-2,17	-248
Danişmen Form.-silivri üyesi	Tdsl	Orta Oligosen Alt Miyosen	Kumtaşı	1,429	-2,17	-248
İstanbul Form.-Kıraç Üyesi	Tik	Üst Oligosen-Alt-Orta Miyosen	Çakıl, kum, kil	0,702	-1,12	-128
İstanbul Form.-Kayalıtepe Üyesi	Tiky	Üst Oligosen-Alt-Orta Miyosen	Kumtaşı	4,300	-5,45	-622
İstanbul Form.-Meşetepe Üyesi	Tim	Üst Oligosen-Alt-Orta Miyosen	Kil	0,702	-1,12	-128
Çekmece Form.-Bakırköy üyesi	Tçb	Üst Miyosen-Pliyosen	Killi kireçtaşı	1,215	-1,89	-215
Çekmece Form.-Çukurçeşme üyesi	Tçç	Üst Miyosen-Pliyosen	Kaba kum çakıl	1,170	-1,73	-197
Çekmece Form.-Güngören üyesi	Tçg	Üst Miyosen-Pliyosen	Kireçtaşı, kil ara katkılı	2,205	-3,15	-360
Sultanbeyli Form.	Ts	Üst Miyosen-Pliyosen	Kum çakıl kil	1,170	-1,73	-197
Kuşdili Form.	Qkş	Holosen	Kum çakıl, kil	1,170	4,76	543
Alüvyon	Qal	Kuvaterner	Kum çakıl kil	1,155	-1,70	-194

7. TARTIŞMA

7.1 Kaya Termal İletkenliği ile Su İçeriği ve Yoğunluk Arasındaki İlişkiler

7.1.1 Su içeriği

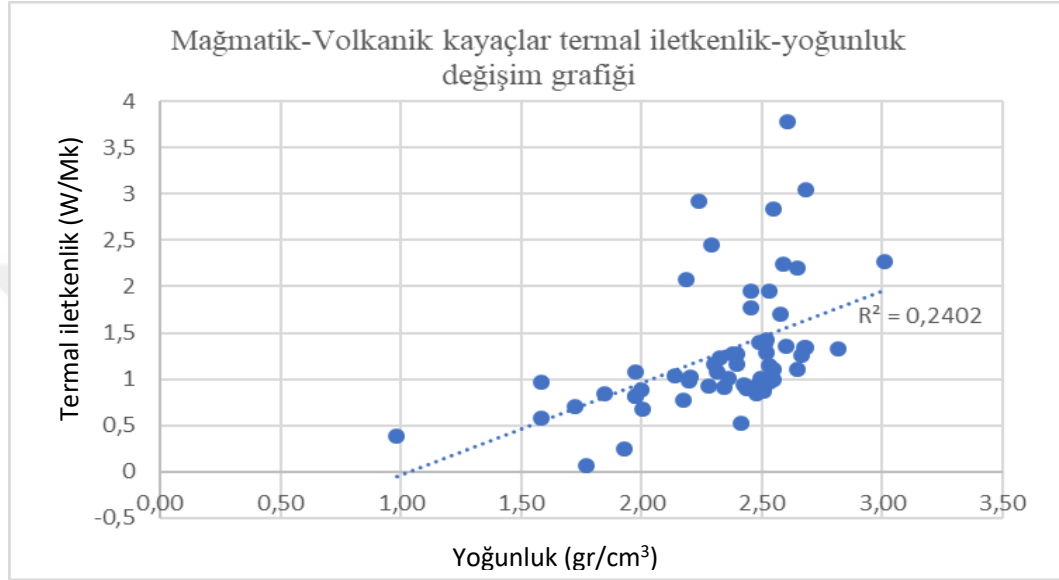
Termal iletkenlik genellikle birinci derecede kayacın mineral bileşiminden etkilenmekle birlikte su içeriği, gözeneklilik, basınç, kırık ve çatlaklılık, kırık ve çatlaklardaki dolgu türüne bağlı olarak değişmektedir (Nagaraju ve Roy 2104). Metamorfik, sedimanter ve magmatik kayalarda gözeneklilik oranı 1% den küçük olması durumunda kuru ve suya doymun örneklerde elde edilen termal iletkenlik değerlerinin değişiminin çok az olması nedeniyle ihmal edilebilmektedir (Nagaraju ve Roy 2104). Çalışma alanlarından termal iletkenliklerini ölçmek amacı ile alınan örneklerde su içeriği ölçümleri yapılmıştır. Su içeriği genel olarak yüzde 0,08 ile 1,6 değerleri arasında değişmektedir (Şekil 7.1). Kaya numunelerinin yüzeyden alınması nedeniyle su içerikleri düşük bulunmuştur. Ancak hesaplamalarda derinlik artışı ile birlikte su içeriğinin artacağı göz önünde bulundurulmalıdır.



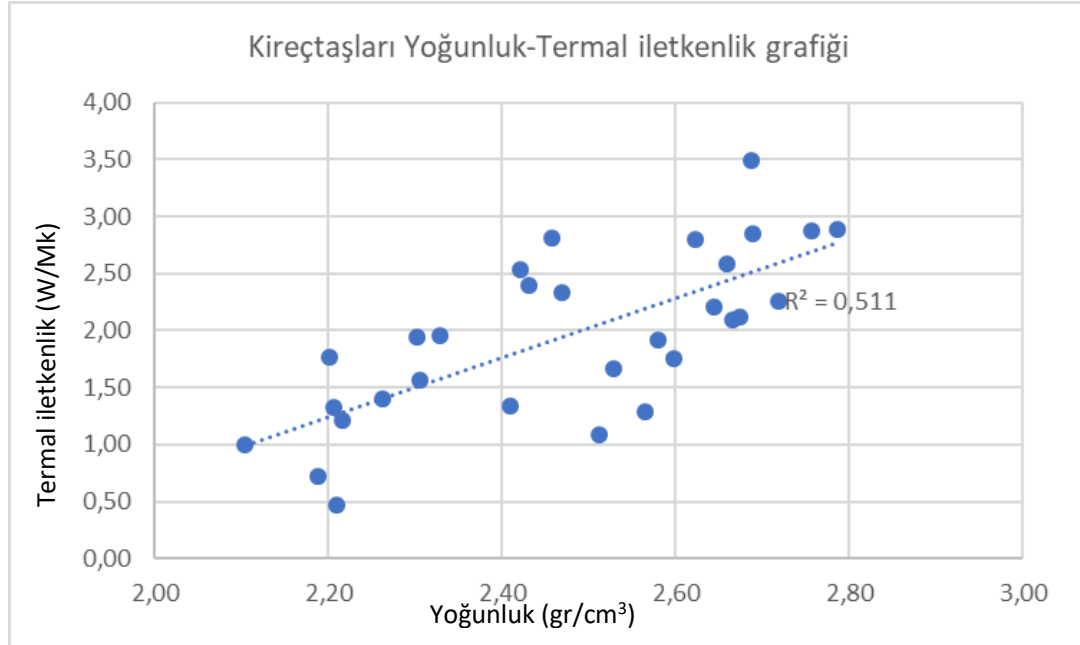
Şekil 7.1 Araziden alınan örneklerin su içeriği-termal iletkenlik dağılım grafiği

7.1.2 Yoğunluk

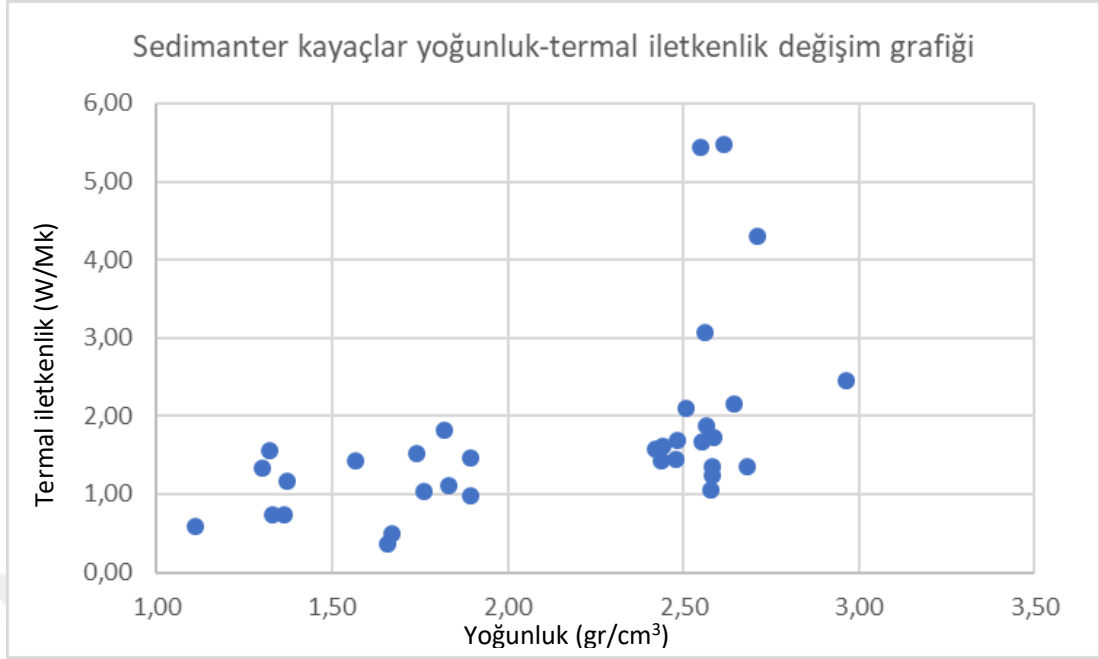
Tez çalışması sırasında araziden alınan kaya örneklerinde yapılan yoğunluk ve termal iletkenlik ölçüm sonuçları kaya gruplarına bağlı olarak karşılaştırılmıştır (Şekil 7.2, 7.3 ve 7.4). kayaçlarda termal iletkenlik ve yoğunluk ölçümleri arasında doğrusal bir ilişki elde edilememiştir.



Şekil 7.2 Magmatik- kayalar termal iletkenlik-yoğunluk değişim grafiği



Şekil 7.3 Kireçtaşları termal iletkenlik-yoğunluk değişim grafiği



Şekil 7.4 Sedimanter kayalar termal iletkenlik-yoğunluk değişim grafiği

7.2 Kaya Termal İletkenlik ile Mineralojik-Petrografik Özellikler Arasındaki İlişkiler

Her biri kaya grubu kendi içerisinde farklı sınıflama özelliklerine bağlı olarak gruplanmış olup mineralojik özellikleri ile dokusal özellikler açısından karşılaştırılarak incelenmiştir. Mikroskop incelemelerinde kaya termal iletkenlik değerleri ile doku tipi, matriks ve fenokristal oranı, bozunma tipi, boşluk oranı ve kuvars içeriği göz önüne alınmıştır. Buna göre optik mikroskopta çekilen fotoğrafları ile birlikte dokusal özelliklerini içeren Çizelgeler oluşturulmuştur

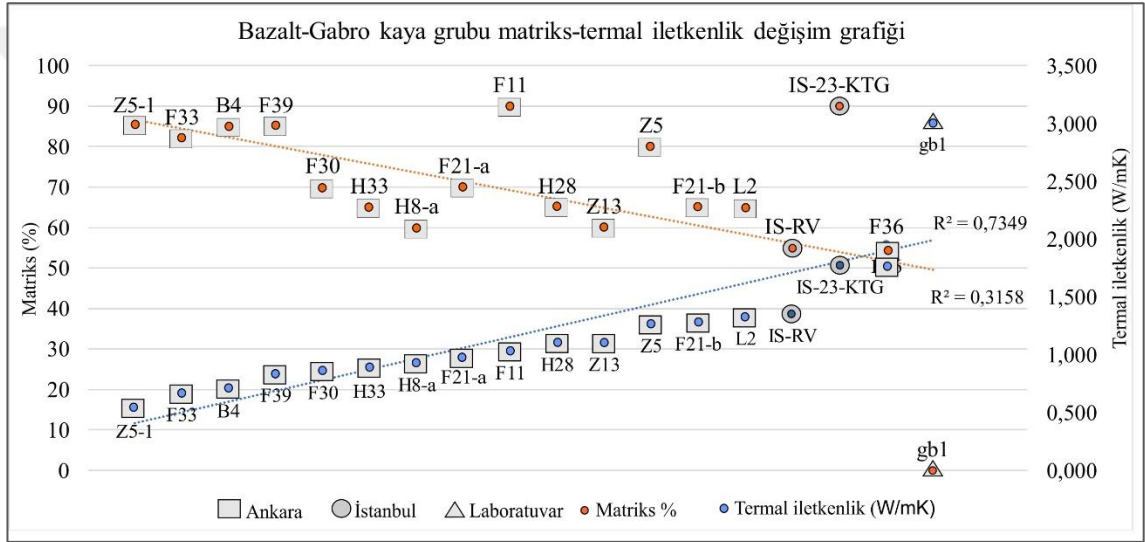
7.2.1 Magmatik kayalar

Ankara ve İstanbul ili çevresinden magmatik kaya numuneleri alınarak ve kendi içerisinde 1) Bazalt-Gabro-Serpantinit, 2) Andezit, 3) Piroklastik ve 4) Damar kayaları olarak gruplandırılmıştır. (Çizelge 7.1, 7.2, 7.3 ve 7.4). Bu sınıflamada magmatik kayalar içerisinde yer alan hamur ve fenokristal miktarına, tanelerin birbiri ile değimli olup olmaması, kuvars miktarı, bozunma türü ve miktarı konusunda ilişkiler incelenmiştir. Magmatik kayaların termal iletkenlikleri hamur ve fenokristal miktarına, kristallerin

birbiri ile değimli olup olmamasına, kuvars içerik miktarına ve bozunma türüne bağlı olarak incelenmiştir.

7.2.1.1 Bazalt-Gabro-Serpantinit kayaları

Bazalt-Gabro türü kayaların dokusal özellikleri ve termal iletkenlikleri arasındaki ilişki kayanın dokusu, cam ve matriks oranı, fenokristal oranı ve boyutları, kuvars içeriği, boşluk miktarı ve bozunma miktarına bağlı olarak değişmektedir (izelge 7.1. ve şekil 7.5). En yüksek termal iletkenlik 3,009 W/mK olarak gb1-gabro örneğinde, en düşük ise boşluk ve matriks oranı en yüksek olan Z5-1 skorya bazalt (şekil 7.5) rneğinde elde edilmiştir.



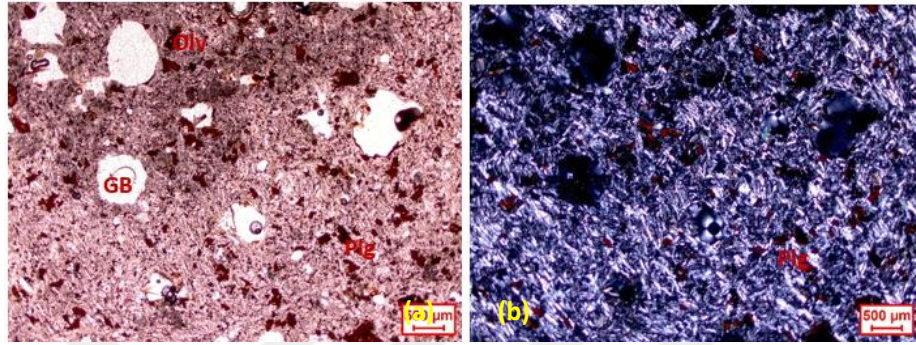
şekil 7.5 Bazalt-Gabro-Serpantinit kayaları matriks-termal iletkenlik değişim grafiği

Gabro içerisindeki olivinler Serpantinitleşmeleri sonucu bozunma ürünleri olan serpantinitleşme normal bir serpantinit kayasından oldukça az orandadır. Serpantinit örneklerinde bozunma oranı azalması ve fenokristal boyutları arttıkça termal iletkenlik değeri en yüksek değer OF1 rneğinde (şekil 7.19) elde edilmiştir. Bu nedenle serpantinitleşmenin termal iletkenliği negatif yönde etkilediği gözlenmiştir.

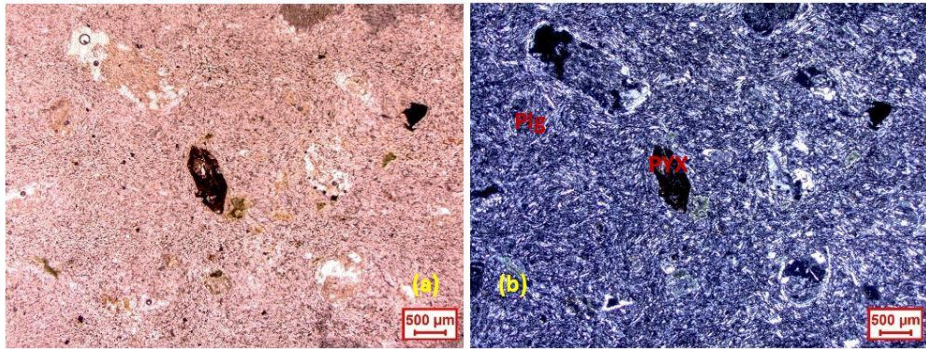
Genel olarak matriksin cam hamur oranı içeriğinin artması ile termal iletkenlik değerleri azalmaktadır. Ancak, F11, Z5, ve İS23-KTG örneklerinde farklılıklar gözlenmiş olup aşağıda açıklanmaktadır:

F11 rneğinde (şekil 7.11) matriks oranının yüksek olmasına rağmen diğerlerinden farklı olarak zeolitleşme gözlenmektedir. Zeolitleşmenin termal iletkenliği artırdığı

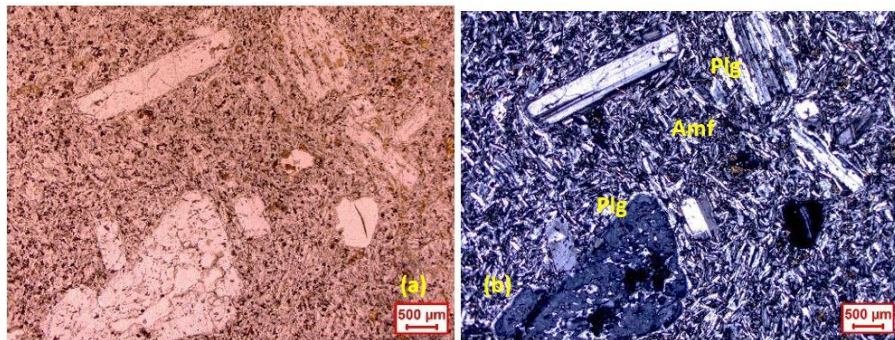
düşünülmektedir. Z5 (Şekil 7.12) örneğinde matriks ve fenokristallerin oranının birbirine yakın olması ve eş boyutlu olması ve mineral temas yüzeylerinin fazla olması termal iletkenliği artırmaktadır. İS23-KTG örneğinde (Şekil 7.15) ise matriks oranı ve gözeneklilik oranı yüksek olmasına rağmen gözenekler ikincil olarak kalsit ile dolu ve minerallerin birbiri ile temas yüzeyleri fazla olması nedeniyle termal iletkenlik artmıştır.



Şekil 7.6 Z5-1 no'lu Skorya Bazalt örneği (a) paralel nikol, (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=0,526$ W/mK GB: boşluk, Plg: Plajioklas)



Şekil 7.7 F39 no'lu Andezitik Bazalt örneği (a) paralel nikol, (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=0,839$ W/mK, Pyx=piroksen, Plg: plajioklas)



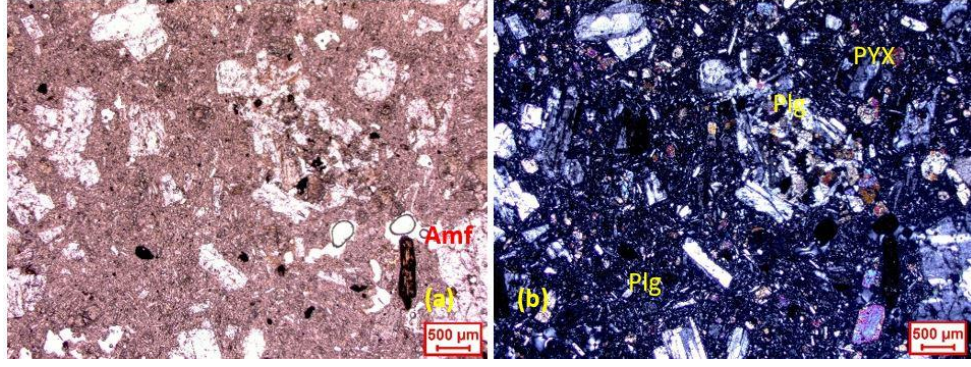
Şekil 7.8 F30 no'lu Bazalt örneği, (a) paralel nikol, (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=0,860$ W/mK, Plg: plajioklas, Amf: Amfibol)

Çizelge 7.1 Bazalt -Gabro-Serpantinit Grubu petrogrfik özellikler ve termal iletkenlik tablosu (A:Ankara, Akt: Aktinolit, Amf: Amfibol, B: Boşluk yüzdesi, Bi: Biyotit, BY: Bozunma yüzdesi, BT: Bozunma tipi, F: feldspat, Fnk: Fenokristal, İ:İstanbul, K: Kuvars, L: Laboratuvar, Lbd: Labrador, M: Matriks, Olv: Olivin, Op: Opak mineral ,Plj: plajiyoklas, Prx: piroksen, S: Sanidin, Ti: Termal iletkenlik, Tre: Tremolit)

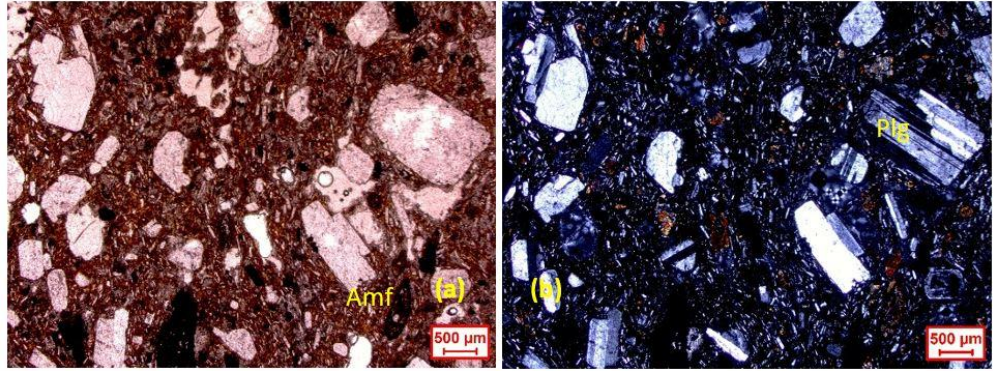
İL	Örnek No	Kayaç adı	Ti (λ - Wm/K)	Doku	M %	Fnk %	Fnk Tane Boyu (μ m)	Fnk içeriği	K %	BT	BY %	B %
A	Z5-1	Skorya bazalt	0,526	İntersertal	85	15	5	Plj, Olv		İgdisleşme	5	10
A	F33	Bazalt	0,670	Hiyaloplitik porfirik	82	18	20-500	Plj, Bio, Amf, Prx		Killeşme, opasitleşme	35	
A	B4	Bazalt	0,702	Hiyaloplitik porfirik	85	15	10-700	Prx, Plj, Op		Uralitleşme	1	
A	F39	Andezitik bazalt	0,839	Pilotaksitik	85	15	5-350	Prx, Plj,Q,S, Op		Opasitleşme	2	
A	F30	Bazalt	0,860	Hipokristalin porfirik	70	30	10-2000	Plj, Prx, Lbd, Bitovnit		Uralitleşme	3	
A	H33	Andezitik Bazalt	0,872	Hiyaloplitik porfir	65	35	3-200	Plj, S, Prx, Tre, Akt		Killeşme, opaklaşma	2	
A	H8-a	Andezitik bazalt	0,930	Hiyaloplitik porfir	60	30	5-400	Andezin, labrador, Amf,Bio, Prx		-		2
A	F21-a	Alkalin Bazalt	0,996	Hyalopilitk porfirik	70	30	100	Ojit, Olv		Demiroksit	3	-
A	F11	Trakitik bazalt	1,033	Hyalopilitk porfirik	90	10	5-50	Plj, Prx		Zeolitleşme	6	-
A	H28	Andezitik Bazalt	1,105	Hiyaloplitik	65	35	5-400	Plj, Prx, Amf, Bio		Uralitleşme	3	-
A	Z13	Andezitik bazalt	1,105	Hiyaloplitik	60	40	10-500	Plj, Prx,Tre, Akt		Opaklaşma killeşme	2	-
A	Z5	Alkalin Bazalt	1,267	İntersertal	80	20	30	Olv, Prx, Plj		İgdisleşme	1	-

Çizelge 7.1 Bazalt -Gabro-Serpantinit Grubu petrogrfik özellikler ve termal iletkenlik tablosu (A:Ankara, Akt: Aktinolit, Amf: Amfibol, B: Boşluk yüzdesi, Bi: Biyotit, BY: Bozunma yüzdesi, BT: Bozunma tipi, F: feldspat, Fnk: Fenokristal, İ:İstanbul, K: Kuvars, L: Laboratuvar, Lbd: Labrador, M: Matriks, Olv: Olivin, Op: Opak mineral ,Plj: plajiyoklas, Prx: piroksen, S: Sanidin, Ti: Termal iletkenlik, Tre: Tremolit) (devam)

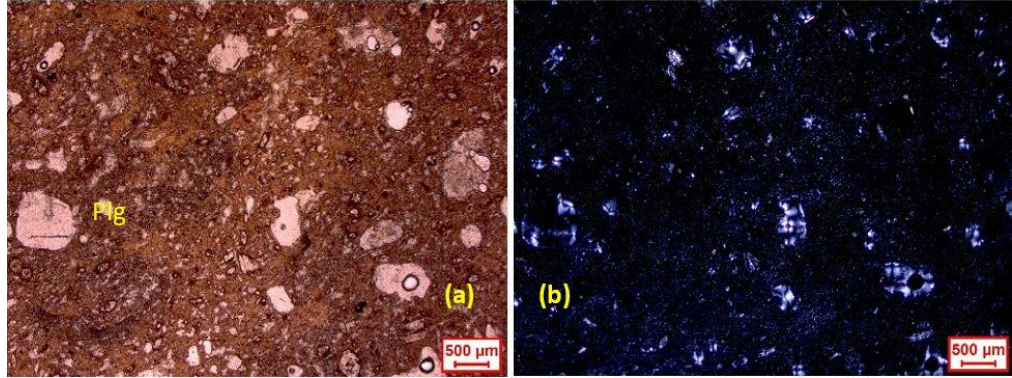
İL	Örnek No	Kayaç adı	Ti (λ - Wm/K)	Doku	M %	Fnk %	Fnk Tane Boyu (μ m)	Fnk içeriği	K %	BT	BY %	B %
A	F21-b	Bazalt	1,283	Hyalopilitik porfirik	65	35	5-100	Plj, Prx, F		Killeşme opaklaşma	1	-
A	L2	Bazalt	1,329	Hiyaloplitik porfirik	65	35	5-200	Lbd, Prx, Olv		Kloritleşme-epidotlaşma	1	-
İ	IS-RV	Andezitik bazalt	1,354	Hiyaloplitik porfirik	55	45	200-500	Plj,Amf,Bio		Kloritleşme opasitleşme epidotlaşma	1	-
İ	IS-23-KTG	Karbonatlaşmış Bazalt	1,775	Hiyaloplitik porfirik	90	10	125	Prx		Boşluklar ikincil rekristalize kalsit ile doldurulmuş	10	
A	F36	Bazalt	1,953	Hiyaloplitik porfirik	55	45	50-100	Plj, Prx, F		-	-	-
L	gb1	Gabro	3,009	Holokristalin	-	-	100-3000	Plj,Prx, Ol, Tre, Akt	0	uralitleşme	2,5	
A	H8-b	Serpantinit	1,081	Elek	-	-		Prx, Ol, Op (kromit, manyetit)		serpantinitleşme	90	
A	OF2	Serpantinit	2,079	Elek	-	-		Prx, Ol, Op (kromit, manyetit)			70	
A	OF1	Serpantinit	2,455	Elek	-	-	500	Prx, Ol, Op			60	



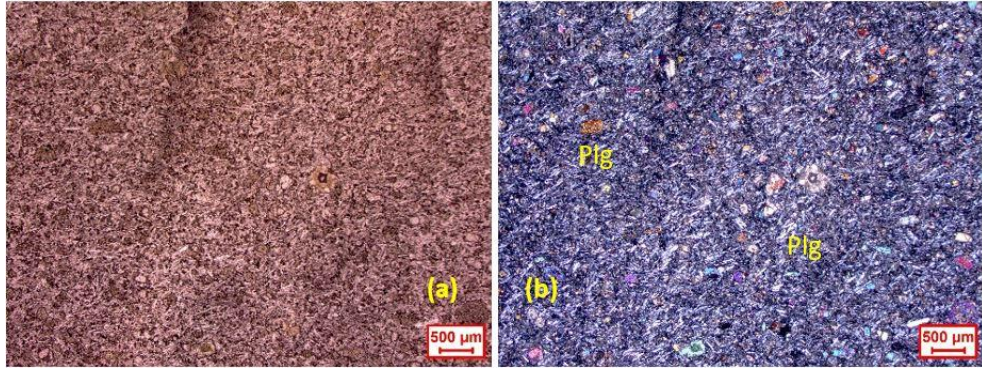
Şekil 7.9 H33 no'lu Andezitik Bazalt örneği, (a) paralel nikol, (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=0,872$ W/mK, Amf: Amfibol, Plg: plajiolklas, Pyx: piroksen)



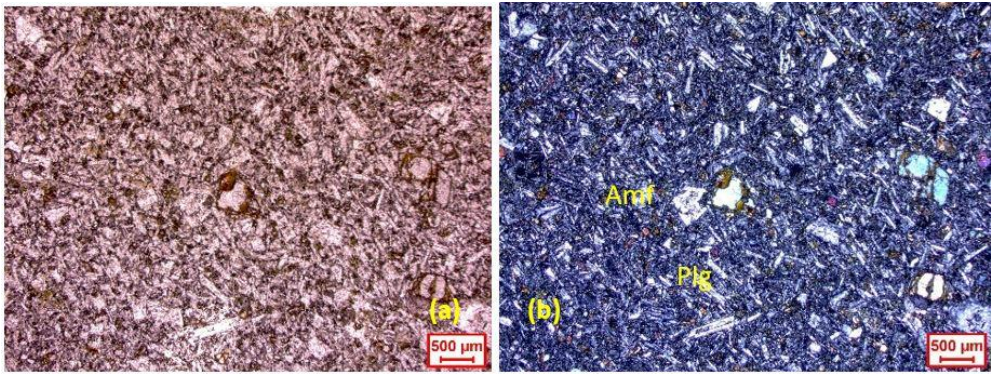
Şekil 7.10 H8-a no'lu Andezitik Bazalt örneği, (a) paralel nikol, (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=0,930$ W/mK, Amf: Amfibol, Plg: plajiolklas)



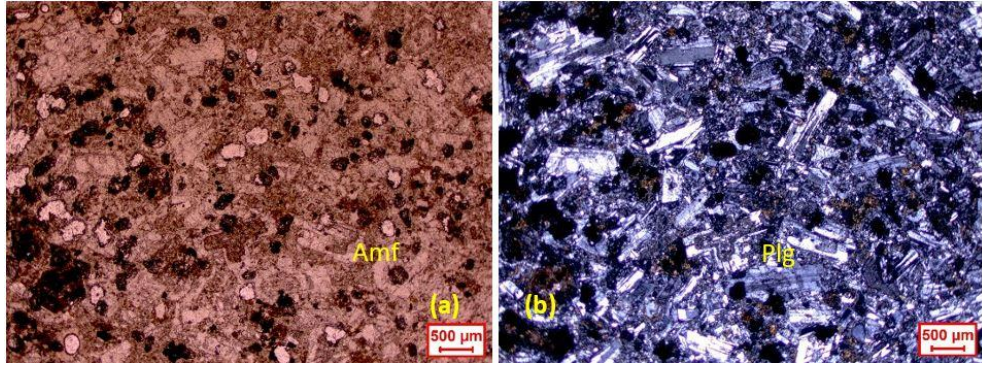
Şekil 7.11 F11 no'lu Trakitik Bazalt, (a) paralel nikol, (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=1,033$ W/mK, Plg: plajiolklas)



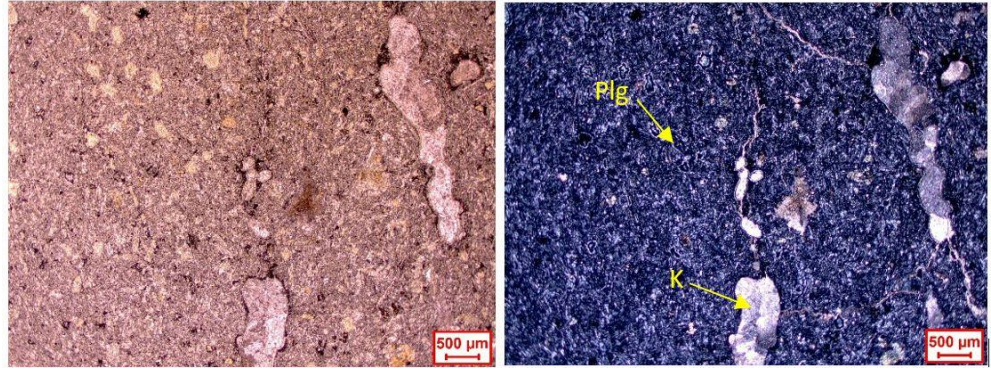
Şekil 7.12 Z5 no'lu Alkalın Bazalt örneği, (a) paralel nikol, (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=1,267$ W/mK, Plg: plajiolklas)



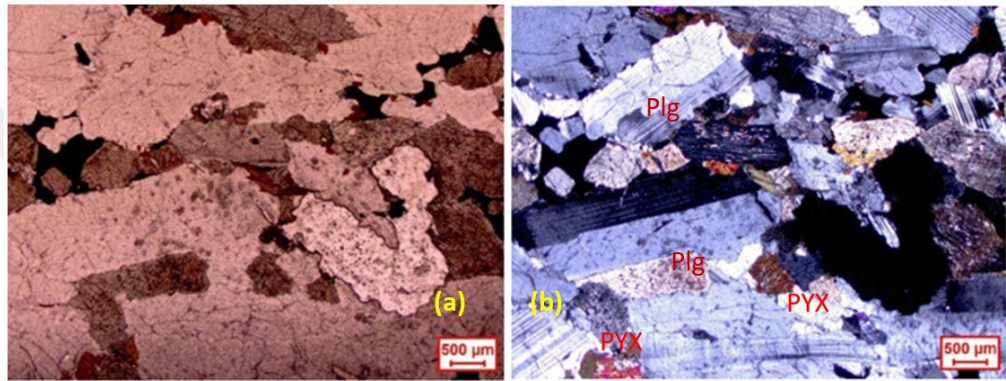
Şekil 7.13 L2 no'lu Bazalt örneği (a) paralel nikol, (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=1,329$ W/mK, Plg:plajiolklas, Amf: Amfibol)



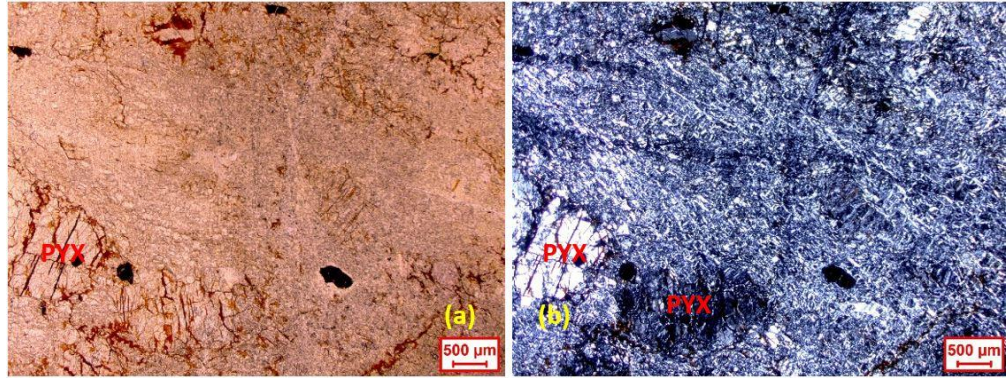
Şekil 7.14 IS-RV no'lu Bazalt örneği (a) paralel nikol, (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=1,354$ W/mK, Plg: Plajiolklas, Amf: Amfibol)



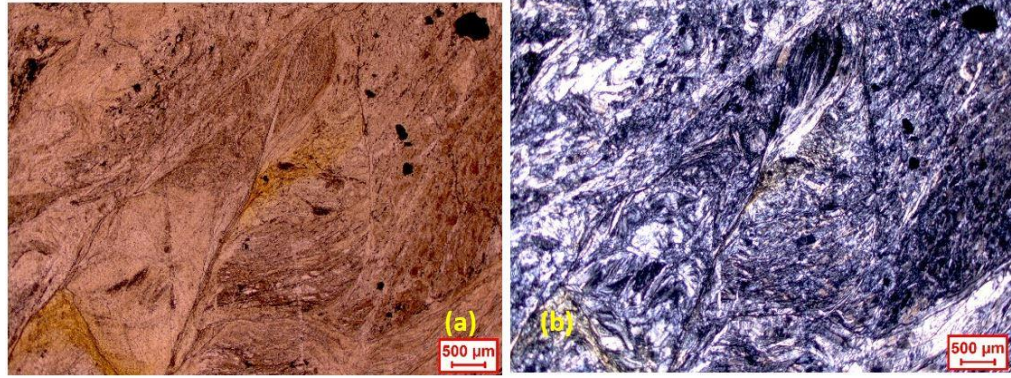
Şekil 7.15 İS23-KTG no'lu Karbonatlaşmış bazalt örneği (a) paralel nikol, (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=1,775$ W/mK, Plg: plajioklas, K:Kalsit)



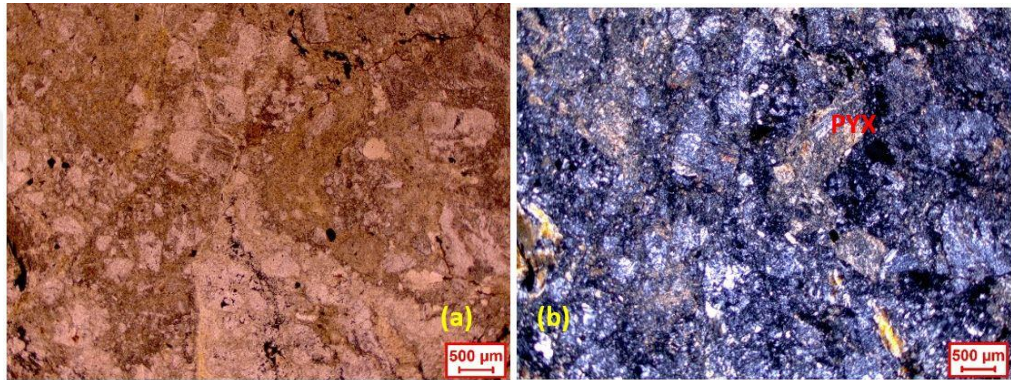
Şekil 7.16 Gb-1 no'lu Gabro örneği (a) paralel nikol, (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=3,009$ W/mK, Plg: plajioklas, Pyx: piroksen)



Şekil 7.17 H8-b no'lu Serpantinitle örneği (a) paralel nikol, (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=1,081$ W/mK, Pyx: piroksen)



Şekil 7.18 OF2 no'lu Serpantinit örneği (a) paralel nikol, (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=2,079$ W/mK)



Şekil 7.19 OF1 no'lu Serpantinit örneği (a) paralel nikol, (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=2,455$ W/mK, Pyx: piroksen)

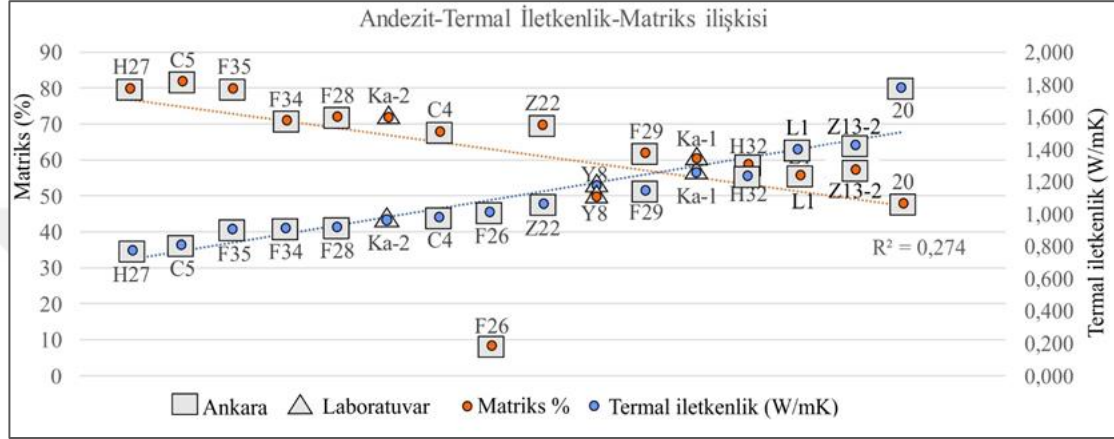
7.2.1.2 Andezit kayaları

Andezit grubu kayalar kendi içerisinde termal iletkenlik ile mineralojik özellikleri arasındaki ilişkilere bakıldığında genel olarak hiyaloplitik dokudan hipokristalin dokuya doğru termal iletkenlik artmaktadır. Kuvars içeriği ile doğru orantılı olarak artmakta, bozunma miktarı arttıkça termal iletkenliğin düştüğü görülmektedir.

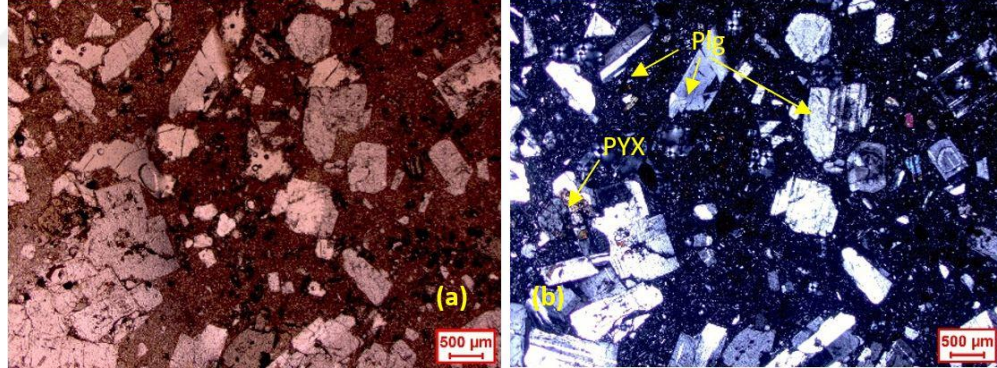
Andezit grubu içerisinde genel eğilime uymayan F26 (Şekil 7.28) ile Z22 (Şekil 7.29) örnekleri benzer termal iletkenlik değerine sahip olmalarına rağmen doku özellikleri birbirinden oldukça farklıdır. F26 örneği intersertal doku özelliğinde matriks oranı az, fenokristal oranı fazladır, ancak kristaller çoğunlukla eş ve küçük boyuta sahiptir. Oysaki Z22 örneği tam tersine matriks oranı fazla fenokristal oranı fazladır. Bu durumda matriks oranları göz önüne alındığında F26 örneğinin termal iletkenliği Z22 den daha yüksek olması gerekmektedir. Oysaki her iki örneğin termal iletkenlikleri benzerdir (Şekil 7.20). F26 da matriks az olmasına rağmen mineraller eş boyutlu ve aynı yönde sıralanmış olması

mineraller arası temas yüzeylerinin artmasına neden olmuştur. Temas yüzeylerinin artması nedeniyle termal iletkenlik değeri beklenenden daha yüksek bir değere sahip olduğu düşünülmekle birlikte doku ve mineral boyutları benzer olan kayalar örneklerinde analiz yapılması ile daha güvenilir sonuçlar elde edilebileceği düşünülmektedir.

Çalışma alanında andezitin derinlik kayacı olan diyorit kaya örneği bulunmadığı için andezit grubunun derinlik kayacı ile bir karşılaştırma yapılmamıştır.



Şekil 7.20 Andezit grubu matriks ve termal iletkenlik değişim grafiği



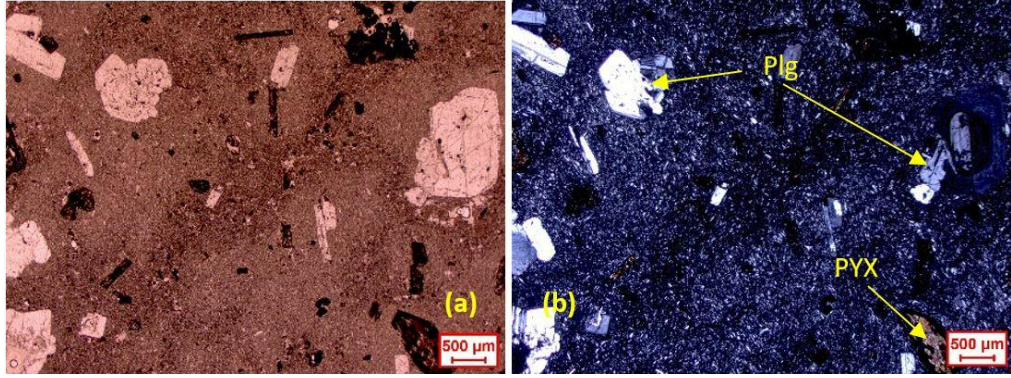
Şekil 7.21 H27 no'lu Andezit örneği (a) paralel nikol, (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=0,774$ W/mK, Plg: plajiyoklas, PYX: Piroksen)

Çizelge 7.2 Andezit grubu petrografik özellikler ve termal iletkenlik tablosu (A:Ankara, Akt: Aktinolit, Amf: Amfibol, B: Boşluk yüzdesi, Bi: Biyotit, BY: Bozunma yüzdesi, BT: Bozunma tipi, F: feldspat, Fnk: Fenokristal, İ:İstanbul, K: Kuvars, L: Laboratuvar, Lbd: Labrador, M: Matriks, Olv: Olivin, Op: Opak mineral ,Plj: plajiyoklas, Prx: piroksen, S: Sanidin, Ti: Termal iletkenlik, Tre: Tremolit)

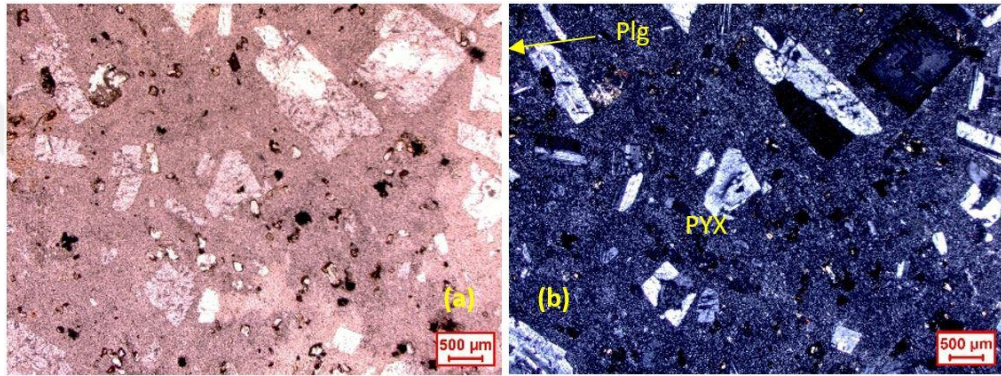
İL	Örnek No	Kayaç adı	Ti (λ - Wm/K)	Doku	M %	Fnk %	Fnk Tane Boyu (µm)	Fnk içeriği	K %	BT	BY %	B %
A	H27	Bazaltik Andezit	0,774	Hiyaloplitik porfirik	70	30	5-600	Plj, Prx, Tre, Akt, S		Uralitleşme	1	-
A	C5	Andezit	0,809	Hiyaloplitik porfirik	82	18	5-350	Plj, Prx, Tre, Akt, Bi, S		Opaklaşma, opasitleşme	8	-
A	F35	Andezit	0,901	Hiyaloplitik porfir	80	20	10-1000	Plj, Prx,Tre,Akt, Op	1	Opaklaşma, opasitleşme	5	-
A	F34	Andezit	0,912	Hiyaloplitik porfir	71	29	5-500	Plj, Bio, Tre, Akt, Q, Op, S	1	Killeşme opasitleşme	3	-
A	F28	Silisik andezit	0,919	Hiyaloplitik porfirik	72	28	5-1000	Andezin, Op, Bi	5	Opasitleşme, opaklaşma	3	-
L	Ka-2	Andezit	0,970	Hipokristalin porfirik	72	28	5-400	Q, Plj, Prx, S, klorit,, Bio, Tre, Akt, Op	5	Silişleme, killeşme opaklaşma	18	-
A	C4	Andezit	0,984	Hipohyalin porfirik	68	32	5-400	Q,Plj, Tre, Akt, Amf, Bi	5	Opasitleşme, opaklaşma	5	-
A	F26	Andezit	1,010	İntersertal	8	75	5-30	Olv, Prx,Plj		İgdisitleşme, opasitleşme	7	-
A	Z22	Andezit	1,060	Hiyaloplitik porfirik	82	18	50-2000	Plj, S, Prx, Amf, Bi		Killeşme	3	-
L	Y8	Andezit	1,152	Hipokristalin	50	50	5-450	Q, Plj, Bi, Tre, Akt, Prx	5	Opasitleşme	2	-
A	F29	Andezit	1,156	Hiyaloplitik porfirik	62	38	5-500	Q, Plj, Bi, Tre Akt, Prx	5	Opasitleşme, kloritleşme, killeşme	2	-
L	Ka-1	Andezit	1,258	Hiyaloplitik porfirik	60	40	5-500	Plj, Prx, Bi, Amf	3	Killeşme	1	-
A	H32	Andezit	1,270	Hipokristalin porfirik	58	42	5-400	Plj, S,Prx,Amf,Bi		opasitleşme, killeşme	2	-

Çizelge 7.2 Andezit grubu petrografik özellikler ve termal iletkenlik tablosu (A:Ankara, Akt: Aktinolit, Amf: Amfibol, B: Boşluk yüzdesi, Bi: Biyotit, BY: Bozunma yüzdesi, BT: Bozunma tipi, F: feldspat, Fnk: Fenokristal, İ:İstanbul, K: Kuvars, L: Laboratuvar, Lbd: Labrador, M: Matriks, Olv: Olivin, Op: Opak mineral ,Plj: plajiyoklas, Prx: piroksen, S: Sanidin, Ti: Termal iletkenlik, Tre: Tremolit) (devam)

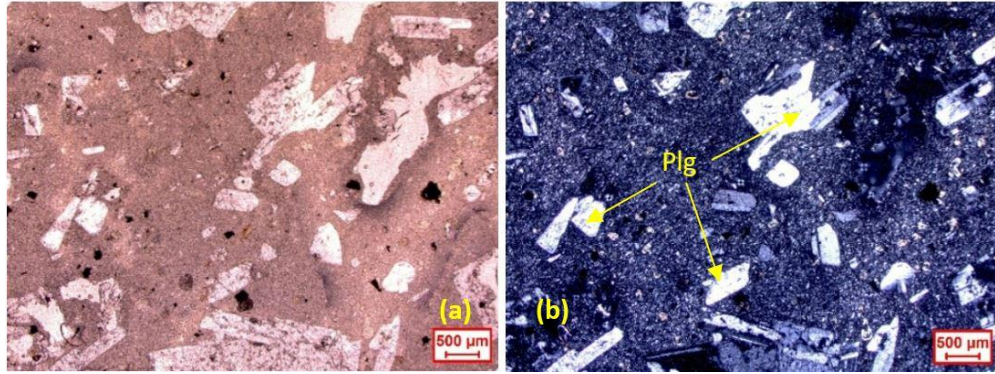
İL	Örnek No	Kayaç adı	Ti (λ - Wm/K)	Doku	M %	Fnk %	Fnk Tane Boyu (µm)	Fnk içeriği	K %	BT	BY %	B %
A	L1	Andezit	1,402	Hipokristalin porfirik	55	45	10-500	Plj, Prx, Tre, Akt, Bi, Op		Killeşme	1	-
A	Z13-2	Andezit	1,417	Hipokristalin porfirik	56	44	4-500	Oligoklas, andezin, Amf, Bi, az Prx		Opasitleşme killeşme	1	-
İ	20	Andezit	1,786	Hipokristalin porfirik	48	52	5-500	Plj, Prx,Tre, Akt		Opaklaşma killeşme	2	



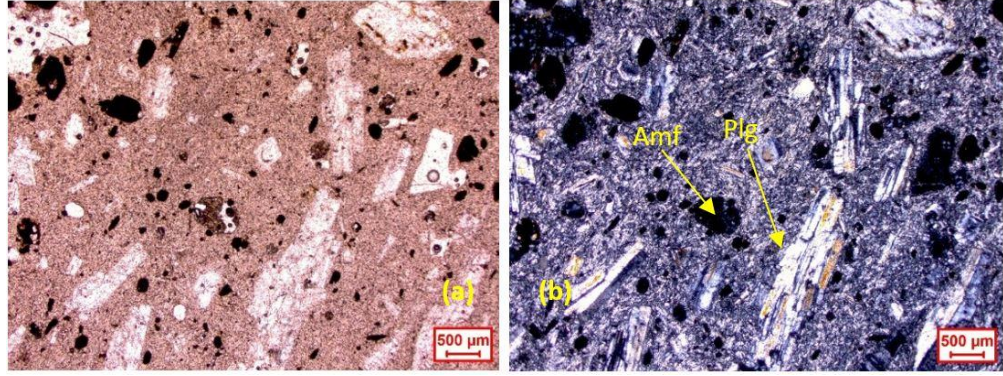
Şekil 7.22 C5 no'lu Andezit örneği (a) paralel nikol, (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=0,809$ W/mK)



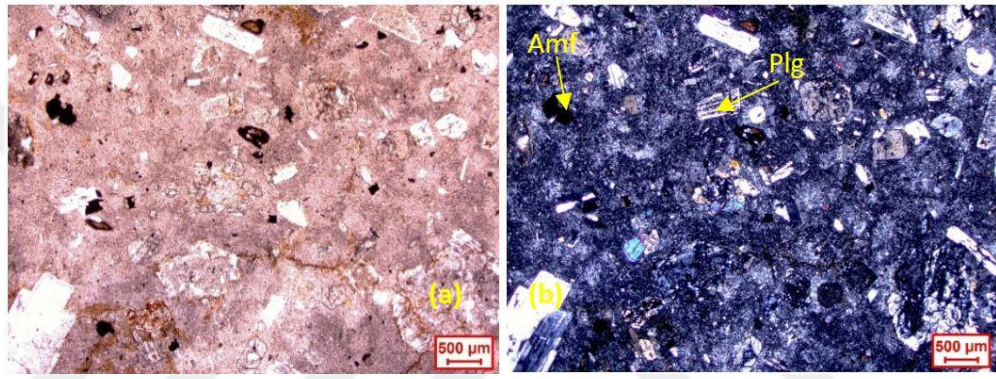
Şekil 7.23 F35 no'lu Andezit örneği (a) paralel nikol, (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=0,901$ W/mK)



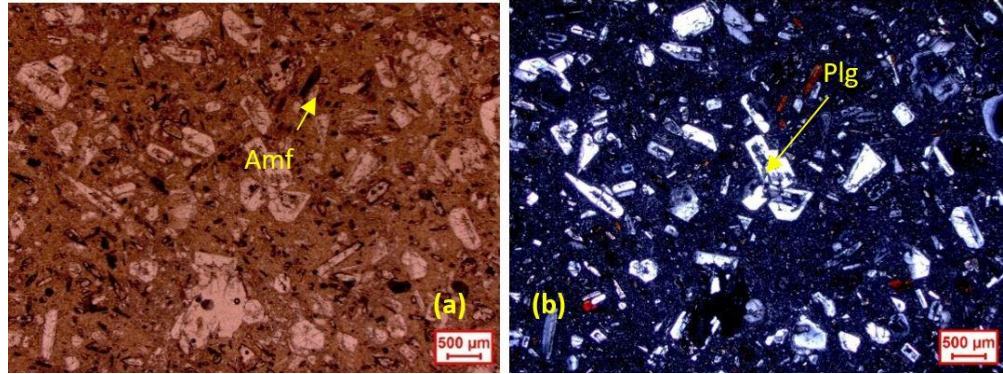
Şekil 7.24 F34 no'lu Andezit örneği (a) paralel nikol, (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=0,912$ W/mK, Plg: plajiyoklas)



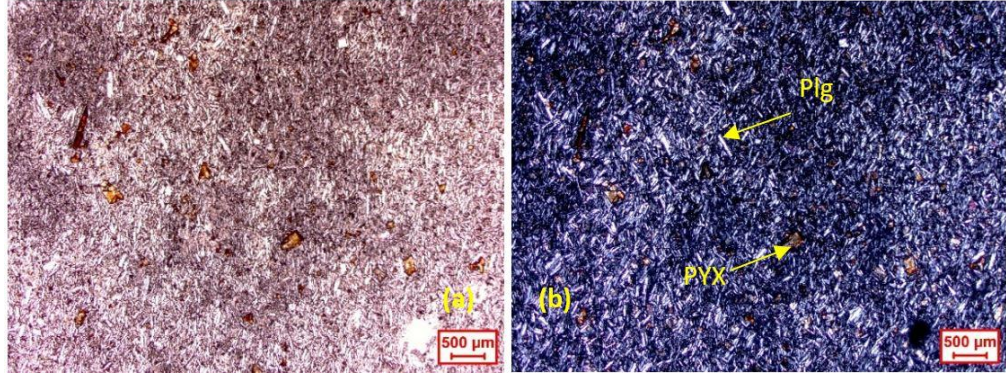
Şekil 7.25 F28 no'lu Andezit örneği (a) paralel nikol, (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=0,919$ W/mK, Plg: plajiyoklas, Amf: Amfibol)



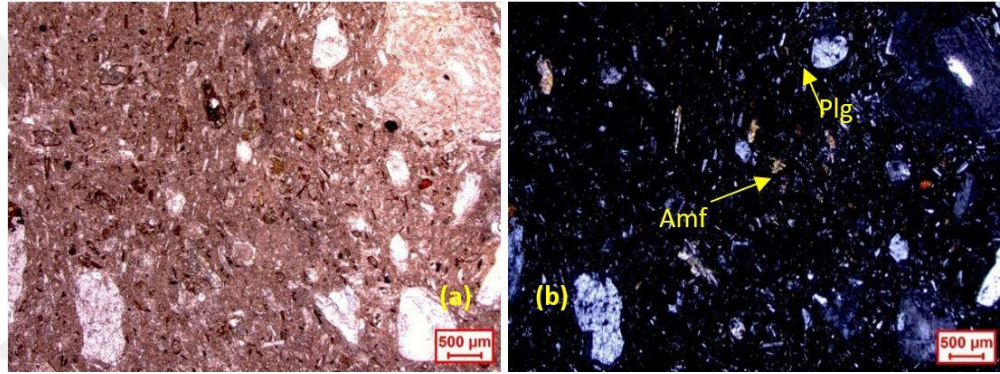
Şekil 7.26 Ka-2 no'lu Andezit örneği (a) paralel nikol, (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=0,970$ W/mK, Plg: plajiyoklas, Amf: Amfibol)



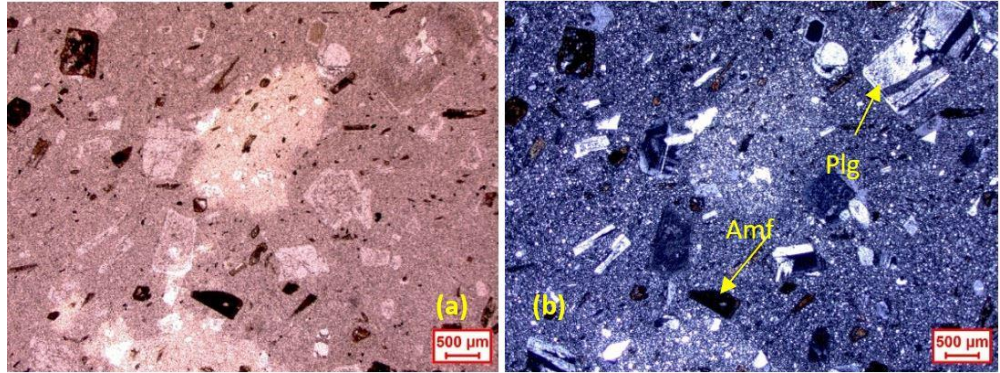
Şekil 7.27 C4 no'lu Andezit örneği (a) paralel nikol, (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=0,984$ W/mK, Plg: Plajiyoklas)



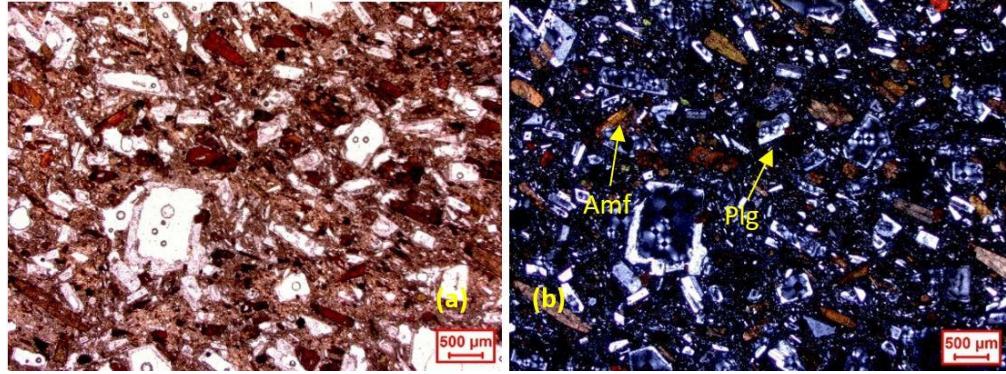
Şekil 7.28 F26 no'lu Andezit örneği (a) paralel nikol, (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=1,010$ W/mK, Plg: plajiyoklas, PYX: piroksen)



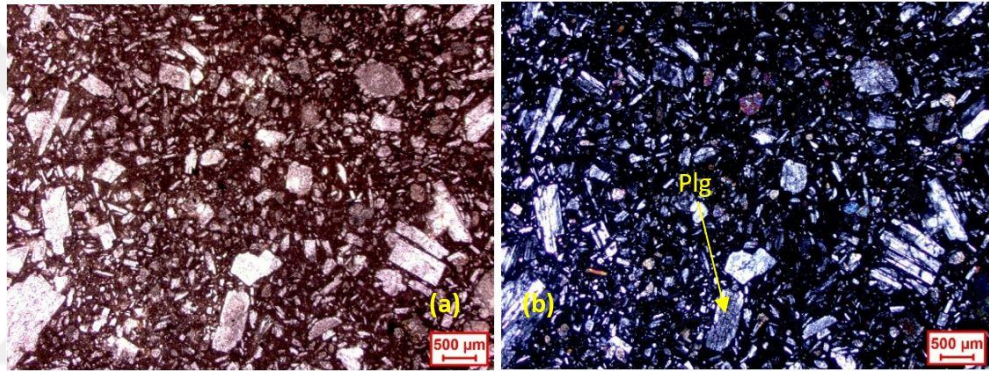
Şekil 7.29 Z22 no'lu Andezit örneği (a) paralel nikol, (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=1,060$ W/mK, Plg: plajiyoklas, Amf: amfibol)



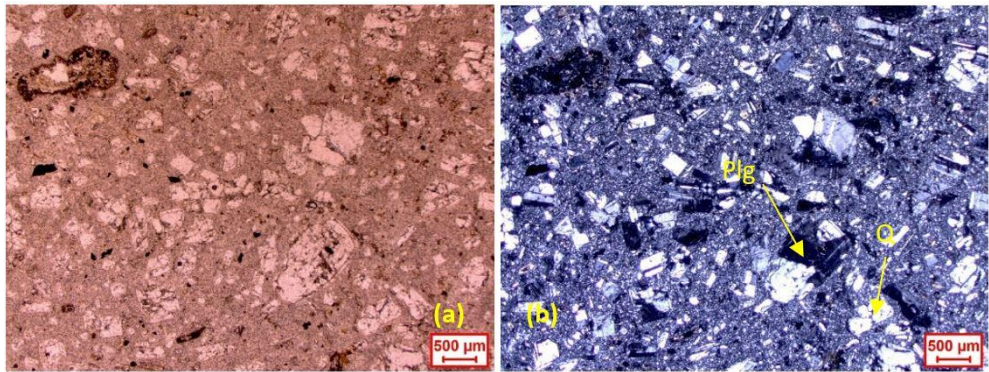
Şekil 7.30 Y8 no'lu Andezit örneği (a) paralel nikol, (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=1,152$ W/mK, Plg: plajiyoklas, Amf: amfibol)



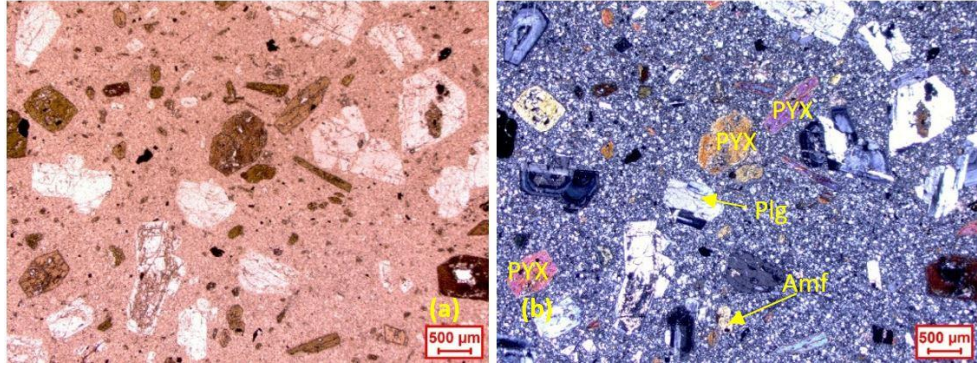
Şekil 7.31 F29 no'lu Andezit örneği (a) paralel nikol, (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=1,156$ W/mK, Plg: plajiyoklas, Amf: amfibol)



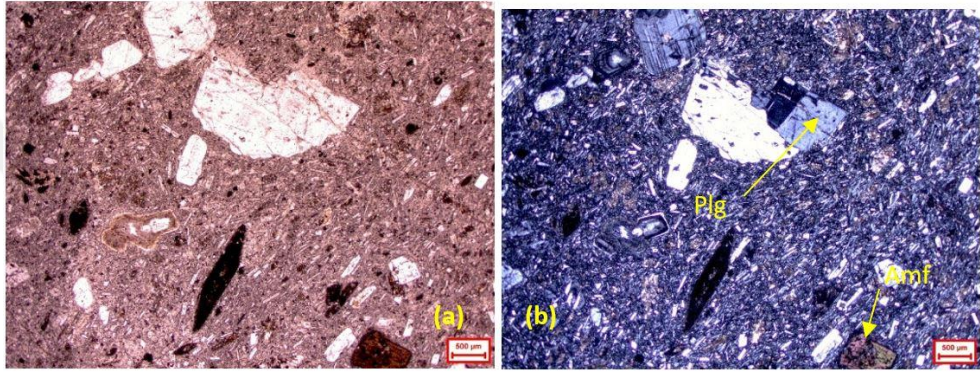
Şekil 7.32 Ka-1 no'lu Andezit örneği (a) paralel nikol, (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=1,258$ W/mK, Plg: plajiyoklas)



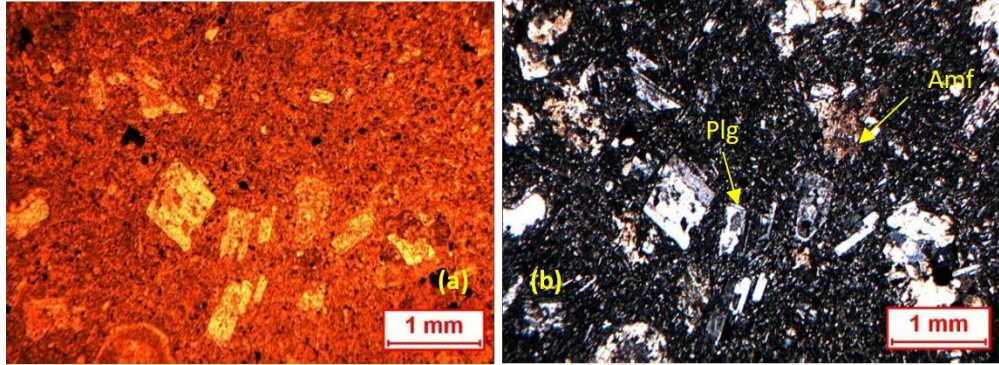
Şekil 7.33 H32 no'lu Andezit örneği (a) paralel nikol, (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=1,270$ W/mK, Plg: plajiyoklas, Q: Kuvars)



Şekil 7.34 L1 no'lu Andezit örneği (a) paralel nikol, (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=1,402$ W/mK, Plg: plajiyoklas, PYX: Piroksen, Amf: Amfibol)



Şekil 7.35 Z13-2 no'lu Andezit örneği (a) paralel nikol, (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=1,417$ W/mK, Plg: plajiyoklas, Amf: Amfibol)



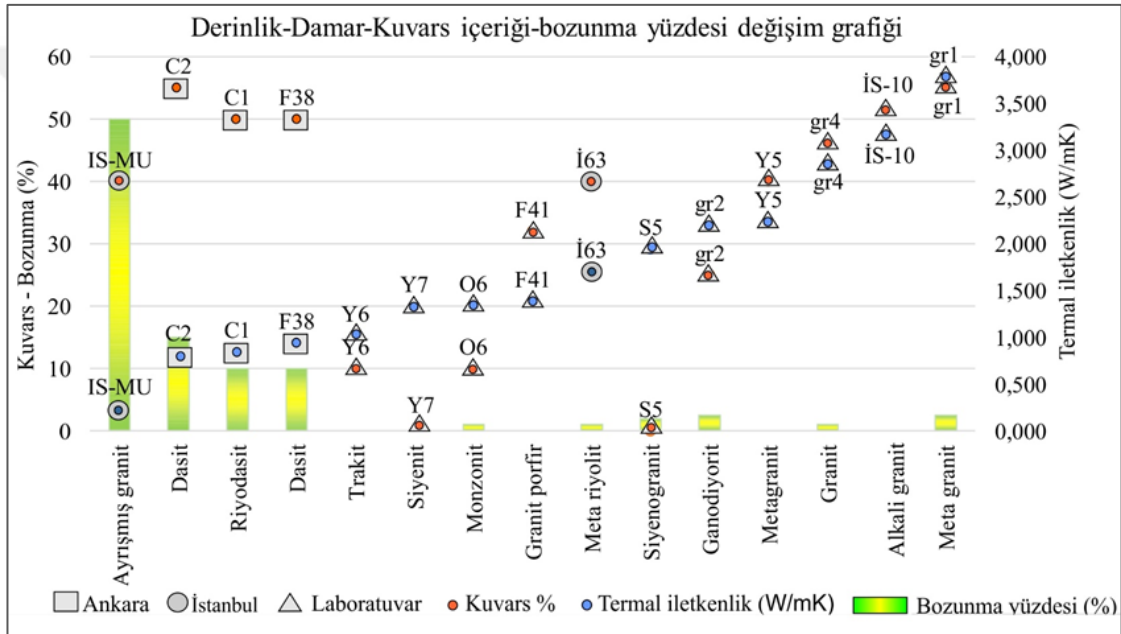
Şekil 7.36 20 no'lu Andezit örneği (a) paralel nikol, (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=1,786$ W/mK, Plg: plajiyoklas, Amf: Amfibol)

7.2.1.3 Derinlik ve Damar kayaları

Felsik bileşimli Derinlik ve damar kayalarının termal iletkenlik ve mineralojik özellikleri incelendiğinde holokristalin porfirik doku gözlenen damar kayalarında termal iletkenlik değerleri düşük, eş boyutlu minerallerin olduğu holokristalin dokuda ise yüksek değerler

elde edilmiştir. Derinlik ve damar kayaları siyenit, granodiyorit, siyenogranit, granit, monzonit, gabbro, dasit ve riolit olmak üzere farklı kaya gruplarından oluşmaktadır (Şekil 7.37).

Granit kayalarından daha fazla sayıda örnek alındığı için granit örnekleri kendi içerisinde detaylı karşılaştırılmıştır. Diğer magmatik kaya örnekleri kuvars içeriğine bağlı olarak değerlendirilmiştir. İncelenen örneklerde kuvars içeriğinin artışına bağlı olarak termal iletkenliklerde artış gözlenmektedir. Ancak dokusal anlamda daha fazla bilgi edinebilmek açısından ilerdeki çalışmalarda her bir kaya türüne ait daha fazla örnekte araştırma yapılması yararlı olacağı düşünülmektedir.



Şekil 7.37 Derinlik-damar kayaları kuvars-bozunma yüzdesi-termal iletkenlik değişim grafiği

Derinlik ve damar kaya grupları birbirleri ile karşılaştırıldığında holokristalin dokuya sahip derinlik kayaları, porfirik ve nispeten kristalitve mikrolit içeren dokuya sahip damar kayalarına oranla daha yüksek termal iletkenlik göstermektedir.

Bozunma tipi olarak killeşme, uralitleşme, kloritleşme görülmektedir. Her bir kaya grubunda örnek sayısı az olması nedeniyle bozunma türlerine göre yapılan karşılaştırmada killeşme miktarı arttıkça termal iletkenliklerde düşüş olduğu söylenebilmektedir. Bu nedenle bozunma gösteren kayalar termal iletkenliği negatif

yönde etkilediği belirlenmiştir. Her bir kaya grubuna ait değişik bozunma türleri gösteren daha fazla sayıda örnek üzerinde araştırma yapılmasının yararlı olduğu düşünülmektedir.

Granit kaya örnekleri kendi içerisinde karşılaştırıldığında:

İS-MU en fazla kuvars içeriğine rağmen en fazla killeşme bozunmasını gösteren granit örneğidir (Şekil 7.38). Bu nedenle termal iletkenlik değeri en düşüktür.

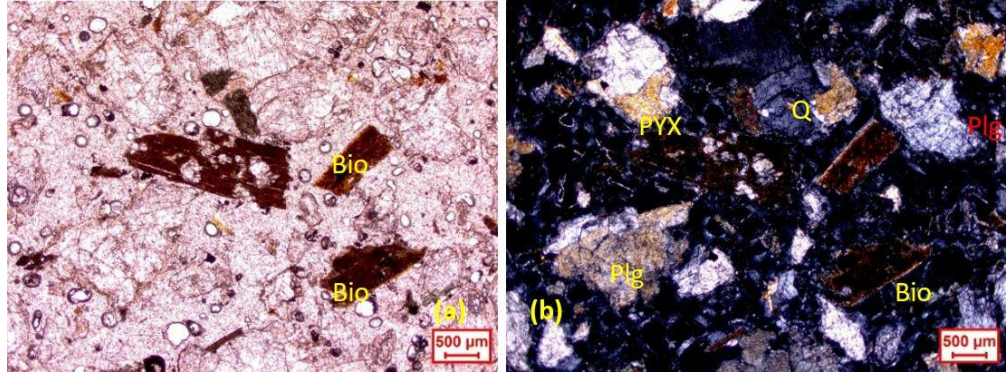
F41 granit kayasının damar kayası özelliğini gösteren porfirik bir yapıya sahiptir (Şekil 7.45). IS-MU ya oranla daha fazla matriks oranına sahip olmasına rağmen bozunma oranı çok azdır. Bu nedenle İS-MU ya oranla yüksek, diğer örneklerle oranla düşük termal iletkenlik göstermektedir.

Y5 örneği metamorfizma ve kataklazma özelliği göstermektedir (Şekil 7.49). Kuvars oranı 55% olmasına kuvars minerallerinin boyutları diğer gr4-İS-10 ve gr1 örneklerine oranla kataklastik özelliği nedeniyle küçük ve parçalı kırıklı bir yapı göstermektedir. Bu nedenle termal iletkenlik değerleri gr4-İS-10 ve gr1 (Şekil 7.50, Şekil 7.52 ve Şekil 7.53) örneklerine oranla düşüktür. Buna göre metamorfizma termal iletkenliği pozitif yönde etkilediği söylenebilir. Bununla birlikte tane boyunun artması termal iletkenliği pozitif yönde etkilendiğini ortaya konulmuştur.

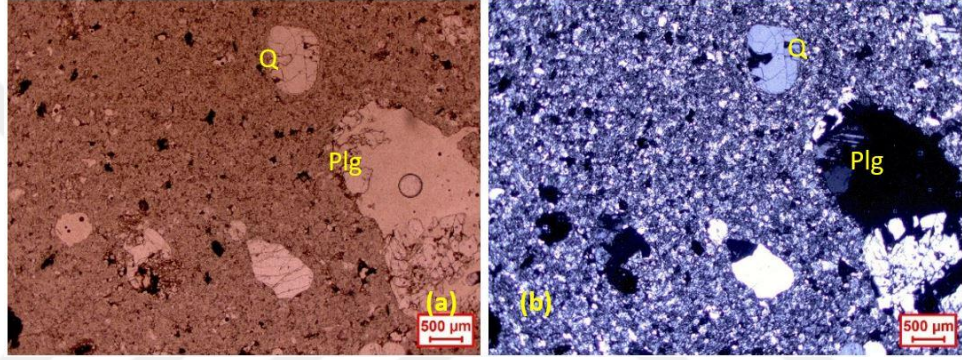
gr4 örneğinde (Şekil 7.50) Y5 örneğine oranla daha düşük kuvars minerali içeriğine 45% rağmen kuvars minerali boyutları Y5 örneğindeki kuvars minerallerinden daha büyük boyuttadır (1000 µm). Killeşme oranının Y5 örneğinden nispeten fazla olmasına rağmen kuvars mineral boyutlarının büyük olması termal iletkenliği artırmıştır.

IS10 nolu granit örneği (Şekil 7.52) gr2 örneği ile aynı holokristalen dokuya sahip olmasına rağmen gr2 no'lu örneğe oranla daha fazla kuvars içermekte, tane boyutlarının büyüklüğüne bağlı olarak temas yüzeyleri fazladır. Bu nedenle IS10 örnekte termal iletkenlik değeri gr2 no'lu granit örneğine oranla daha yüksektir.

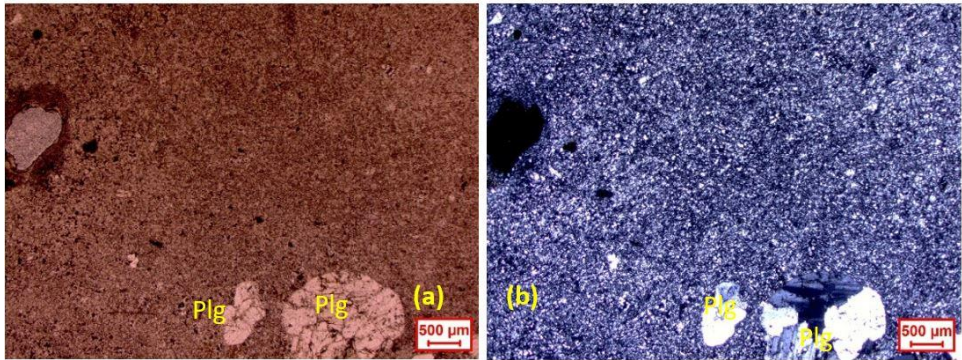
gr1 örneğinde en yüksek termal iletkenlik değeri elde edilmiştir (Şekil 7.53). Metagranit olarak adlandırılmıştır. Kuvars minerallerinin boyutları küçük olmasına rağmen en fazla kuvars içeriğine sahiptir. Metamorfizma geçirmesi nedeniyle mineraller arası temas yüzeyi diğerlerine oranla daha fazladır. En yüksek termal iletkenliğe sahip olmasının nedeni yüksek kuvars içeriği ve metamorfizma geçirmesidir.



Şekil 7.38 IS-MU no'lu ayrıışmış granit kaya örneğinin (a) paralel nikol, (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=0,240$ W/mK, Q: kuvars, Bio: biyotit, Plg: plajiolklas, Pyx: piroksen)-İstanbul



Şekil 7.39 C2 no'lu Dasit kaya örneğinin (a) paralel nikol, (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=0,814$ W/mK, Ort: ortoklas, Bio: biyotit, Q: kuvars)-Ankara



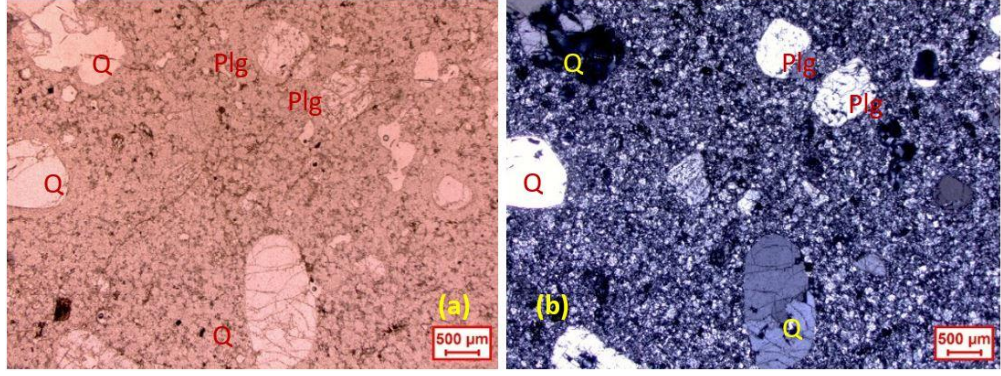
Şekil 7.40 C1 no'lu Riyodasit kaya örneğinin (a) paralel nikol, (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=0,847$ W/mK, Plj: plajiyoklas)-Ankara

Çizelge 7.3 Damar, volkanik ve derinlik kayalara ait petrografik özellikler ve termal iletkenlik tablosu (A:Ankara, Akt: Aktinolit, Amf: Amfibol, B: Boşluk yüzdesi, Bi: Biyotit, BY: Bozunma yüzdesi, BT: Bozunma tipi, F: feldspat, Fnk: Fenokristal, İ:İstanbul, K: Kuvars, L: Laboratuvar, Lbd: Labrador, M: Matriks, Olv: Olivin, Op: Opak mineral ,Plj: plajiyoklas, Prx: piroksen, S: Sanidin, Ti: Termal iletkenlik, Tre: Tremolit)

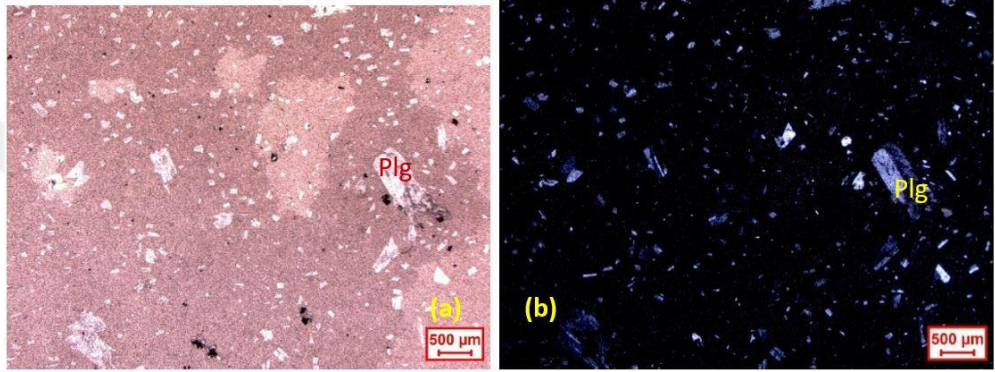
İL	Örnek No	Kayaç adı	Ti (λ - Wm/K)	Doku	M %	Fnk %	Fnk Tane Boyu (µm)	Fnk içeriği	K %	BT	BY %
İ	IS-MU	Ayrıışmış granit	0,240	Holokristalin			100-1500	Q, Plj, Bio, F	40	Killeşme kloritleşme	50
A	C2	Dasit	0,814	Hipokristalin porfirik	88	12	10-1500	Q, Plj,Bio, Sanidin, Opak mineraller	55	Killeşme	10
A	C1	Riyodasit	0,847	Hipokristalin porfirik	90	10	10-1000	Q,Plj,Bio,Amf,Opak mineraller	50	-	-
A	F38	Dasit	0,939	Hipokristalin porfirik	65	35	10-1500	Q, Plj, az Sanidin	50	Killeşme	10
L	Y6	Trakit	1,018	Vitrofirik	85	15	200	Plj, Sanidin, Q, Bio	10	-	
L	Y7	Siyenit	1,335	Holokristalin	-	-	1000	Plj, hrb, Amf			
L	O6	Monzonit	1,338	Holokristalin	-	-	200-3000	Q, Oligoklas, andezin, Amf, Prx, titanit	10	Killeşme	1
L	F41	Granit porfir	1,388	Holokristalin porfirik	-	-	100-1500	Q, Plj	32		
İ	İ63	Meta riyolit	1,702	Hipokristalen	70	30	100-1000	Q, ortoklas	40	Killeşme	1
L	S5	Siyenogranit	1,945	Holokristalin	-	-	500-2500	Ortoklas, mikroklin, oligoklas, Amf, Bio	0	Killeşme	2

Çizelge 7.3 Damar, volkanik ve derinlik kayalara ait petrografik özellikler ve termal iletkenlik tablosu (A:Ankara, Akt: Aktinolit, Amf: Amfibol, B: Boşluk yüzdesi, Bi: Biyotit, BY: Bozunma yüzdesi, BT: Bozunma tipi, F: feldspat, Fnk: Fenokristal, İ:İstanbul, K: Kuvars, L: Laboratuvar, Lbd: Labrador, M: Matriks, Olv: Olivin, Op: Opak mineral ,Plj: plajiyoklas, Prx: piroksen, S: Sanidin, Ti: Termal iletkenlik, Tre: Tremolit) (devam)

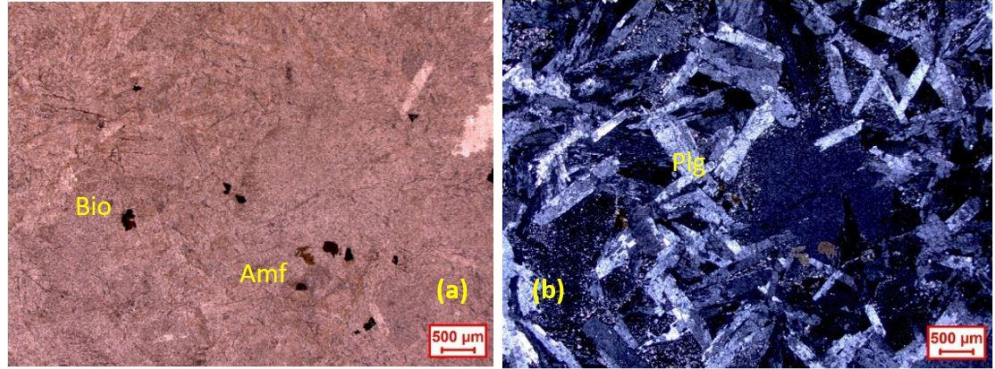
İL	Örnek No	Kayaç adı	Ti (λ - Wm/K)	Doku	M %	Fnk %	Fnk Tane Boyu (µm)	Fnk içeriği	K %	BT	BY %
L	gr2	Ganodiyorit	2,201	Holokristalin	-	-	100-5000	Q,Plj,Amf,az bioti, opak mineraller, ortoklas	25	killeşme	2,5
L	gr4	Granit	2,840	Holokristalin	-	-	100-200	Q,ortoklas, Plj,Bio,Amf, epidot, klorit	45	kloritleşme killeşme	1
L	gb1	Gabro	3,009	Holokristalin	-	-	100-3000	Plj,Prx,ol, Tre, Akt	0	uralitleşme	2,5
İ	İS-10	Alkali Granit	3,049	Holokristalin	-	-	500-2000	Q, ortoklas, Plj,Bio,Amf	0	killeşme	1
L	gr1	Meta granit	3,778	Holokristalin kataklastik	-	-	100-2000	Q,Plj,ortoklas,Bio,muskovit,opak min	55	killeşme	2,5



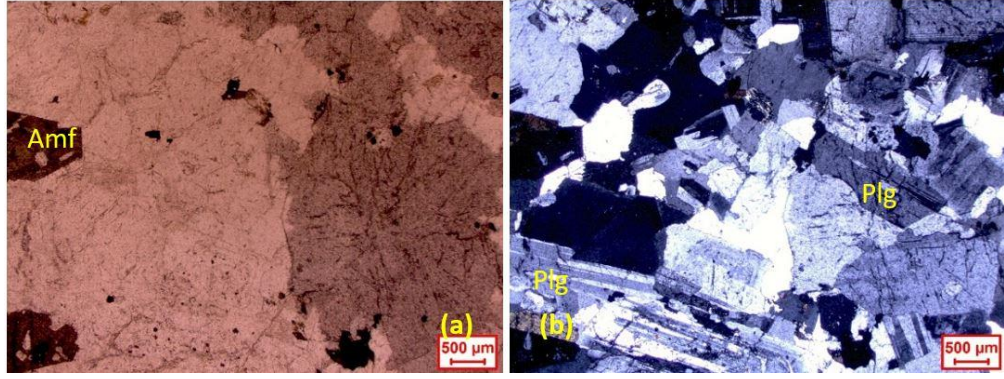
Şekil 7.41 F38 no'lu Dasit kaya örneğinin (a) paralel nikol, (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=0,939$ W/mK, Plg: plajoklas, Q: kuvars)-Ankara



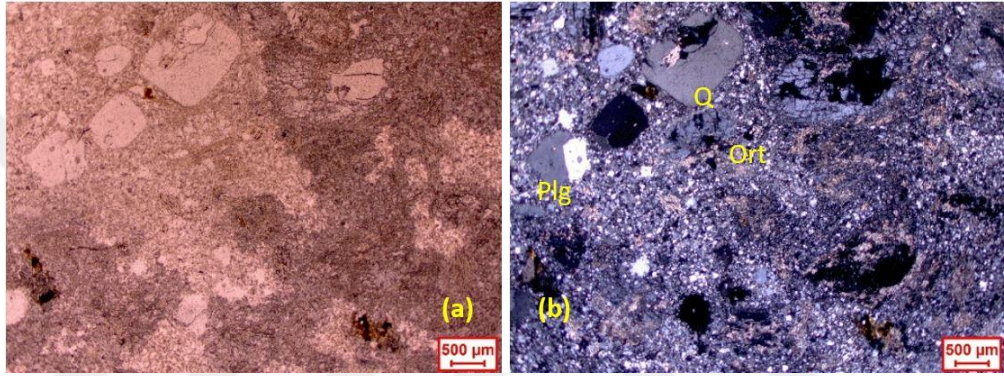
Şekil 7.42 Y6 no'lu Trakit kaya örneğinin (a) paralel nikol, (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=1,018$ W/mK, Plg: plajoklas)-Laboratuvar



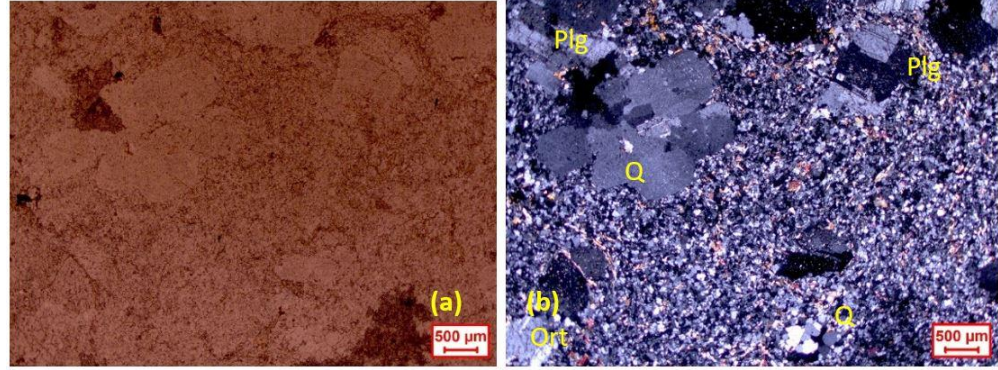
Şekil 7.43 Y7 no'lu Siyenit kaya örneğinin (a) paralel nikol, (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=1,335$ W/mK, Plg: plajoklas, Amf: amfibol, Bio: biyotit) Laboratuvar örneği



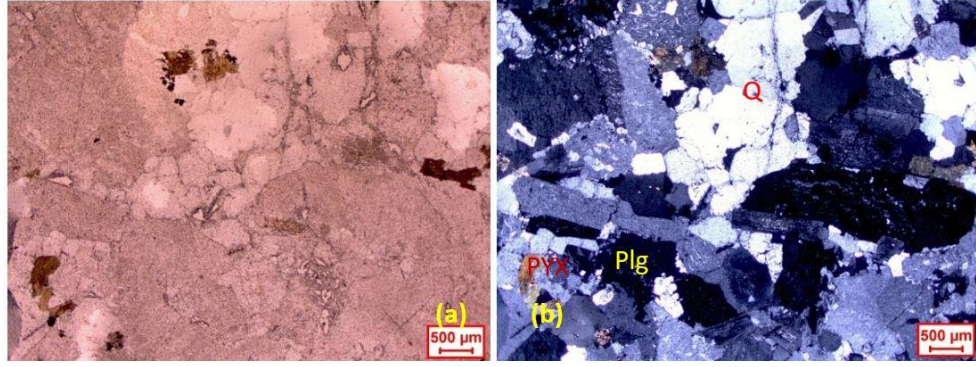
Şekil 7.44 O6 no'lu Monzonit kaya örneğinin (a) paralel nikol, (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=1,338$ W/mK, Plg: plajiolklas, Amf: amfibol)-Laboratuvar



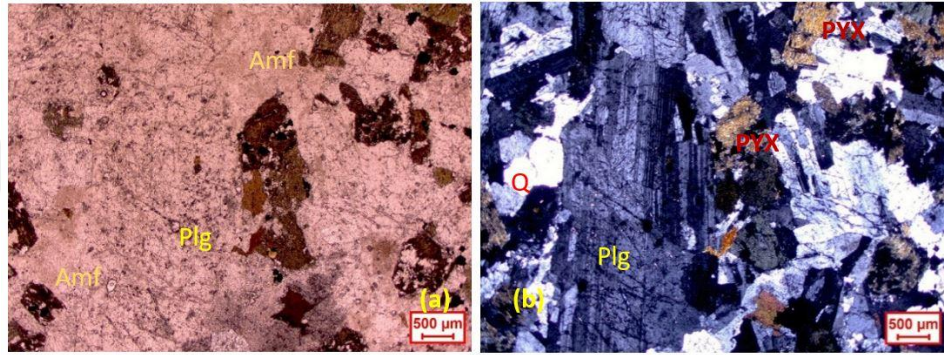
Şekil 7.45 F41 no'lu Granit porfir kaya örneğinin (a) paralel nikol, (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=1,388$ W/mK, Q: kuvars, Plg: plajiolklas, Ort: ortoklas)-Laboratuvar



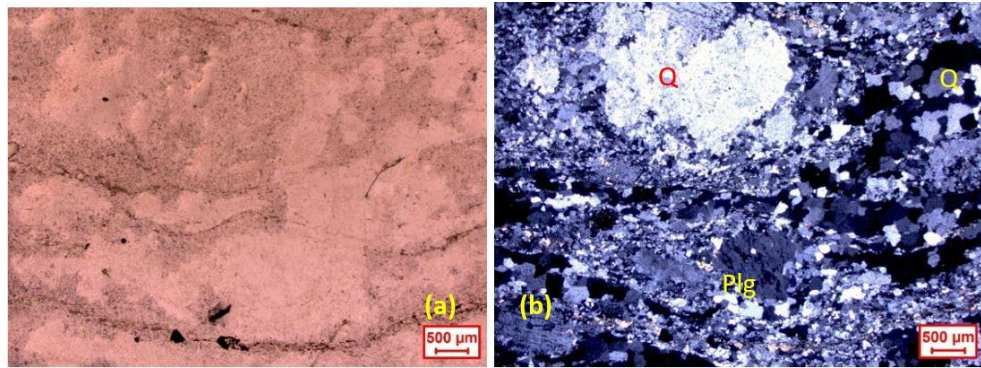
Şekil 7.46 İ63 no'lu Metariyolit kaya örneğinin (a) paralel nikol, (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=1,702$ W/mK, Q: kuvars, Plg: plajiolklas, Ort: ortoklas)-İstanbul



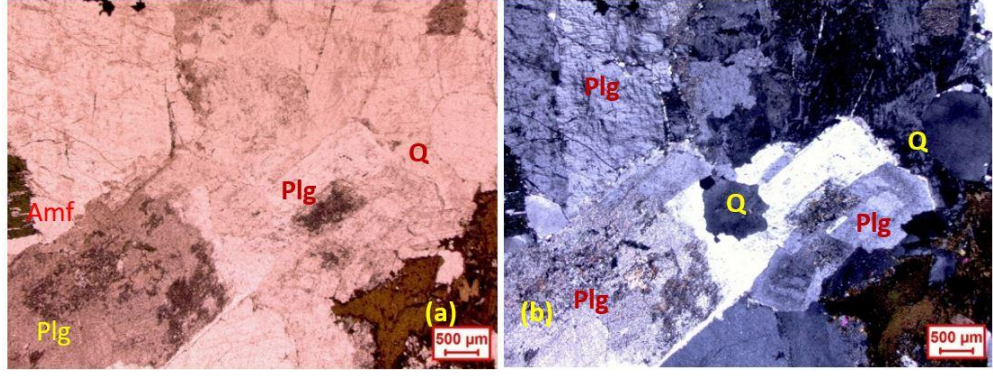
Şekil 7.47 S5 no'lu Siyenogranit kaya örneğinin (a) paralel nikol, (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=1,945$ W/mK, Q: kuvars, Plg: plajoklas, Pyx: piroksen)-Laboratuvar



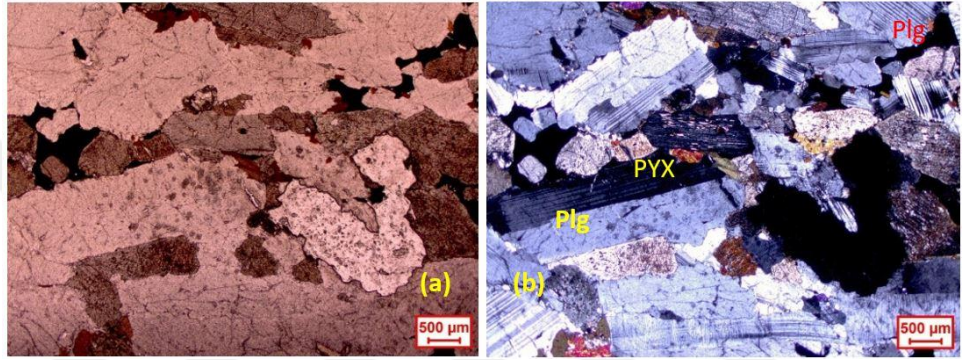
Şekil 7.48 gr2 no'lu Granodiyorit kaya örneğinin (a) paralel nikol, (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=2,201$ W/mK, Plg: plajoklas, Q: kuvars, Amf: amfibol, Pyx: piroksen)-Laboratuvar



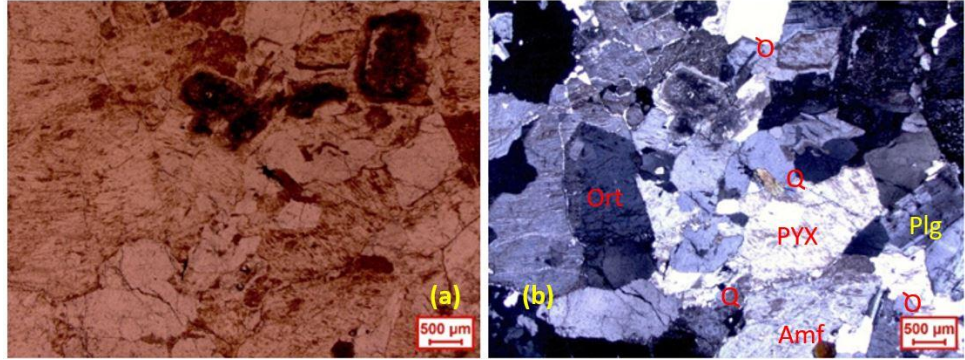
Şekil 7.49 Y5 no'lu metagranit kaya örneğinin (a) paralel nikol, (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=2,238$ W/mK, Plg: plajoklas, Q: kuvars) Laboratuvar



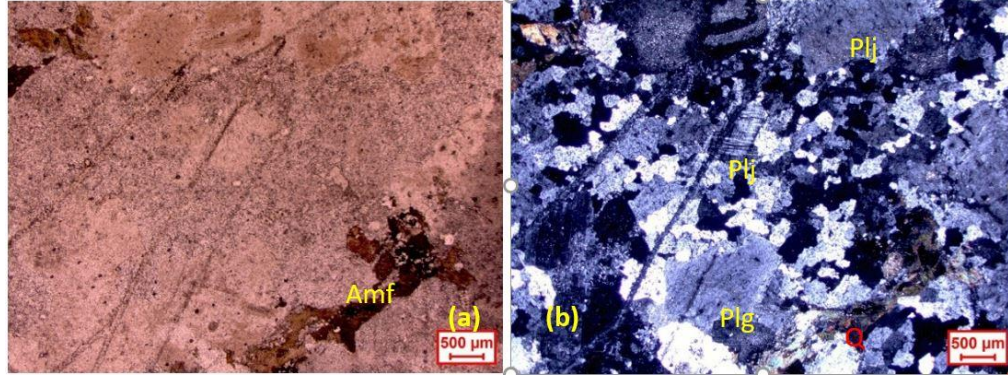
Şekil 7.50 gr4 no'lu metagranit kaya örneğinin (a) paralel nikol, (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=2,238$ W/mK, Plg: plajioklas, Amf: amfibol, Q: kuvars,) Laboratuvar



Şekil 7.51 gb1 no'lu gabro kaya örneğinin (a) paralel nikol, (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=3,009$ W/mK, Plg: plajioklas, Pyx: piroksen) Laboratuvar



Şekil 7.52 IS-10 no'lu alkali granit kaya örneğinin (a) paralel nikol, (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=3,049$ W/mK, Q: kuvars, Ort: Ortoklas, Plg: plajioklas, Pyx: piroksen, Amf: amfibol)-İstanbul



Şekil 7.53 gr1 no'lu metagranit kaya örneğinin (a) paralel nikol, (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=3,778$ W/mK, Q: kuvars, Plg: plajiolklas, Amf: amfibol) Laboratuvar

7.2.1.4 Piroklastik kayalar

İstanbul ve Ankara bölgelerinde yüzeylenen piroklastik kayalarda yapılan termal iletkenlik ve mineralojik özellikler Çizelge 7.4 de yer almaktadır.

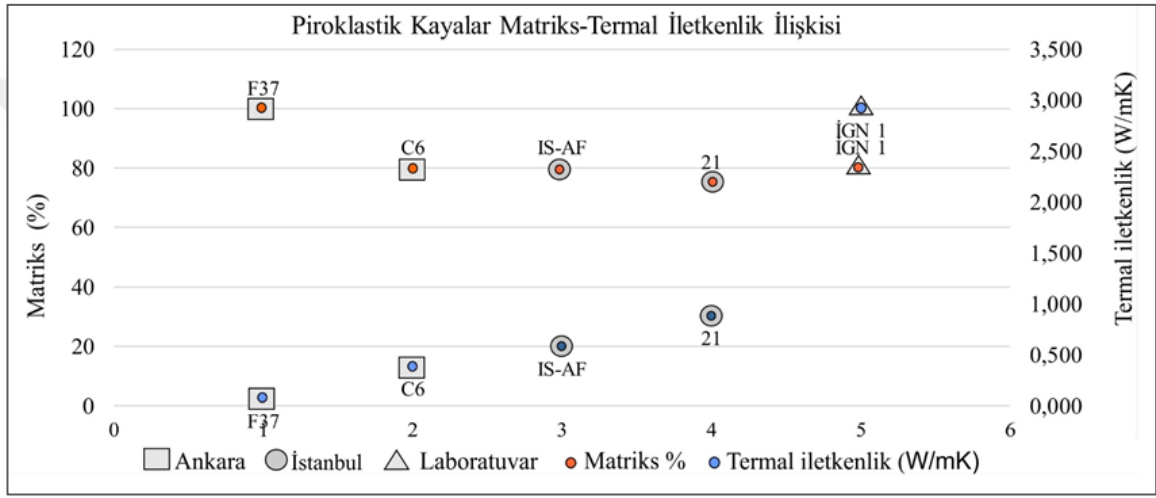
Çizelge 7.4 Piroklastik kayalara ait petrografik özellikler ve termal iletkenlik tablosu (A:Ankara, Akt: Aktinolit, Amf: Amfibol, B: Boşluk yüzdesi, Bi: Biyotit, BY: Bozunma yüzdesi, BT: Bozunma tipi, F: feldspat, Fnk: Fenokristal, İ:İstanbul, K: Kuvars, Klş: Killeşme, L: Laboratuvar, Lbd: Labrador, M: Matriks, Olv: Olivin, Op: Opak mineral, Opk: opaklaşma, Plj: plajiyoklas, Prx: piroksen, S: Sanidin, Ti: Termal iletkenlik, Tre: Tremolit)

İL	Örnek No	Kayaç adı	Ti (λ -Wm/K)	Doku	M %	Fnk %	Fnk Tane Boyu (μ m)	Fnk içeriği	K %	BT	BY %	B %
A	F37	Obsidiyen	0,069	Camsı	100	-	-	-	-	-	-	-
A	C6	Litik tuf	0,388	Hipoklastik porfirik	80	20	5-300	K, Plj, Bi	7,5	Opk, Klş	12	
İ	IS-AF	Piroklastik	0,581	Porfirik	80	20	200	Plj	-	Klş	60	10
İ	21	Piroklastik	0,883	Porfirik	75	25	200	Plj	-	Klş	60	10
L	İGN 1	İgnimbrit	2,923	Hyaloklastik porfirik	80	20	10-500	K,Plj,A mf, Bi, S	40	Klş	2	

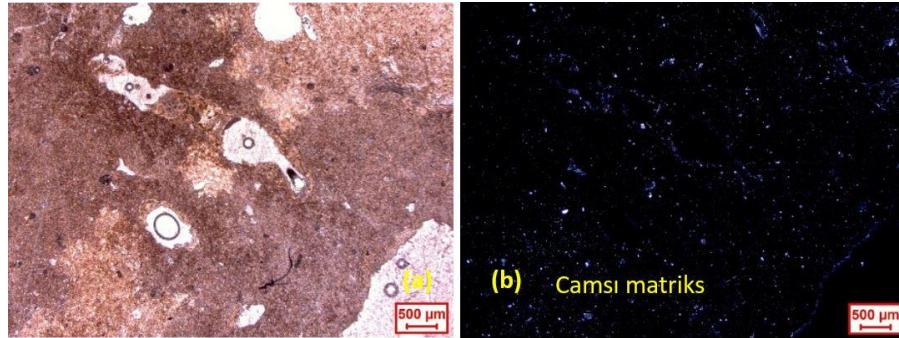
Piroklastik kayalarda farklı matriks miktarına sahip olan porfirik, hyaloklastik porfirik ve hipokrisyalin porfirik doku gözlenmiştir. Termal iletkenlik belirgin olarak matriks miktarı ile ters orantılı özellik göstermektedir. Camsı doku en fazla F37 örneği olan obsidiyende (Şekil 7.54) gözlenmektedir. Piroklastik kaya örneklerinden sadece C6-litik tuf (Şekil 7.56) ve İGN-1 ignimbrit (Şekil 7.59) kaya örneklerinde kuvars bulunmaktadır. Litik tuf örneğinde silis minerallerin yığılmasının soğuk ortamda olması nedeniyle silis

mineralleri birbiri ile temas yüzeyleri azalarak düşük termal iletkenlik değerine neden olmaktadır. İgnimbrit örneğinde ise C6 litik tüf örneğinden farklı olarak silis mineralleri sıcak ortamda yığılarak volkan kıymıklarını oluşturmaktadır. Bu durumda birbiri ile temas yüzeyleri artan silis mineralleri termal iletkenliği artırmaktadır. Ayrıca C6 örneğinde bozunma yüzdesi İGN1 örneğine oranla yüksek olması termal iletkenliği azaltan diğer bir faktördür.

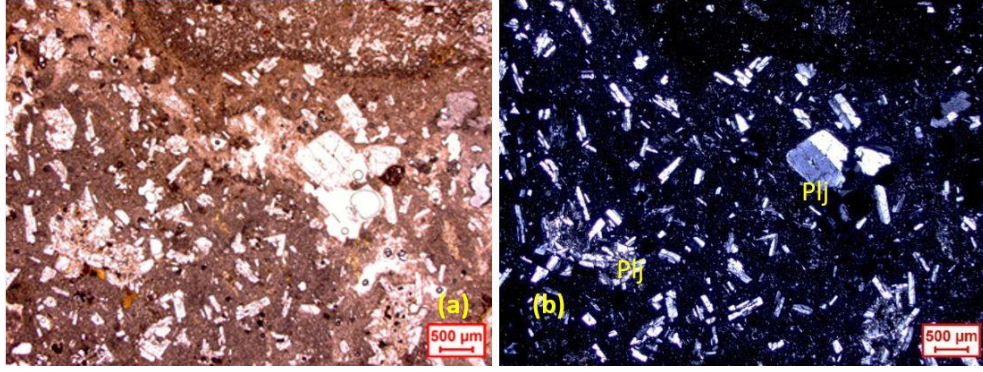
Elde edilen ilk bulgulara göre matriks oranının azalması ile termal iletkenliğin yükseldiği görülmektedir. Örnek sayısı artırılarak kuvars, bozunma yüzdesi ve tipi ile boşluk oranlarının termal iletkenliğe etkisi daha detaylı incelenmelidir.



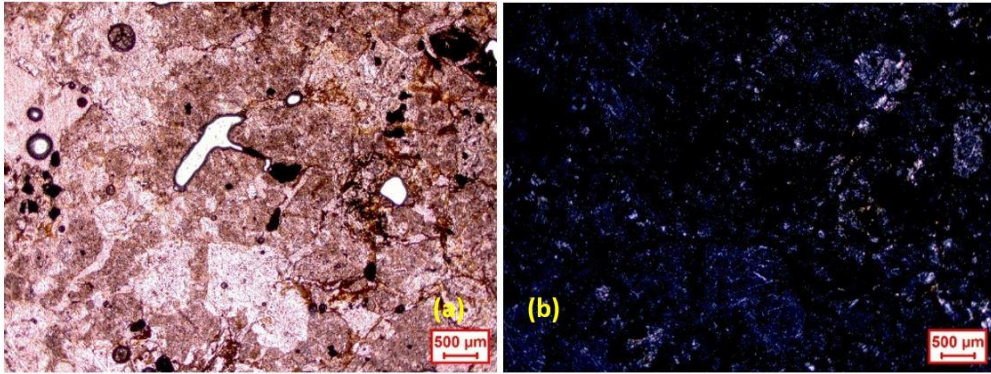
Şekil 7.54 Piroklastik kayalara ait matriks-termal iletkenlik değişimi grafiği



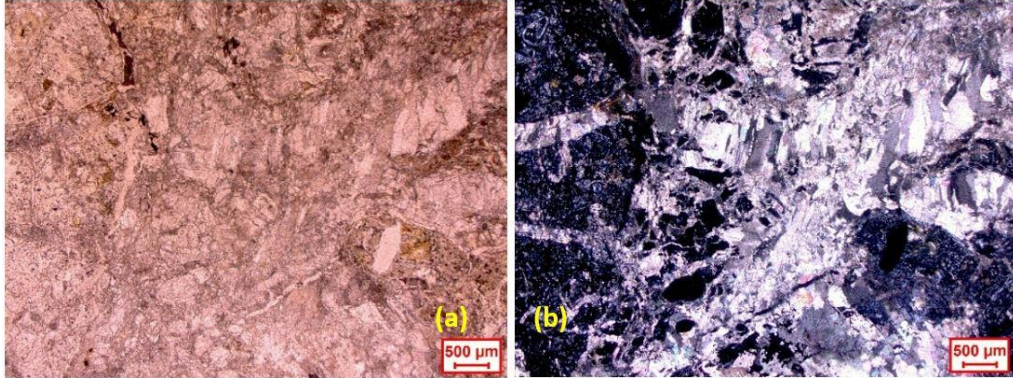
Şekil 7.55 F37 no'lu Obsidiyen kaya örneğinin (a) paralel nikol, (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda = 0,069$ W/mK)-Ankara



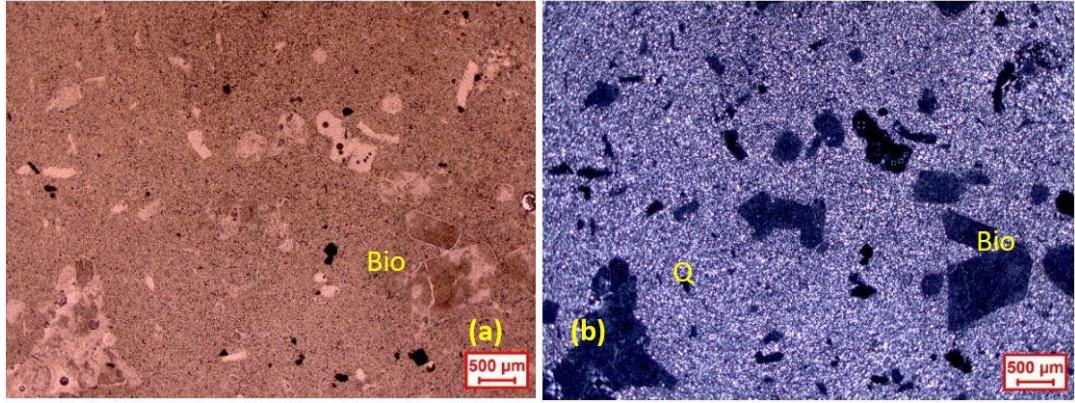
Şekil 7.56 C6 no'lu Litik tuf kaya örneğinin (a) paralel nikol, (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=0,388$ W/mK)-Ankara



Şekil 7.57 İS-AF no'lu piroklastik kaya örneğinin (a) paralel nikol, (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=0,581$ W/mK)-İstanbul



Şekil 7.58 21 no'lu piroklastik kaya örneğinin (a) paralel nikol, (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=0,883$ W/mK)-İstanbul



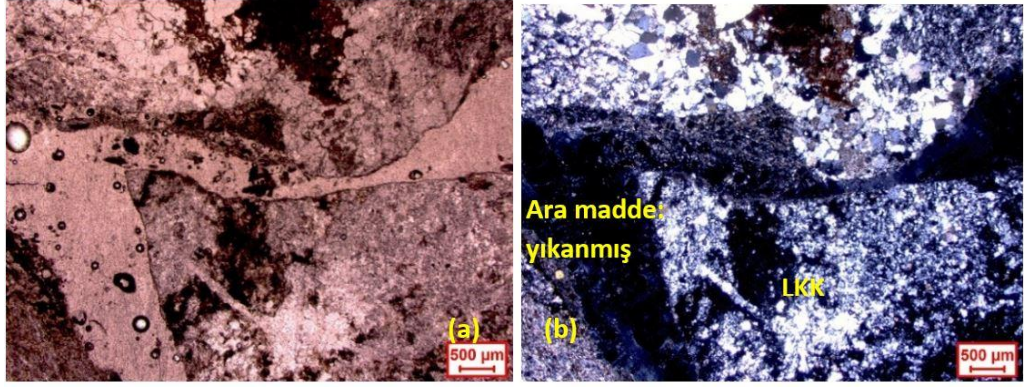
Şekil 7.59 İGN-1 no'lu ignimbrit kaya örneğinin (a) paralel nikol, (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=2,923$ W/mK)-Laboratuvar

7.2.2 Kumtaşları

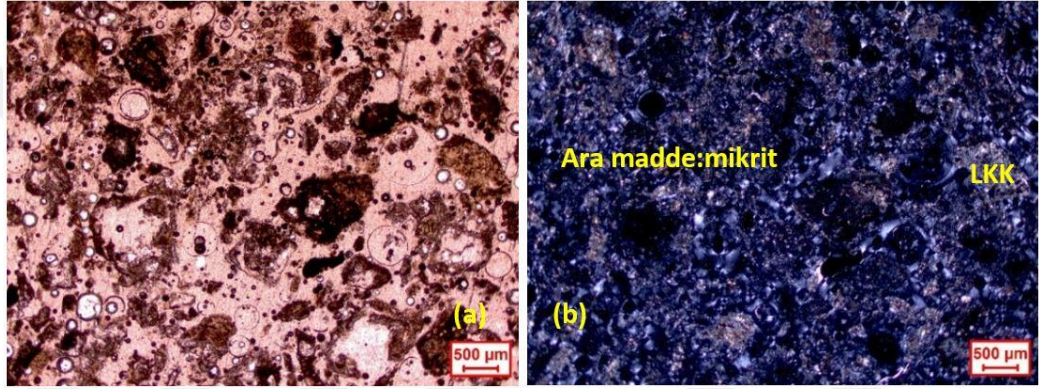
Kumtaşları genel olarak farklı bileşimde ve farklı kökenli kayaların fiziksel parçalanmaları sonucu kırıntıların biraraya gelerek diyajenez geçirmesi ile oluşan kumtaşları farklı renk, doku, tane boyutu ve mineralojik bileşime sahiptirler. Ancak bu kumtaşlarındaki tane bileşimlerinin yanında bağlayıcı oranı son derece önem taşımaktadır. Çökelme sırasında tanelerin kazandığı boylanma, tanenin yuvarlaklığı, taneleri birbirine bağlayan ara madde ve çimento varlığı, kuvars miktarı ve kuvars tanelerinin boylanması kumtaşlarının termal iletkenliğini etkileyen faktörlerdir.

O5 (Şekil 7.60), is-y (Şekil 7.61) ve Y3-b (Şekil 7.63) örnekleri ara madde destekli dokuya sahiptir. Boylanma, yuvarlaklaşma ve küreselleşme özellikleri kötüdür. Oysa O9 (Şekil 7.87) numaralı kumtaşı örneğinin dokusu tane destekli, boylanma, küreselleşme ve yuvarlık özellikleri orta özelliktedir. Çimento kalsitten oluşmaktadır. Bu nedenle O9, is-y ve Y3-b örneklerine oranla daha yüksek termal iletkenlik değerine sahiptir (1,869 W/mK).

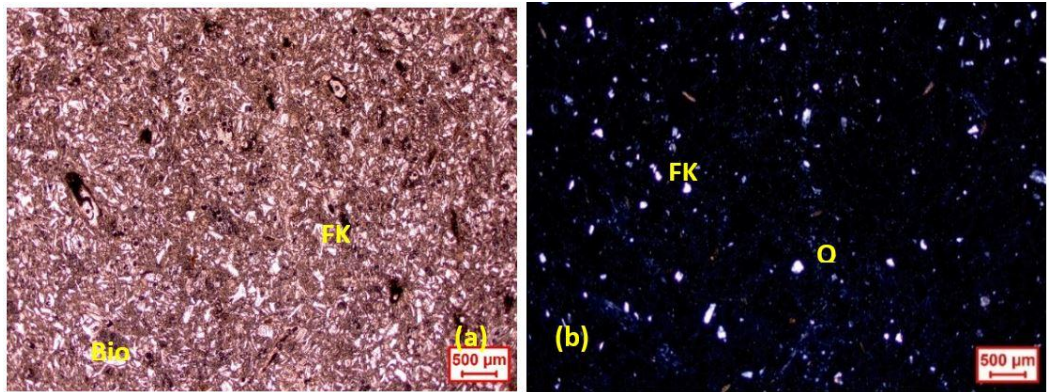
İs3-4 ktg (Şekil 7.93) ve İs-6 (Şekil 7.94) örnekleri O9 örneği ne benzer olarak tane destekli dokuya sahiptir. Boylanma, küresellik ve yuvarlaklaşma özellikleri O9'a oranla daha iyi olup, çimento tamamen silisten oluşmaktadır ve kuvars minerali 95% ten fazladır. Bu nedenle termal iletkenliği en yüksektir (5,475 W/mK).



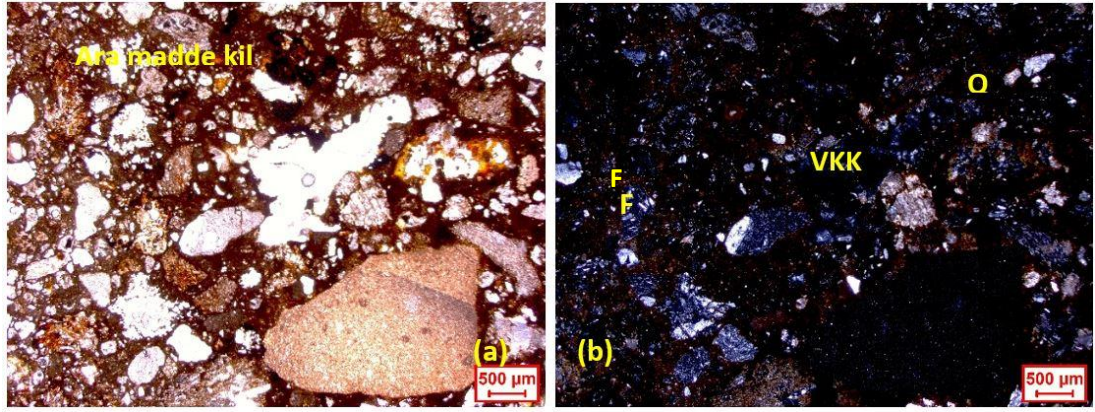
Şekil 7.60 O5 no'lu kumtaşı örneğine ait (a) paralel (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=0,356$ W/mK, LKK: Litik kaya kırıntısı)-Ankara



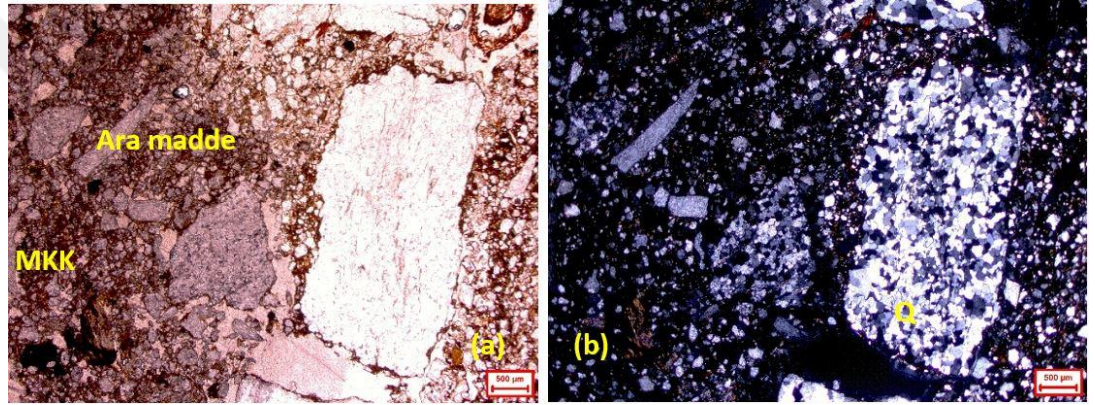
Şekil 7.61 is-y no'lu kumtaşı örneğine ait (a) paralel (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=0,436$ W/mK)-İstanbul



Şekil 7.62 i30 a-t no'lu kumtaşı örneğine ait (a) paralel (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=0,490$ W/mK, FK: Feldspat kırıntı, Q: kuvars, Bio:bioklastik kırıntı)-İstanbul



Şekil 7.63 Y3-b no'lu kumtaşı örneğine ait (a) paralel (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=0,505$ W/mK, VKK: kaya kırıntısı, F: Feldspat, Q: kuvars)-Laboratuvar



Şekil 7.64 İs-18 nolu Litarenit örneğine ait (a) paralel (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=0,588$ W/mK, MKK:Metamorfik kaya kırıntısı, Q: kuvars)-İstanbul

Çizelge 7.5 Kumtaşı kaya grubu petrografik özellikler ve termal iletkenlik tablosu

A: Ankara, İ: İstanbul, L: Laboratuvar, B: Boylanma, Y: yuvarlaklaşma, K: küreselleşme, Bio: biyoklastik, C: Karbonat, F: feldspat, FKK: fillit kaya kırıntısı, KKK: Karbonat kaya kırıntısı, LKK: litik kaya kırıntısı, Mi: mika, MKK: metamorfik kaya kırıntısı, ND: tanımlanamamış Q: kuvars, VKK: kaya kırıntısı, FeO: demiroksit										
İL	Örnek No	Kayaç adı	Termal iletkenlik (W/mK)	Doku	Tane yapısı	Çimento	Aramadde	Egemen mineral bileşimi (%)	Egemen tane boyu (µm)	Açıklama
A	O5	İnce litik çakıltası	0,356	Ara madde destekli	B:kötü, Y:kötü, K:kötü	-	-	LKK	2000-4000 çakıltası	Ara madde gitmiş, ara madde kil olabilir
İ	is-y	Litik vake	0,436	Ara madde destekli	B:kötü, Y:kötü, K:kötü	-	Koyu mikrit	LKK		
İ	İ30-at	Kırıntılı	0,490	ND	B:kötü, Y:kötü, K:kötü			FF>Q>Bio, Q		kaya içerisinde pelajik foraminifer var, silis var. Denizel volkanizmanın içine düşen sedimenter kaya
L	Y3-b	Litik vake	0,505	Ara madde setekli	B:kötü, Y:kötü K:kötü	-	%15 kireçli kil ara madde, FeO	VKK>F>Q	750-1000	-
İ	İs 18	Kumtaşı	0,588	Tane değimli ara maddeli	B:orta, K: orta Y: kötü	-	5-6 % Kil, FeO	Q>MKK>Mi	150-200 ince kum	Kaba kum taneleri içeren ince kum
İ	İs 43	Q'ca zengin feldspatik vake	0,596	Vake	B:kötü, Y:orta-kötü	-	%40 Kil	Q>F	200-250 ince kum	ara madde çok fazla
İ	İ20	Litarenit	0,735	Tane destekli çimentolu	B: kötü, Y: kötü K: orta	Silis	-	Q>>MKK>F,	Orta kumtaşı	-

Çizelge 7.5 Kumtaşı kaya grubu petrografik özellikler ve termal iletkenlik tablosu (devam)

İL	Örnek No	Kayaç adı	Termal iletkenlik (W/mK)	Doku	Tane yapısı	Çimento	Aramadde	Egemen mineral bileşimi%	Egemen tane boyu (µm)	Açıklama
İ	is-z	Kumtaşı-sub arkoz	0,862	Tane destekli silis çimentolu	B: kötü, Y: kötü K: orta	Silis	-	Q>F>LKK	200-250 İnce kumtaşı	-
A	12	Kalkarenit	0,984	Tane destekli kalsit çimentolu	B:kötü K: kötü, Y: orta	Kalsit	-	C >%50>Q, F, tek tük mika kırıntısı	200-150 ince-çok ince kumtaşı	-
A	Z15	Litarenit	1,038	Tane destekli kalsit çimentolu	B:kötü K: kötü, Y: orta	Kalsit	-	MKK>VKK>Mi	200-150 ince-çok ince kumtaşı	-
İ	İs 2 sp	İnce kumtaşı-Filarenit	1,048	Tane değerli ara maddeli doku	B:orta, K: kötü, Y: kötü	-	2-5 % kil	MKK>VKK>Mi	125-200 ince çok kumtaşı	-
A	Z19-1	Meta-konglomera	1,109	ND	B:kötü, Y:kötü, K:kötü	-	-	Q%50>F>Mi>VK K>KKK	1000-150 Konglomera	Oksitlenme
İ	13	Litarenit	1,170	Tane destekli	B:orta K: orta Y: orta	Çok az silis	Yersel kil	Q%50>F>Mika>VKK>KKK	200-100 İnce çok ince kumtaşı	-
A	H34	Volkanik arenit	1,239	Tane destekli çimentolu	B:orta, K: orta, Y: orta	kalsit çimento	-	VKK>KKK>F>Q	125-250	-

Çizelge 7.5 Kumtaşı kaya grubu petrografik özellikler ve termal iletkenlik tablosu (devam)

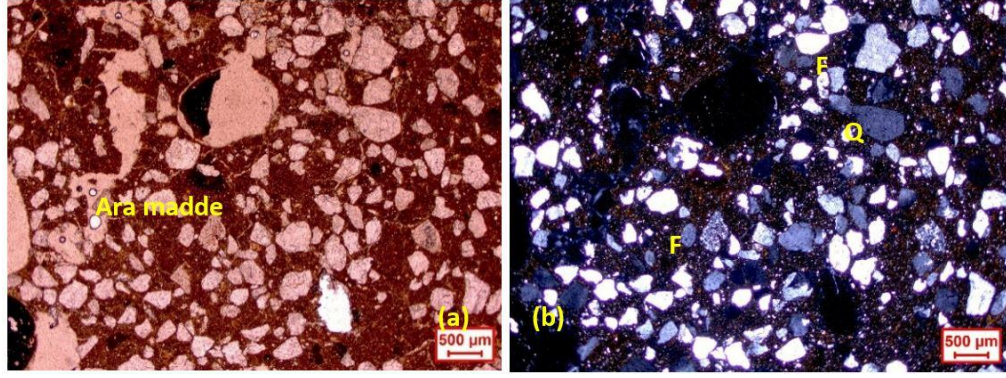
İL	Örnek No	Kayaç adı	Termal iletkenlik (W/mK)	Doku	Tane yapısı	Çimento	Aramadde	Egemen mineral bileşimi%	Egemen tane boyu (µm)	Açıklama
İ	19	Litarenit	1,253	Tane destekli	B:kötü, K: kötü, Y: kötü	-	Kil+FeO %10-15	Q>LKK>MKK>	200-150 İnce orta kumtaşı	Oksitlenme
A	H13	Volkanik arenit	1,359	Tane destekli çimentolu	B:iyi, K: orta, Y: kötü	Spar kalsit çimento	-	VKK>Klorit >Q>F.> KKK	125 den küçük İnce kum	-
A	L6	Litarenit İnce Kumtaşı	1,359	Tane destekli kalsit çimentolu	B: orta, Y:kötü, K: orta-kötü	Tümüyle kalsit	-	KKK>Q>F>VKK	200-250 ince kumtaşı	-
İ	İs ts ham	Kuvars siltaşı	1,428	Silis	-	-	-	Q	-	Mika ve serisit, kırıntılı numune
İ	İs-9-dp	Litarenit	1,429	Tane değimli ara madde destekli doku	B: orta, Y: orta-kötü, K: kötü	-	2-5 %Kil	Q>Mika>VKK	İnce kum	Kil ara madde Fe li, nedeni bakteriler
İ	İs de	Filarenit	1,439	Tane değimli ara madde destekli	B:orta, K: kçtü, Y: orta-kötü	-	Kil 3-5%	Fillit kaya kırıntıları çok fazla, FKK>VKK>Q	Orta kum	Kuvarslar metamorfikten türemiş
A	HY5	Volkanik arenit	1,460	Tane değimli	B: orta, Y: kötü K: orta	Kalsit	%3 Kil	VKK>Q>KKK>F	200-100 İnce kumtaşı	-

Çizelge 7.5 Kumtaşı kaya grubu petrografik özellikler ve termal iletkenlik tablosu (devam)

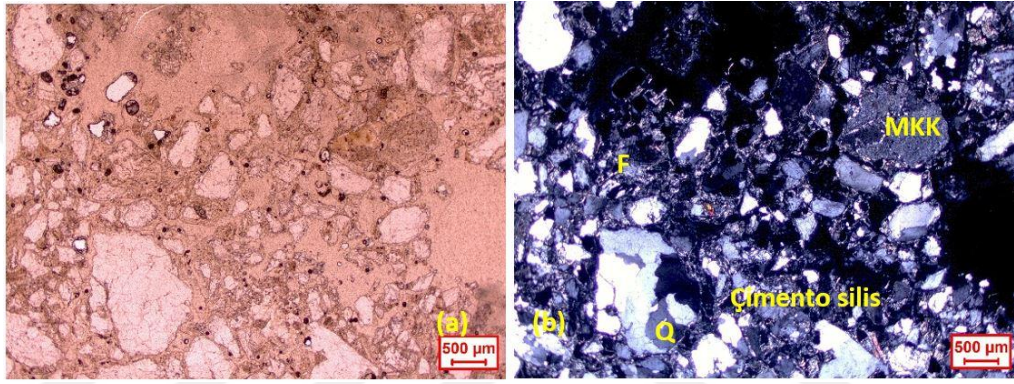
İL	Örnek No	Kayaç adı	Termal iletkenlik (W/mK)	Doku	Tane yapısı	Çimento	Aramadde	Egemen mineral bileşimi%	Egemen tane boyu (µm)	Açıklama
İ	İ34-1	Silttaşı	1,577	Tane destekli çimentolu	ND	Kalsit	-	KKK>Q >>Mi		kalsit çimento ile karbonat kırıntıları birleşmiş, diyajenez özelliği
A	O8	Litarenit	1,619	Tane destekli kalsit çimentolu	B: kötü-orta K: orta Y: kötü	Kalsit	%3 Kil	Q>KKK>VKK>> silisklastik kaya kırıntısı	350-400, Orta kumtaşı	-
A	H31	İnce kumtaşı Litarenit	1,668	Tane destekli çimentolu	B: orta K: orta Y: orta	Kalsit	-	KKK>Q>VKK>F (%50 den fazla KKK)	125-150 İnce kum	-
A	Z11	Litarenit	1,695	Tane destekli yersel kalsit çimentolu,	B:orta-iyi, K: orta-kötü Y: kötü	Bölümsel olarak kalsit	Kil 1-2%	Q≥VKK>KKK>F >MKK	100-125, ince kumtaşı	-
A	ZO3	Silttaşı	1,723	Tane destekli	-	Spar kalsit çimento	-	KKK>>>Q	64 den küçük	-
İ	is ts işl	Kuvars silttaşı işlenmiş	1,822	silis	-	-	-	Q	-	Mi ve serizit 3/4 oranında azalmış. Kırıntılı numune
A	O9	Litarenit	1,869	Tane destekli kalsit çimentolu	B: orta Y: kötü K: orta	Kalsit	-	Q≥KKK>VKK>Mi	200-150, ince kumtaşı	-

Çizelge 7.5 Kumtaşı kaya grubu petrografik özellikler ve termal iletkenlik tablosu (devam)

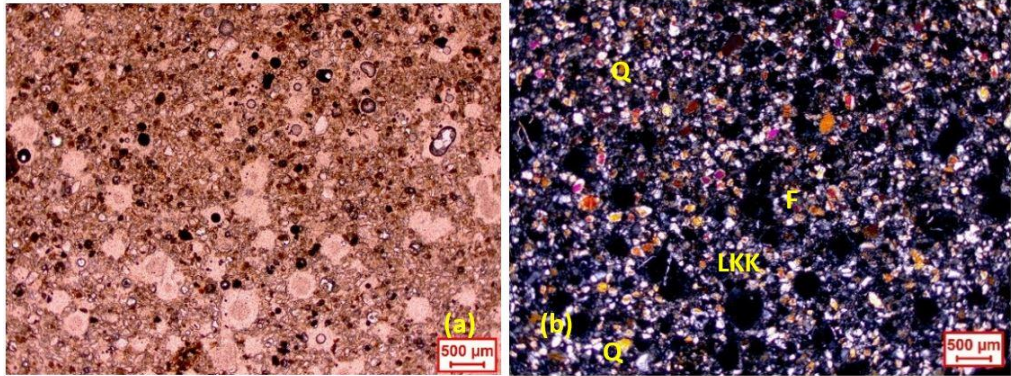
İL	Örnek No	Kayaç adı	Termal iletkenlik (W/mK)	Doku	Tane yapısı	Çimento	Aramadde	Egemen mineral bileşimi%	Egemen tane boyu (µm)	Açıklama
A	HY4	Litarenit	2,097	Tane değimli	B:orta-kötü K: orta	az çimento	3% kil	Q>VKK>KKK>F	250, Orta-ince kumtaşı	-
A	HY3	Litarenit	2,160	Tane destekli çimentolu	B:orta-kötü, K: orta	sparkalsit	-	KKK>Q>VKK>F	200-250 >>>500 ince kumtaşı	-
A	KZ1	Litarenit	2,446	Tane destekli kil ara maddeli	B:kötü K: orta Y: kötü	-	10 % kil-FeO	Q>LKK>VKK>M KK	250 kaba kumtaşı	-
İ	İ81	Litarenit	3,060	Tane değimli ara madde	B: kötü K: orta-kötü	-	3-5 %Kil	Q>MKK	250 İnce kumtaşı	-
İ	İs 3 Ktg	Kuvars arenit	4,300	Tane destekli	B:orta Y:orta K:orta	Silis	-	Q>>>F	Silis taneler ile çimento birleşmiş	-
İ	İs-4 Ktg	Kuvars arenit	5,442	Tane destekli çimentolu	B:iyi, K orta Y:iyi	Silis	-	Q>95%	250 İnce kumtaşı	Silis mikrokristalin kuvarsa dönüşmüş ve az feldspat var. Silis çimento ile taneler birleşmiş
İ	İs-6	Subarkoz	5,475	Tane destekli	B:iyi K:iyi Y:iyi	Silis		Q>>>F. Q %90	250 İnce kumtaşı	Feldspatlar mikrokristalin kuvars ve serizite dönüşmüş. Silis çimento taneler ile birleşmiş. Orijinal kayada gözenekler silis ile dolu



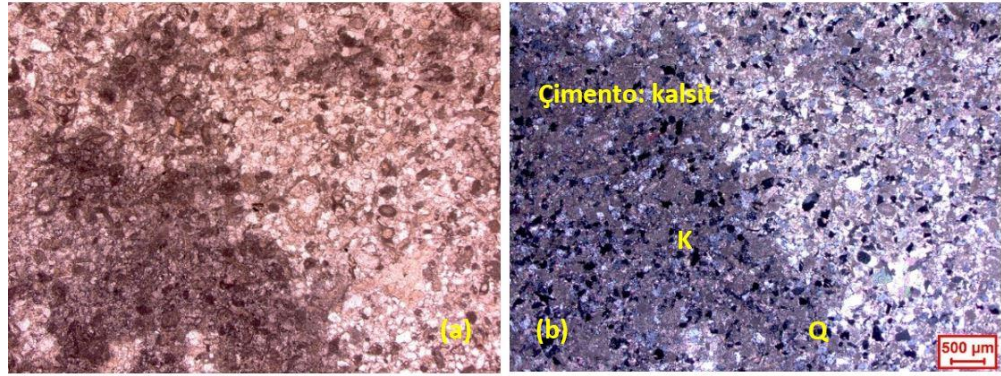
Şekil 7.65 İs-43 no'lu Kuvarsca zengin feldspatik vake örneğine ait (a) paralel (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=0,596$ W/mK, Q: kuvars, F: Feldspat). İstanbul



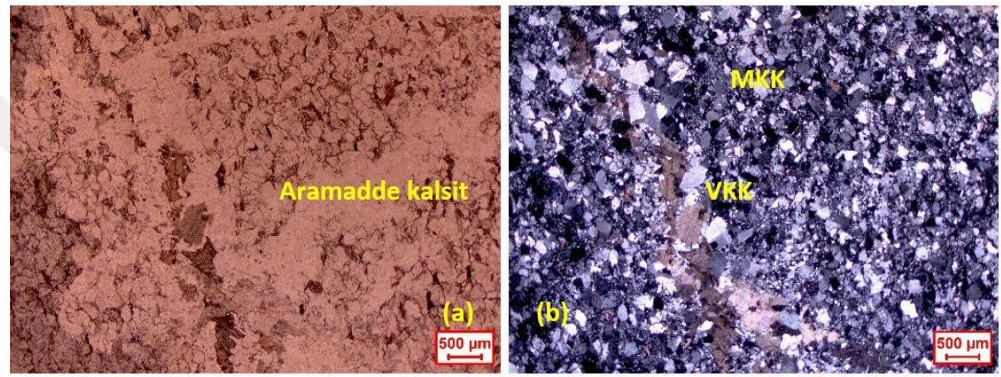
Şekil 7.66 İ-20 no'lu Literanit örneğine ait (a) paralel (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=0,735$ W/mK, Q: kuvars, MKK: metamorfik kaya kırıntısı, F: Feldspat)-İstanbul



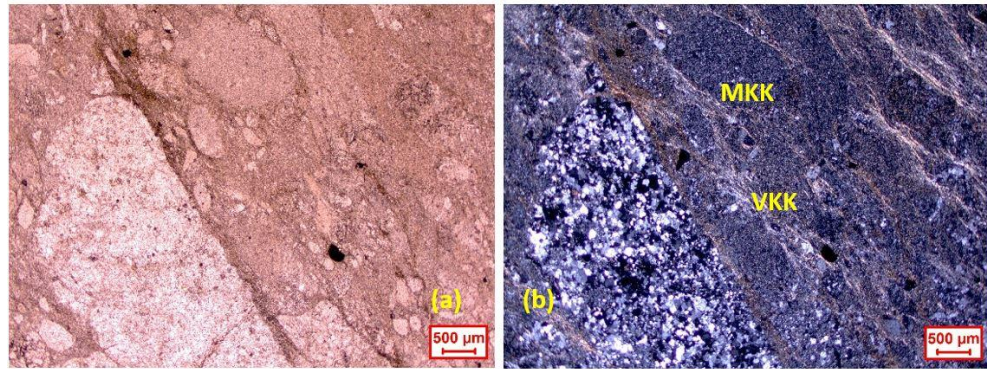
Şekil 7.67 is-z no'lu Literanit-Subarkoz örneğine ait (a) paralel (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=0,862$ W/mK, Q: kuvars, LKK: Litik kaya kırıntısı, F: Feldspat)-İstanbul



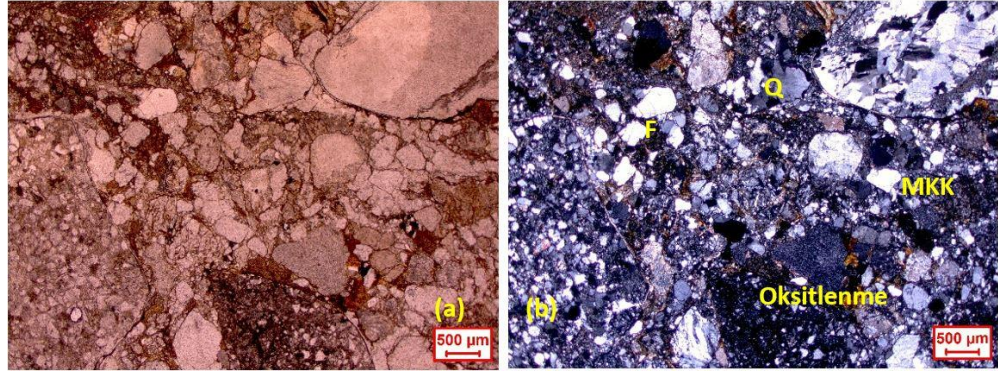
Şekil 7.68 12 no'lu Kalkarenit örneğine ait (a) paralel (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=0,984$ W/mK, K: Kalsit, Q: kuvars)-Ankara



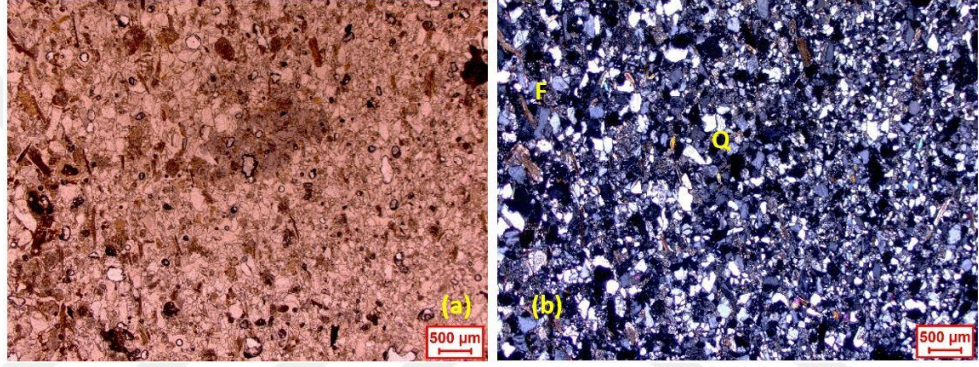
Şekil 7.69 Z15 nolu Filarenit örneğine ait (a) paralel (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=1,048$ W/mK, MKK: Metamorfik kaya kırıntısı, VKK: Volkanik kaya kırıntısı)-Ankara



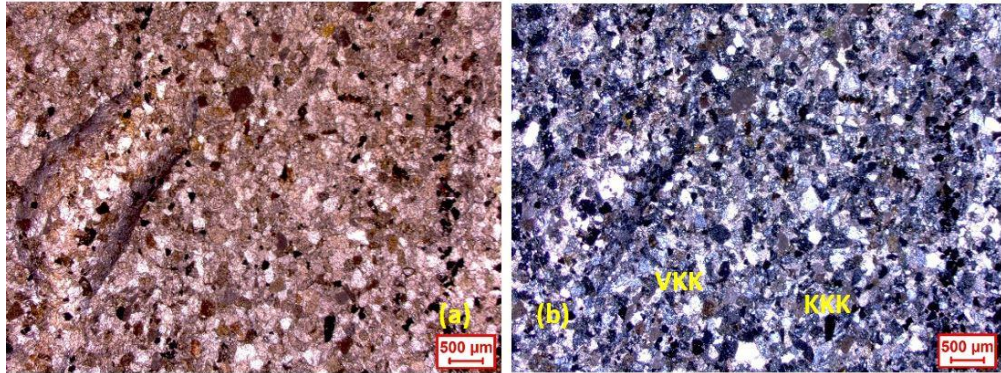
Şekil 7.70 İs 2 sp no'lu Filarenit örneğine ait (a) paralel (b) çapraz nikol ($\lambda=1,038$ W/mK, MKK: Metamorfik kaya kırıntısı, VKK: Volkanik kaya kırıntısı)-İstanbul



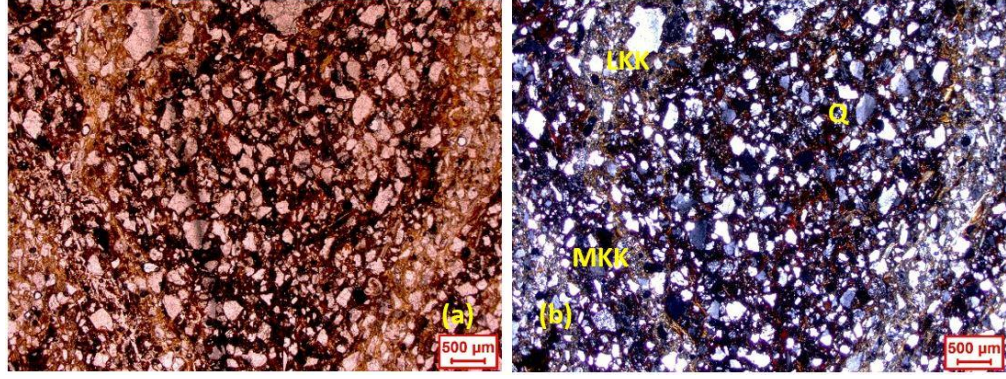
Şekil 7.71 Z19-1 no'lu Metakonglomera örneğine ait (a) paralel (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=1,109$ W/mK, MKK: Metamorfik kaya kırıntısı, F: feldspat Q: kuvars)-Ankara



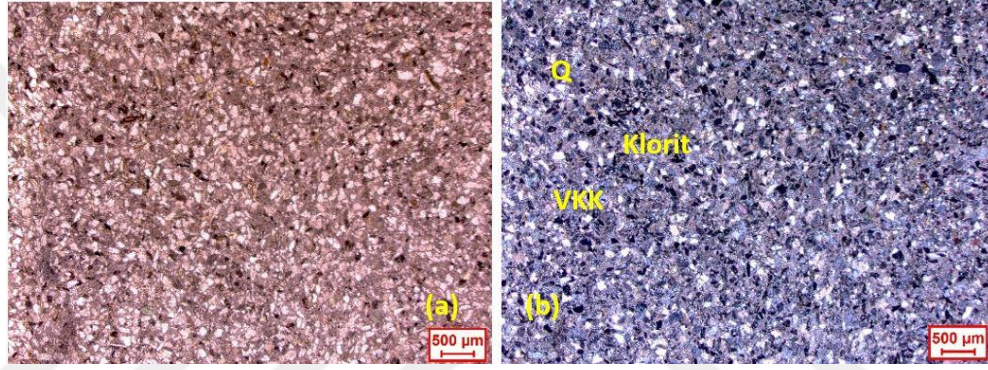
Şekil 7.72 13 no'lu Litarenit örneğine ait (a) paralel (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=1,170$ W/mK, Q: kuvars, F: feldspat)-İstanbul



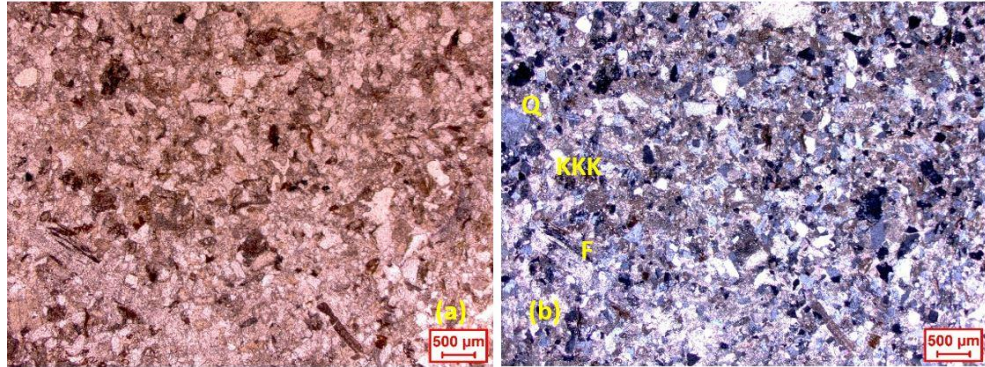
Şekil 7.73 H34 no'lu Volkanikarenit örneğine ait (a) paralel (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=1,239$ W/mK, Q: kuvars, F: feldspat)-Ankara



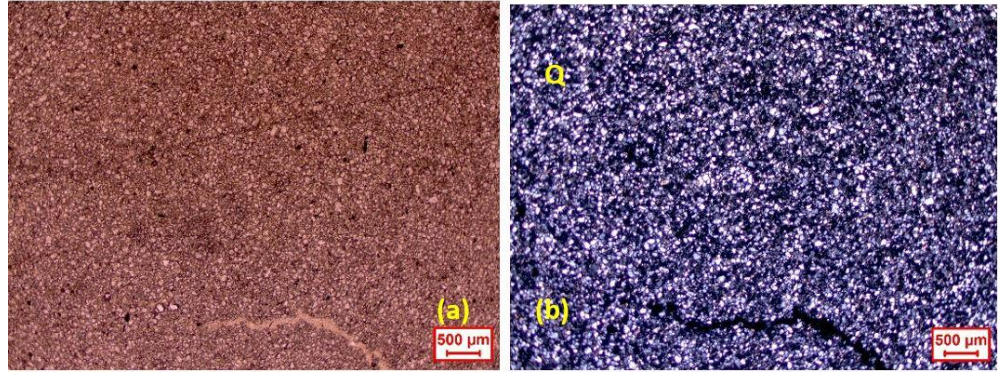
Şekil 7.74 19 no'lu Litarenit örneğine ait (a) paralel (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=1,253$ W/mK, Q: kuvars, LKK: Litik kaya kırıntısı, MKK:Metamorfik kaya kırıntısı)-İstanbul



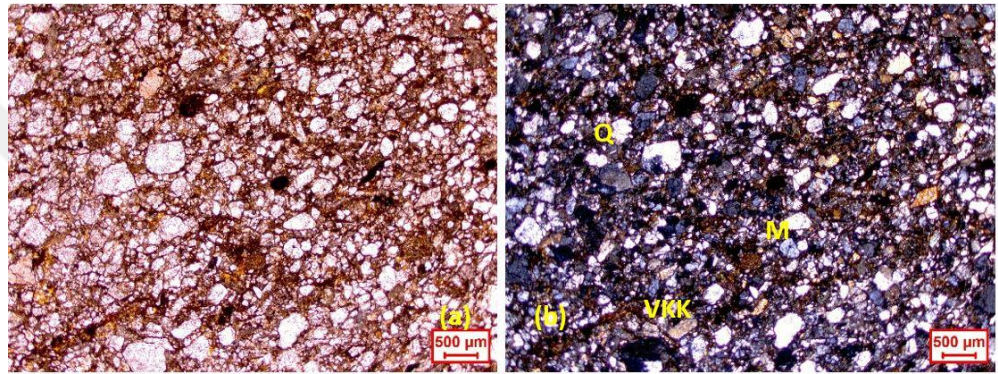
Şekil 7.75 H13 no'lu Volkanikarenit örneğine ait (a) paralel (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=1,359$ W/mK, VKK: Klorit: Q: F:)-Ankara



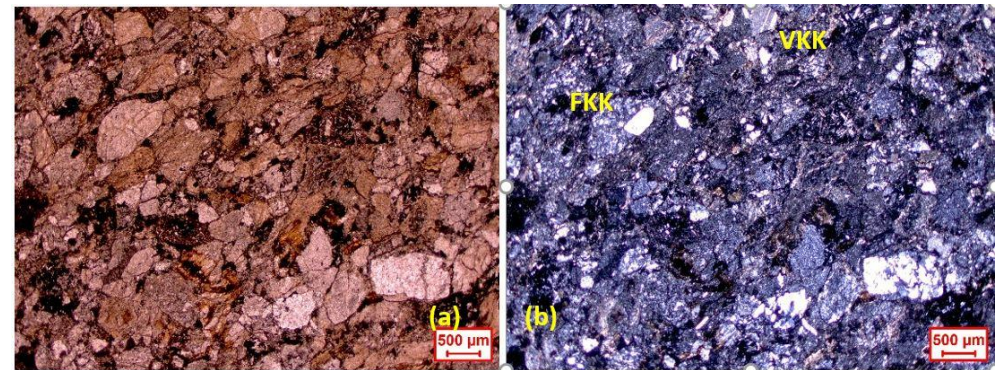
Şekil 7.76 L6 no'lu Litarenit-ince kumtaşı örneğine ait (a) paralel (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=1,359$ W/mK, KKK: Karbonat kaya kırıntısı, Q: Kuvars, F: Feldspat)-Ankara



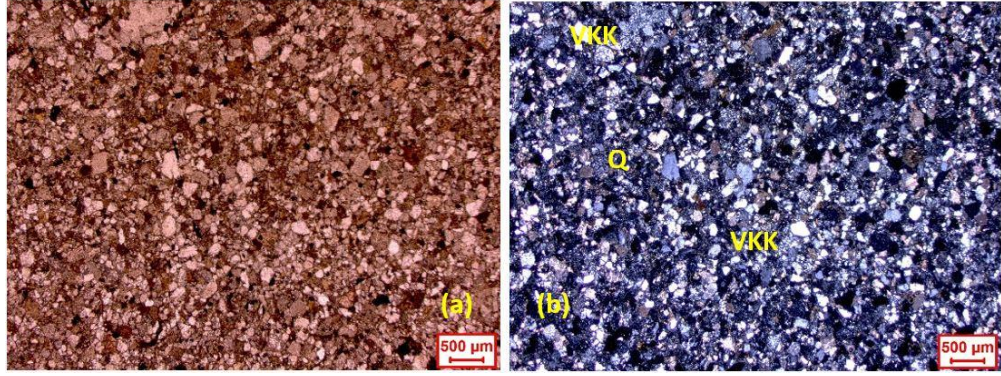
Şekil 7.77 is-ts ham no'lu Kuvars silttaşı örneğine ait (a) paralel (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=1,428$ W/mK, Q: Kuvars)-İstanbul



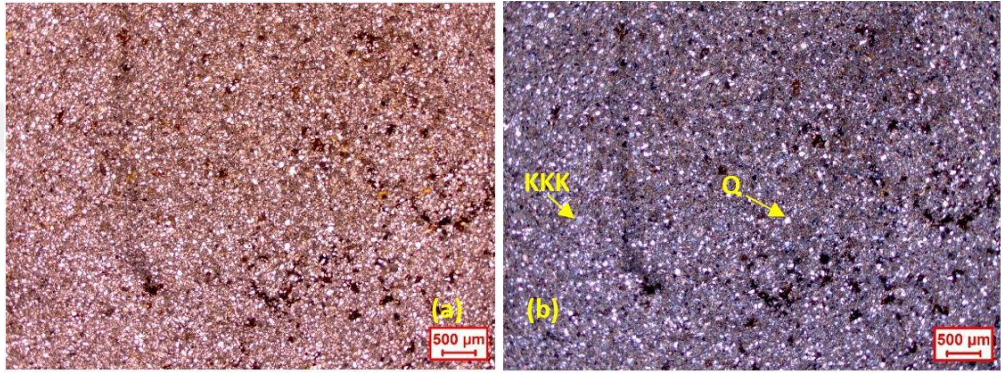
Şekil 7.78 is-9-dp ham no'lu Litarenit örneğine ait (a) paralel (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=1,429$ W/mK, Q: Kuvars, M:mika, VKK: Volkanik kaya kırıntısı)-İstanbul



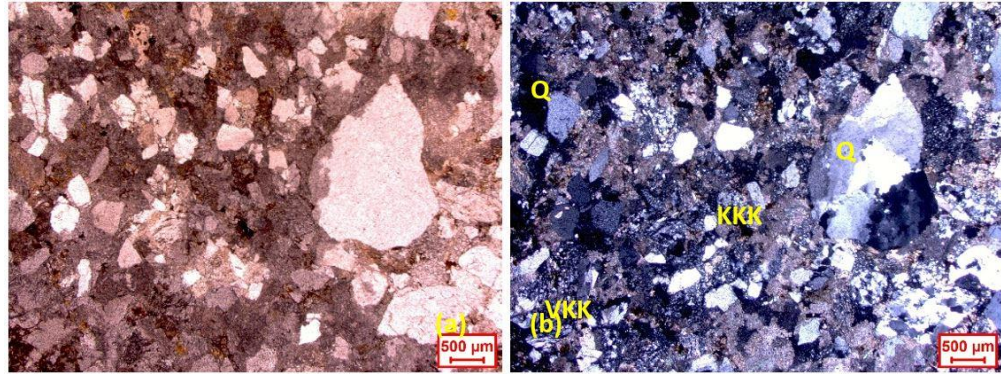
Şekil 7.79 is-de no'lu Filarenit örneğine ait (a) paralel (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=1,439$ W/mK, FKK: Fillit kaya kırıntısı, VKK: Volkanik kaya kırıntısı)-İstanbul



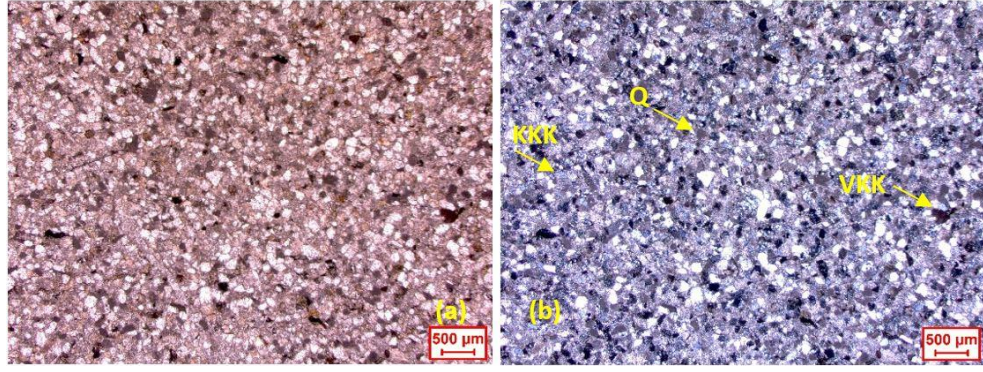
Şekil 7.80 HY5 no'lu Volkanik arenit örneğine ait (a) paralel (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=1,460$ W/mK, VKK: Volkanik kaya kırıntısı, Q: Kuvars)-Ankara



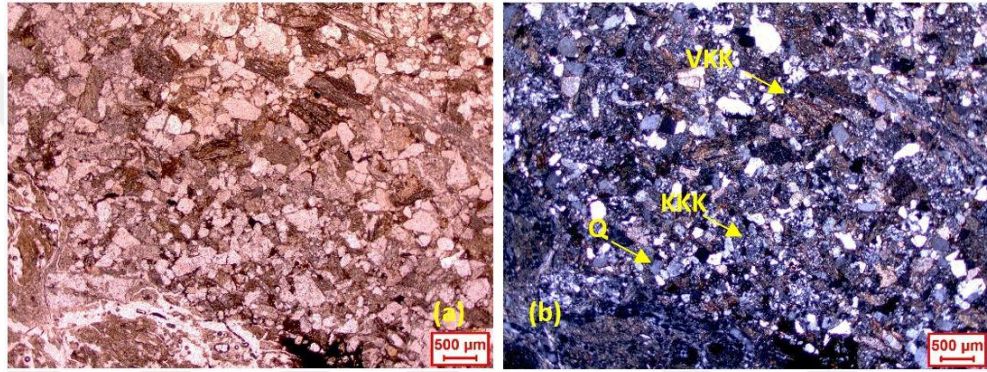
Şekil 7.81 İ34-1 no'lu Silttaşı örneğine ait (a) paralel (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=1,577$ W/mK, KKK: Karbonat kaya kırıntısı, Q: Kuvars)-İstanbul



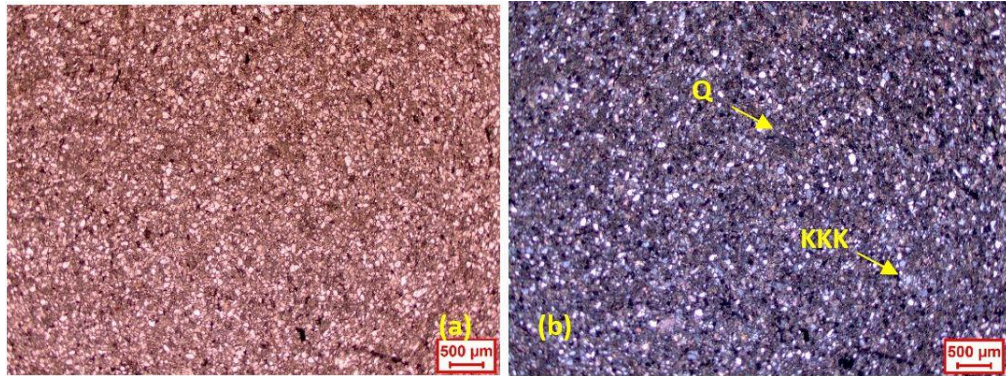
Şekil 7.82 O8 no'lu Litarenit örneğine ait (a) paralel (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=1,619$ W/mK, Q; Kuvars, KKK: Karbonat kaya kırıntısı, VKK: Volkanik kaya kırıntısı)-Ankara



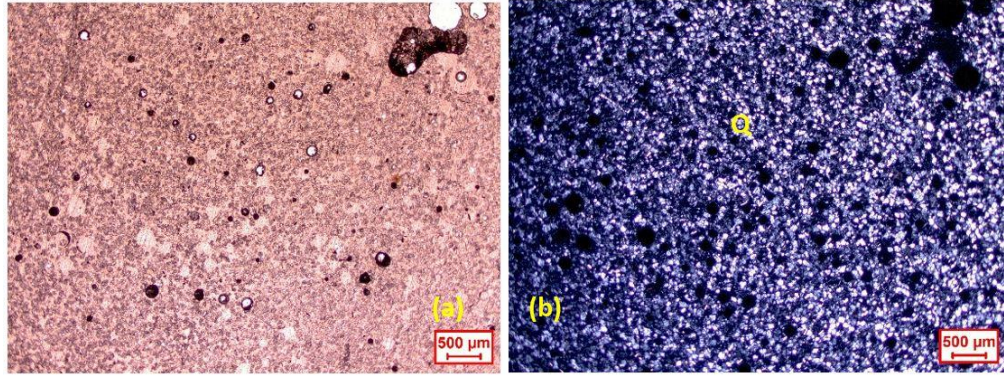
Şekil 7.83 H31 no'lu Litarenit-ince kumtaşı örneğine ait (a) paralel (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=1,668$ W/mK, KKK: Karbonat kaya kırıntısı, Q; Kuvars, , VKK: Volkanik kaya kırıntısı)-Ankara



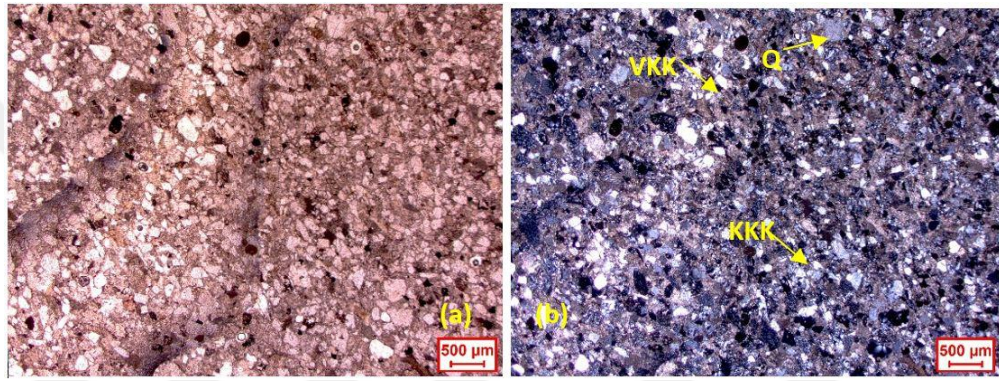
Şekil 7.84 Z11no'lu Litarenit-ince kumtaşı örneğine ait (a) paralel (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=1,695$ W/mK, Q; Kuvars, VKK: Volkanik kaya kırıntısı, KKK: Karbonat kaya kırıntısı)-Ankara



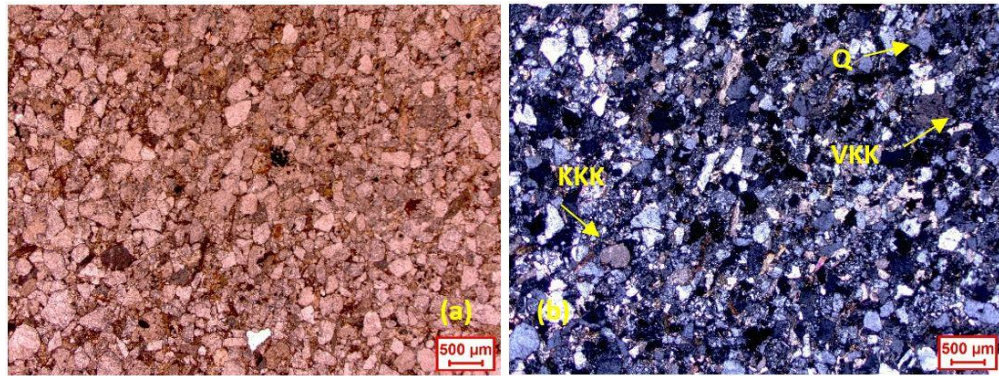
Şekil 7.85 ZO3 no'lu Silttaşı örneğine ait (a) paralel (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=1,723$ W/mK, KKK: Karbonat kaya kırıntısı, Q; Kuvars)-Ankara



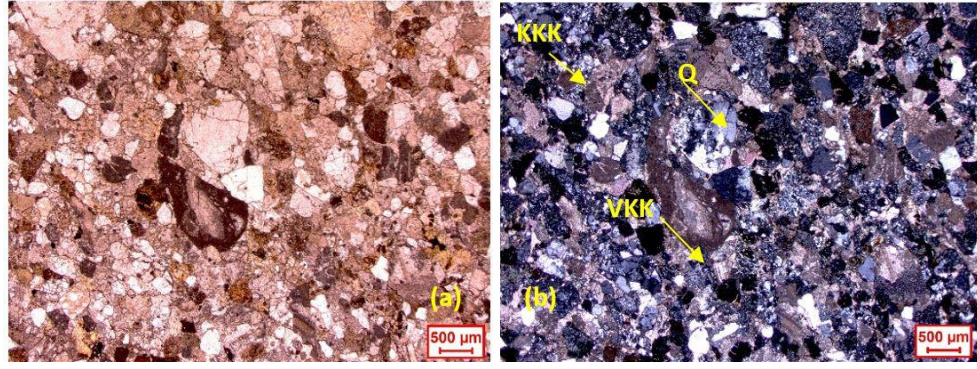
Şekil 7.86 is-ts-işl no'lu Kuvars silttaşı işlenmiş örneğine ait (a) paralel (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=1,822$ W/mK, Q; Kuvars)-İstanbul



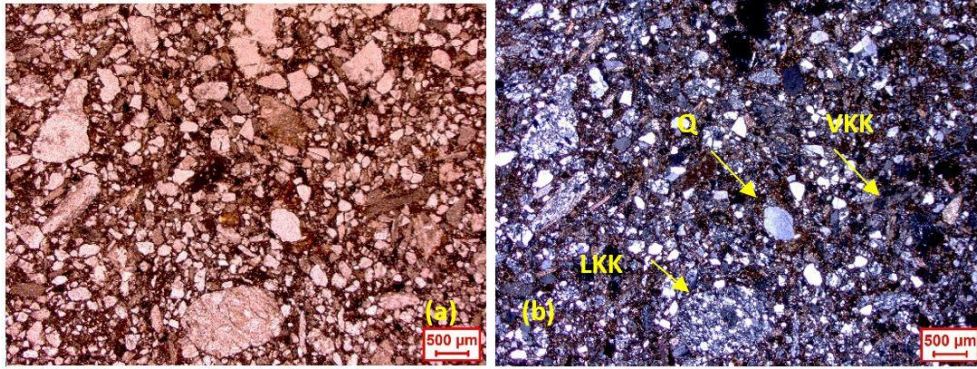
Şekil 7.87 O9 no'lu Litarenit örneğine ait (a) paralel (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=1,869$ W/mK, Q; Kuvars, KKK: Karbonat kaya kırıntısı, VKK: Volkanik kaya kırıntısı)-Ankara



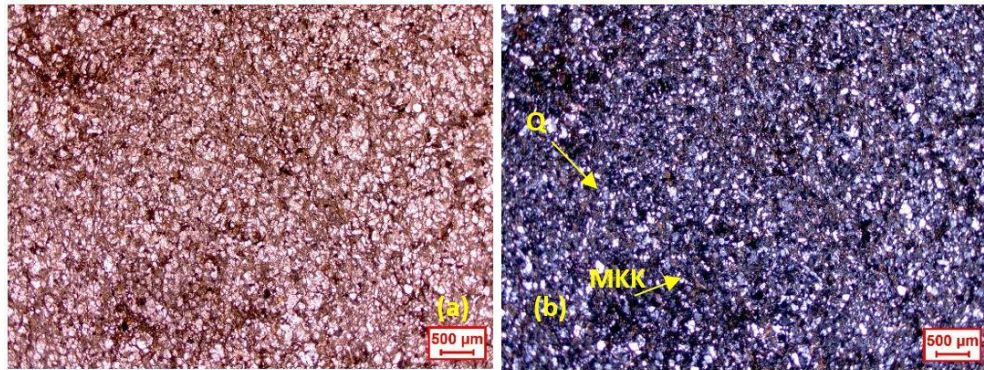
Şekil 7.88 HY4 no'lu Litarenit örneğine ait (a) paralel (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=2,097$ W/mK, Q; Kuvars, VKK: Volkanik kaya kırıntısı, KKK: Karbonat kaya kırıntısı)-Ankara



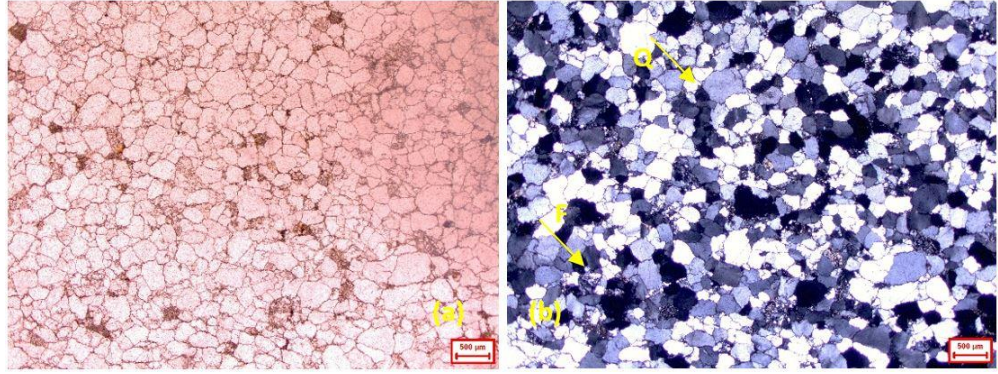
Şekil 7.89 HY3 no'lu Litarenit örneğine ait (a) paralel (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=2,160$ W/mK, KKK: Karbonat kaya kırıntısı, Q; Kuvars, VKK: Volkanik kaya kırıntısı, F: Feldspat)-Ankara



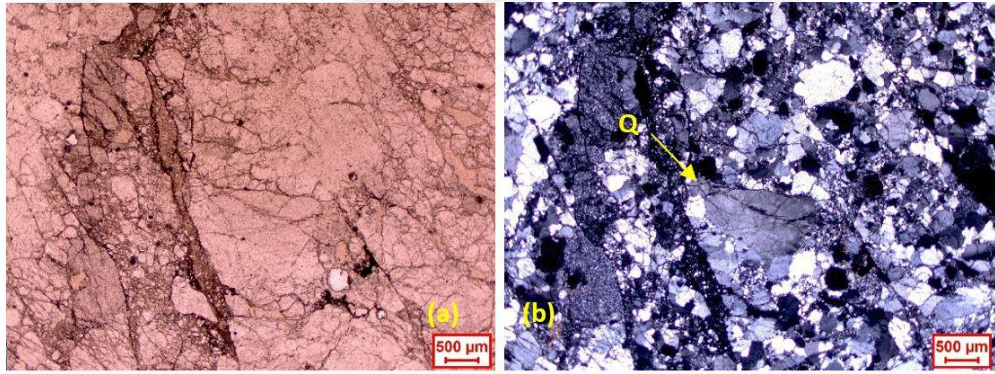
Şekil 7.90 Kz1 no'lu Litarenit örneğine ait (a) paralel (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=2,446$ W/mK, Q; Kuvars, LKK: Litik kaya kırıntısı, VKK: Volkanik kaya kırıntısı)-Ankara



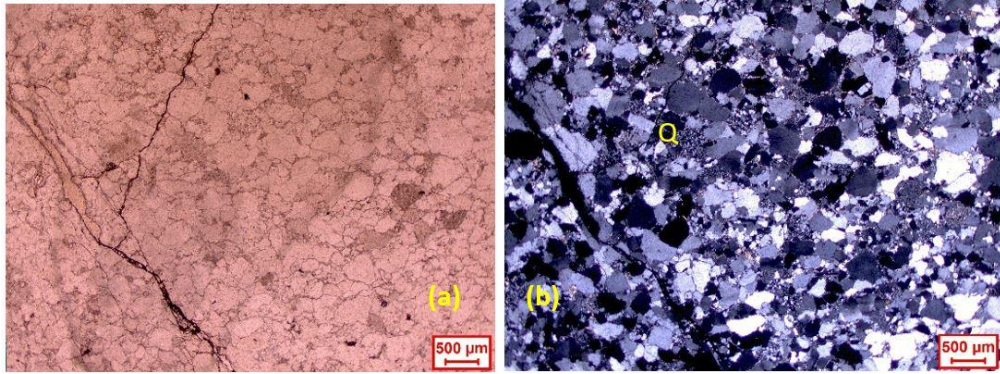
Şekil 7.91 İ81 no'lu Litarenit örneğine ait (a) paralel (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=3,060$ W/mK, Q; Kuvars, MKK: Metamorfik kaya kırıntısı)-İstanbul



Şekil 7.92 İs3-Ktg no'lu Kuvarsarenit örneğine ait (a) paralel (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=4,300$ W/mK, Q; Kuvars, F: Feldspat)-İstanbul



Şekil 7.93 İs4-Ktg no'lu Kuvarsarenit örneğine ait (a) paralel (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda= 5,442$ W/mK, Q; Kuvars)-İstanbul



Şekil 7.94 İs6 no'lu Subarkoz örneğine ait (a) paralel (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda= 5,475$ W/mK, Q; Kuvars)-İstanbul

Kumtaşlarının dokusal özellikleri ile termal iletkenliklerinin birlikte değerlendirilmesi sonucunda termal iletkenlik:

- Ara madde destekli dokudan tane destekli dokuya doğru

- Ara maddenin silis olması
- Boylanma ve küreselleşme özelliğinin artması
- Kuvars miktarının artarak mineral yüzeylerinin birbiri ile temas yüzeyinin artması ile arttığı gözlemlenmiştir.

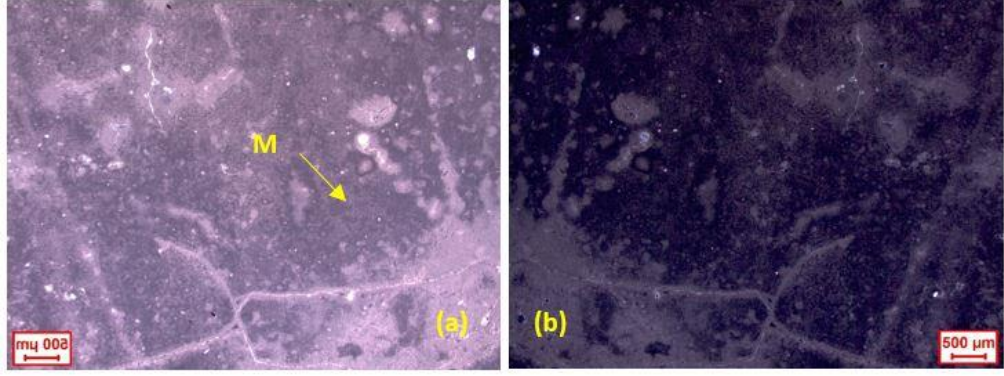
7.2.3 Kireçtaşı-Evaporit kayaları

İstanbul ve Ankara civarından alınan kireçtaşı ve evaporit (jips) örneklerinde petrografik, mineralojik ve termal iletkenlik ölçümleri yapılmıştır. Ankara bölgesinde yer alan jips türü kayalar çok kırılğan olması nedeniyle ince kesit alınamamış ve arazide hukseflux cihazı ile sadece tek bir lokasyonda (J1) ölçülebilmıştır.

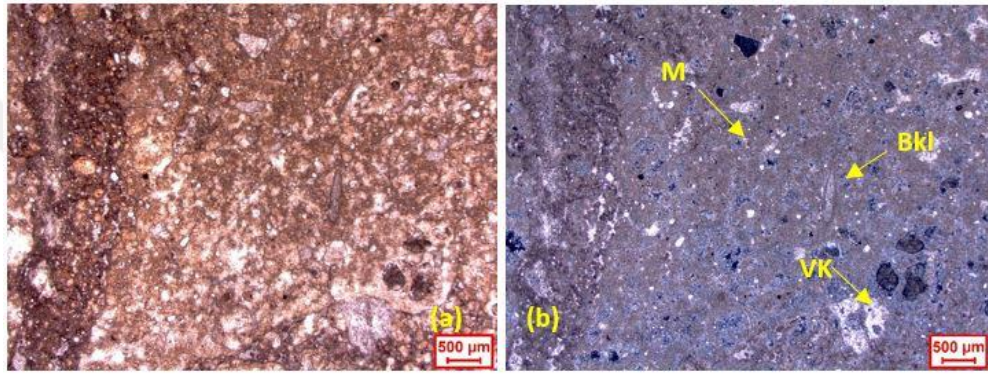
Arazide hukseflux cihazı ile sadece tek bir lokasyonda (J1) ölçülmüş olup ince kesit alınamadığı için dokusal özellikleri incelenememiştir. Kireçtaşları ise içerdikleri mikrit, spar dolgu karbonat oranına göre ve fosil tanelerin birbirine değim oranına göre sınıflandırılarak dokusal ilişkileri ve mineralojik bileşimlerine göre kaya termal iletkenlikleri arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Kireçtaşlarının termal iletkenlikleri karbonat bileşimli mikritik boyuttaki bileşenler tarafından destekli olmasına ve spar kalsit çimento oranına göre değişmektedir.

O4 örneğinde (Şekil 7.96) ara madde tamamen mikritten oluşmaktadır ve 15% oranında kil içermektedir ve en düşük termal iletkenliğe sahiptir (0,463 W/mK). C7 örneği (Şekil 7.99) ise aramadde mikritten oluşmaktadır. Çok az kuvars (Q) taneleri içermektedir. Termaliletkenlik değeri nispeten O4 örneğine göre yüksektir (1,215 W/mK). İs28 (Şekil 7.108) örneğinden başlayarak spar kalsit oranının artması ile birlikte termal iletkenlik değeri yükselmiştir (1,920 W/mK). İ-AK (Şekil 7.116) örneğine bakıldığında mikrit aramadde tümüyle mikrospara dönüşmüştür ve termal iletkenliği 2,345 W/Mk'e yükselmiştir. Yine is-köy2 (Şekil 7.120) örneğinde aramadde tümüyle mikrospara dönüşmüş ve büyük oranda kuvars (Q) içermektedir. Kireçtaşı örneklerinde en yüksek değer ara madde tamamiyle spar kalsit olan HY2 (Şekil 7.121) örneğinde görülmektedir (2,806 W/mK).

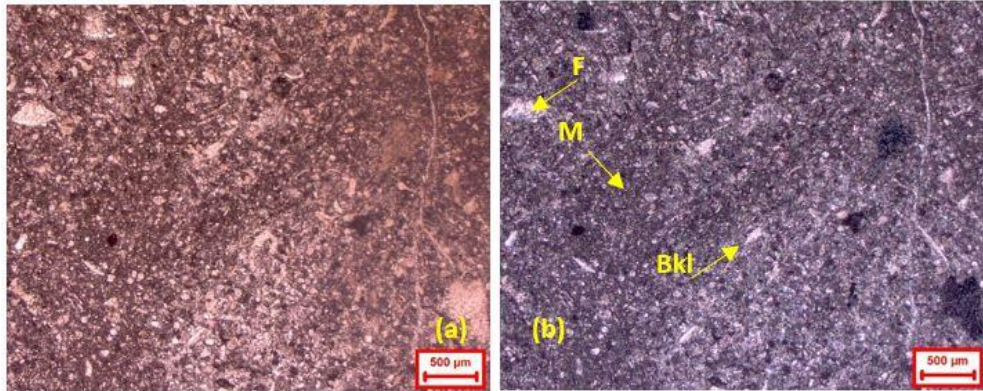
Spar kalsit ve mikrospar oranının artması ile termal iletkenlik artmaktadır. Kireçtaşlarının içerisinde silt boyutunda kuvars minerallerinin varlığı da termal iletkenliği artırıcı diğer bir faktördür.



Şekil 7.95 O4 no'lu Kireçtaşı örneğine ait (a) paralel (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=0,463$ W/mK, M: Mikrit)-Ankara



Şekil 7.96 H14 no'lu Kumlu killi mikiritik kireçtaşı örneğine ait (a) paralel (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=0,723$ W/mK, M: Mikrit, VK: Volkanik kaya kırıntısı, Bkl: Biyoklast)-Ankara



Şekil 7.97 Y2 no'lu Kireçtaşı örneğine ait (a) paralel (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=1,004$ W/mK, M: Mikrit, Bkl: Biyoklast, F: bentik foraminifer)-Laboratuvar

Çizelge 7.6 Kireçtaşı kaya grubu petrografik özellikler ve termal iletkenlik tablosu

A: Ankara, İ: İstanbul, L: Laboratuvar, Alk: Allokem, Bkl: Bioklast, Bry: Briyoza, F: Feldspat, Fr: Foraminifer, K: Kalsit, KKK: Karbonat kaya kırıntısı, Slt: Silt, VK: Volkanik kaya, Q: kuvars

İL	Örnek No	Kayaç adı	Bileşimsel adlama	Dokusal adlama	Termal iletkenlik (W/mK)	Doku	Çimento	Aramadde (Kil)	Egemen mineral bileşimi	Egemen tane boyu (µm)	Açıklama
A	O4	Killi Kireçtaşı	Mikritik		0,463	Mikritik	Mikrit	Kil 10-15%	K		
A	H14	Kumlu killi mikritik kireçtaşı	Kumlu killi mikritik		0,723	Mikritik	Mikrit	Kil	VK, Q, F	4-10	Mikrit mikrospara dönüşmüş
L	Y2	Kireçtaşı	Biyomikrit	Vaketaşı	1,004	Mikrit ara madde destekli		Mikrit	K, Bkl, Fr		
A	O2	Mikrobiyal Gölsel kireçtaşı	Biyomikrit		1,091	Mikritik doku, oto breşlenme	Mikrit	Çok az kil	K	< 4	Gözenek 10%. Büzülme ve çatı arası boşluklar.
A	C7	Killi kireçtaşı	Biyomikrit		1,215	Mikritik	Mikrit	-	K, Q	4-10	Mikrit mikrospara dönüşmüş
İ	İS-15	Kireçtaşı	Biyomikrit	İstiftaşı	1,283				K, Alk, Fr		%5 gözeneklilik
A	Z5-2	Gölsel kireçtaşı	Biyomikrit		1,327	Mikritik		Mikrit, çok az kil 1-2%	K>> F		
İ	i31	Kireçtaşı	Biyosparudite	Kabataş	1,344		Spar kalsit	Mikrit spar kalsitten daha fazla	Bkl>kırmızıalg> Bry		-
A	Z6-2	Kireçtaşı	Biyomikrit	Vaketaşı	1,395	Mikrit ara madde destekli doku			K, Bkl, Fr		Gözeneksiz

Çizelge 7.6 Kireçtaşı kaya grubu petrografik özellikler ve termal iletkenlik tablosu (devam) A: Ankara, İ: İstanbul, L: Laboratuvar, Alk: Allokem, Bkl: Bioklast, Bry: Briyoza, F: Feldspat, Fr: Foraminifer, K: Kalsit, KKK: Karbonat kaya kırıntısı, Slt: Silt, VK: Volkanik kaya, Q: kuvars

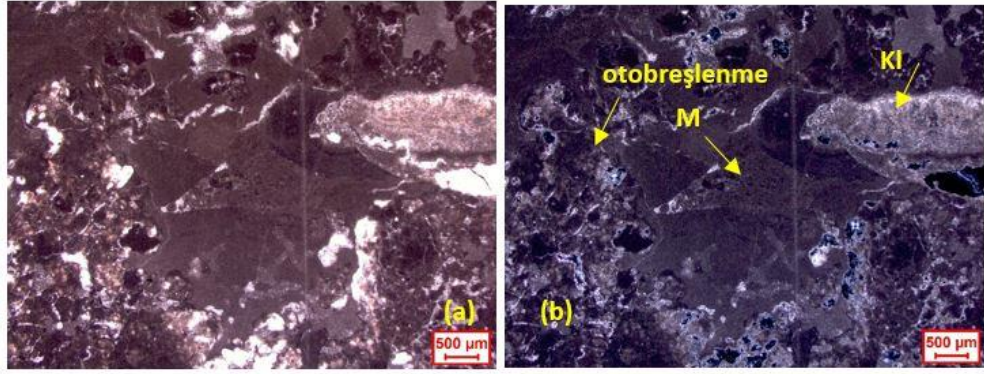
İL	Örnek No	Kayaç adı	Bileşimsel adlama	Dokusal adlama	Termal iletkenlik (W/mK)	Doku	Çimento	Aramadde (Kil)	Egemen mineral bileşimi	Egemen tane boyu (µm)	Açıklama
İ	İ yassıören	Kireçtaşı	Biyomikrit	İstiftaşı	1,559	Yersel mikrit ara maddeli	Spar kalsit	-	K, Alk, Fr, >>>Bkl		Kırmızı renk derin deniz çökellerinden kaynaklanıyor
A	O7	Kireçtaşı	Biyomikrit	Vaketaşı	1,667	Mikrit ara maddeli doku			K,Bkl		Gözeneksiz. Tamamen fosil kırıntıları var
A	ZO2	Kireçtaşı	İntrabiooosparrudit	Rudit	1,758	Tane destekli kalsit çimentolu doku	Spar kalsit çimento	-	K, Bkl, rudist	tanelerden 10% dan fazlası 2mm den büyüktür.	-
L	TR1	Traverten			1,765	Spar kalsit mozaik doku			K		8-10% gözeneklilik. Spar çalı yapısı
İ	İs-28	Kireçtaşı	biosparit		1,920		Spar kalsit		K, kırmızı alg, Bry		Spar iri kristalli
A	Z8	Kireçtaşı	Mikritik		1,946	Mikrit			K		Gözeneksiz
İ	İs-kçt	Orta Rekristalize kireçtaşı	Mikrit ara madde destekli		2,005		mikrospar		K, Bkl,Fr		
A	S13	Rekristalize Kireçtaşı	İntrasparit	Vake taşı	2,094	mikrospar		intramikrit			

Çizelge 7.6 Kireçtaşı kaya grubu petrografik özellikler ve termal iletkenlik tablosu (devam) A: Ankara, İ: İstanbul, L: Laboratuvar, Alk: Allokem, Bkl: Bioklast, Bry: Briyoza, F: Feldspat, Fr: Foraminifer, K: Kalsit, KKK: Karbonat kaya kırıntısı, Slt: Silt , VK: Volkanik kaya, Q: kuvars

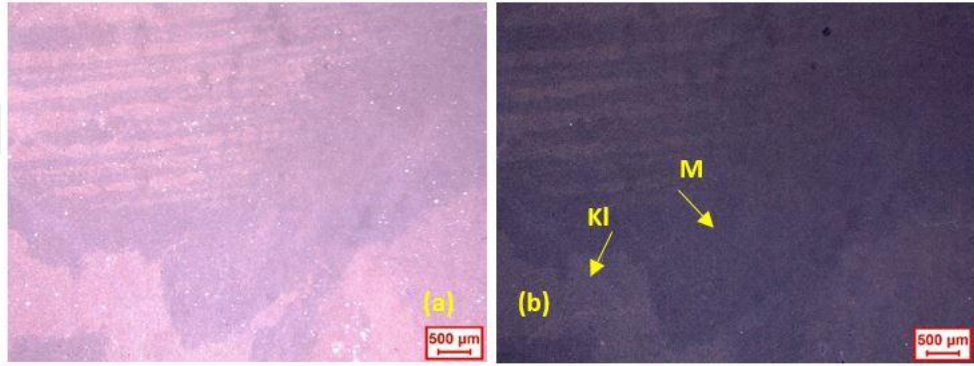
İL	Örnek No	Kayaç adı	Bileşimsel adlama	Dokusal adlama	Termal iletkenlik (W/mK)	Doku	Çimento	Aramadde (Kil)	Egemen mineral bileşimi	Egemen tane boyu (µm)	Açıklama
A	H35	Kireçtaşı	İntramikritik ve intrasparitik	Vaketaşı	2,119		Spar kalsit iri kristalli	intramikrit	K>>> F, alg		Gözenekler ikincil spar ile doldurulmuş. K 90%
İ	İs7-Os	Kireçtaşı	Biyomikritik ve biyosparitik	İstiftaşı	2,205	Tane değimli mikrit ara madde	az spar kalsit	Mikrit	K >>> Q, F , Bkl,Fr		-
İ	İs 14	Dolomitik kireçtaşı	Biyomikrit	Vaketaşı	2,262	Mikrit ara madde destekli	%50 mikrospara dönüşmüş	mikrit	Bkl, krinoid kırıntıları		
İ	İs-köy	Silisli kçt			2,331		Mikrit %50 mikrospara dönüşmüş		Silt %49-35. Siltler Q, F ve KKK		Gözenek yok, Çok az mika
İ	İ-AK	Rekristalize kireçtaşı	Biyomikrit	Vaketaşı	2,345		Mikrit tamamen mikrospara dönüşmüş		K, Alk, Fr, çok az kırmızı alg.		
İ	İs-8-dp	Rekristalize kireçtaşı	Biyomikrit	Vaketaşı	2,38		Mikrit %50 civarında mikrospar				
İ	İs son2	Kireçtaşı	Biyomikrit	Vaketaşı	2,392	Mikrit ara madde destekli		Mikrit %25 oranında mikrospara dönüşmüş	K, Bkl, F ve %1 den az kum tanesi		Gözenek yok
İ	İs-son	Kireçtaşı	Biyomikrit	Vaketaşı	2,529	Mikrit ara madde destekli		Mikrit	K, Bkl, bentik F		

Çizelge 7.6 Kireçtaşı kaya grubu petrografik özellikler ve termal iletkenlik tablosu (devam) A: Ankara, İ: İstanbul, L: Laboratuvar, Alk: Allokem, Bkl: Bioklast, Bry: Briyoza, F: Feldspat, Fr: Foraminifer, K: Kalsit, KKK: Karbonat kaya kırıntısı, Slt: Silt, VK: Volkanik kaya, Q: kuvars

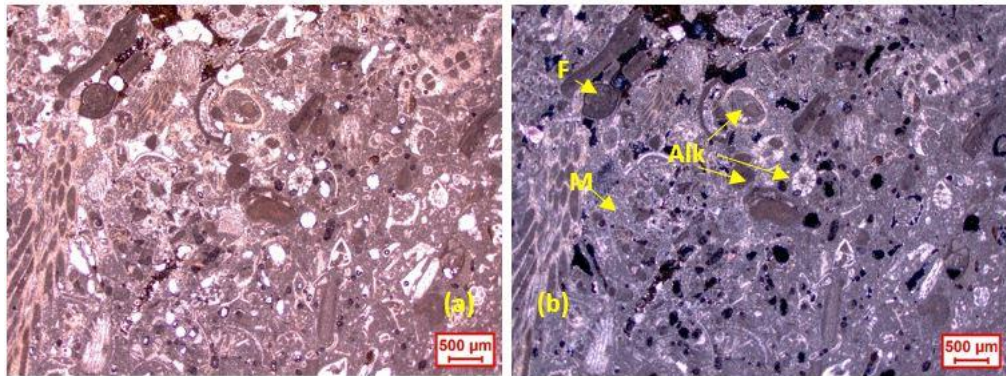
İL	Örnek No	Kayaç adı	Bileşimsel adlama	Dokusal adlama	Termal iletkenlik	Doku	Çimento	Aramadde (Kil)	Egemen mineral	Egemen tane	Açıklama
İ	İs-köy2	Siltli kireçtaşı	Biyomikrit		2,582		Mikrit %50 mikrospara dönüşmüş	Az kil ve FeO	Silt oranı %20-30 arasında		Pelajik bakteri
A	HY2	Resifal kireçtaşı	Biolitit	Çatıtaşı	2,806		Çatı arası boşluklar spar kalsit	Az mikrit	K, mercan kolonisi	-	-
L	Mr7	Rekristalize kireçtaşı			2,975		Granoblastik spar mozaik		Kalsit		



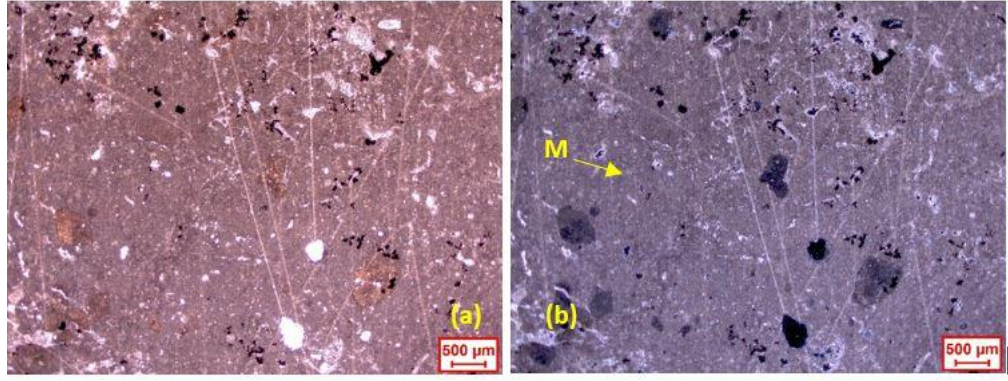
Şekil 7.98 O2 no'lu Mikrobiyal gölsel kireçtaşı örneğine ait (a) paralel (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=1,091$ W/mK, M: Mikrit, Kl: Kil)-Ankara



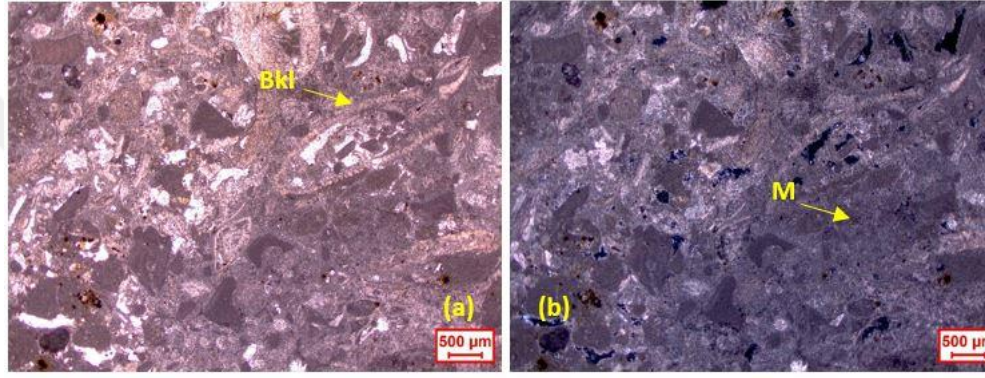
Şekil 7.99 C7 no'lu Killi kireçtaşı örneğine ait (a) paralel (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=1,215$ W/mK, M: Mikrit, Kl: Kil)-Ankara



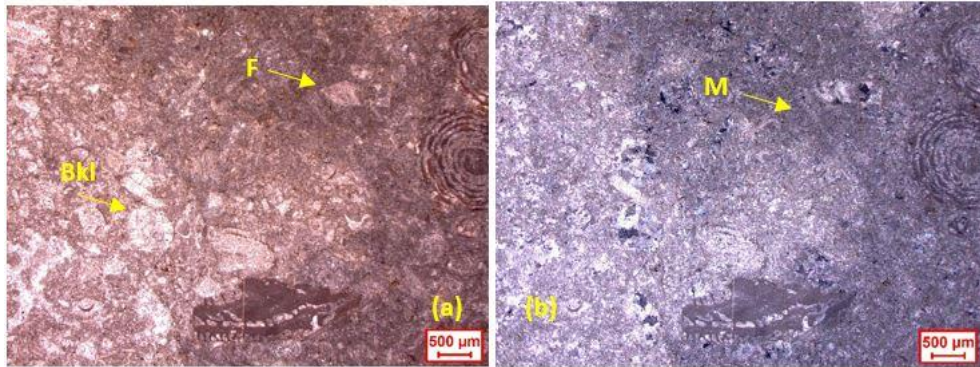
Şekil 7.100 İs-15 no'lu Kireçtaşı örneğine ait (a) paralel (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=1,283$ W/mK, M: Mikrit, Alk: Allokem, F: bentik foraminifer)-İstanbul



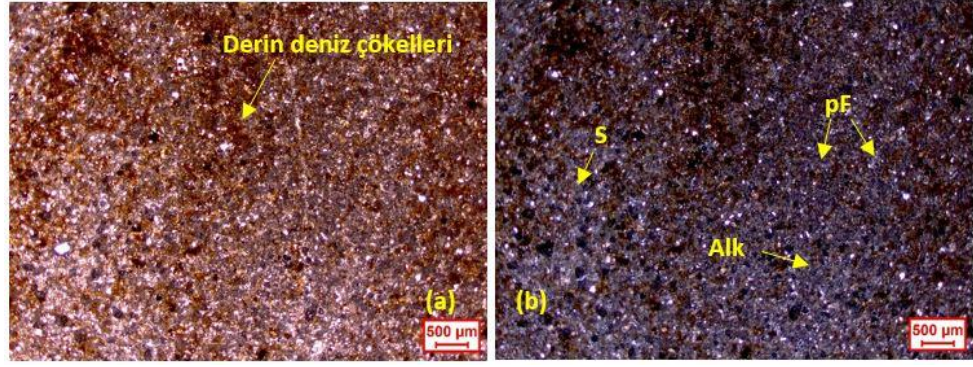
Şekil 7.101 Z5-2 no'lu Gölsel kireçtaşı örneğine ait (a) paralel (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=1,327$ W/mK, K: Kalsit, F: bentik foraminifer)-Ankara



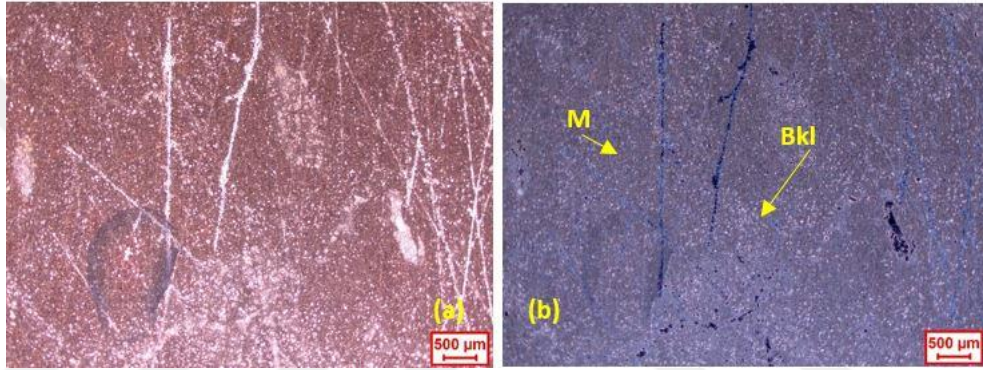
Şekil 7.102 İ31 no'lu Kireçtaşı (Biyosparudite-Kabataş) örneğine ait (a) paralel (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=1,344$ W/mK, Bkl: Bioklast, M: Mikrit)-İstanbul



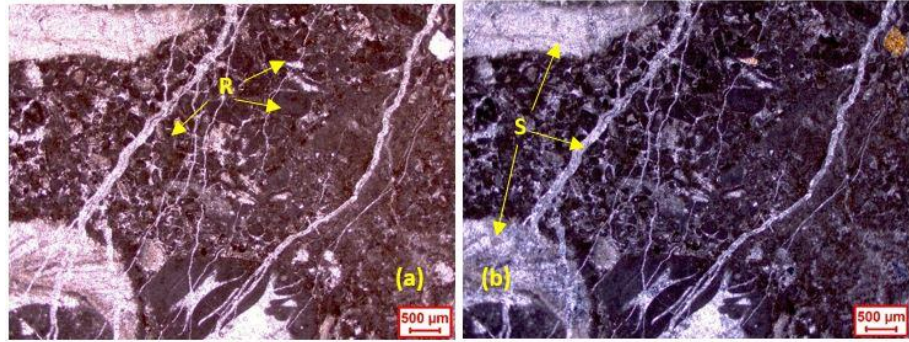
Şekil 7.103 Z6-2 no'lu Kireçtaşı (Biyomikrit-Vaketaşı) örneğine ait (a) paralel (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=1,395$ W/mK, Bkl: Bioklast, M: Mikrit, F: bentik foraminifer)-Ankara



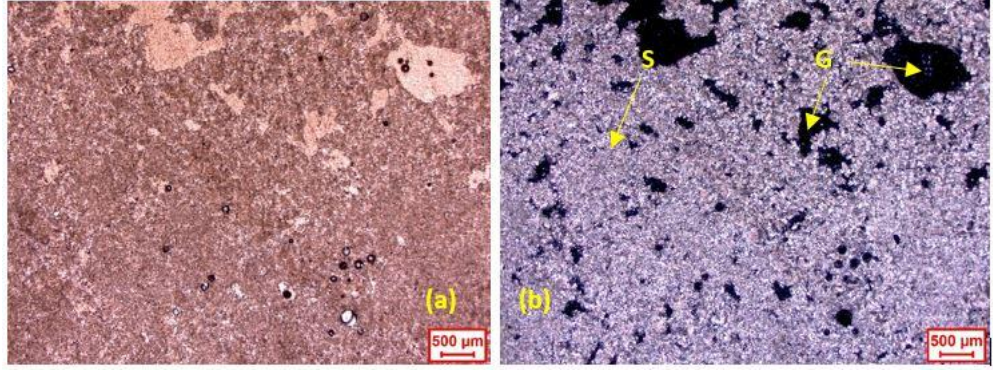
Şekil 7.104 İ-yassıören no'lu Kireçtaşı (Biyomikrit-İstiftaşı) örneğine ait (a) paralel (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=1,559$ W/mK, Alk: Allokem, S: Spar, pF: pelajik foraminifer)-İstanbul



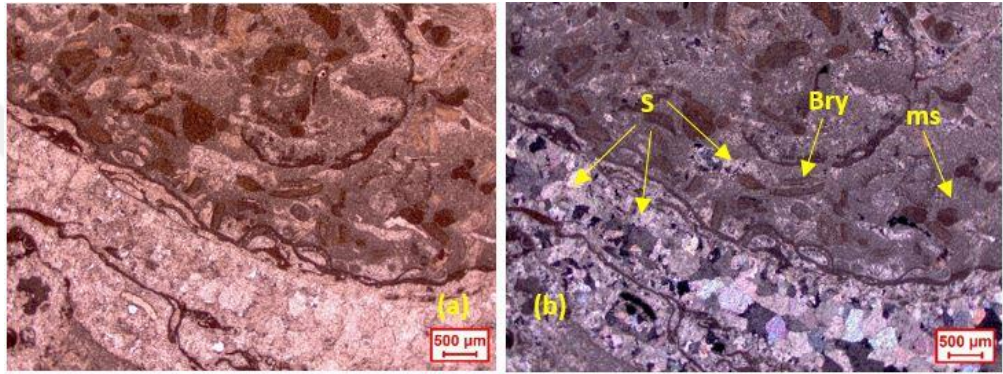
Şekil 7.105 O7 no'lu Kireçtaşı (Biyomikrit-Vaketaşı) örneğine ait (a) paralel (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=1,667$ W/mK, M: Mikrit, Bkl: biyoklast)-Ankara



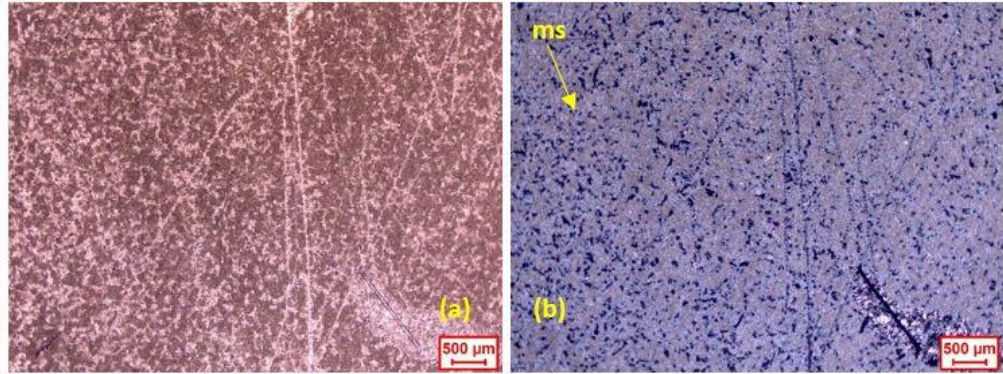
Şekil 7.106 ZO2 no'lu Kireçtaşı (İntrobiosparudit-rudit) örneğine ait (a) paralel (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=1,667$ W/mK, S: Spar kalsit, Bkl: biyoklast, R: rudist)-Ankara



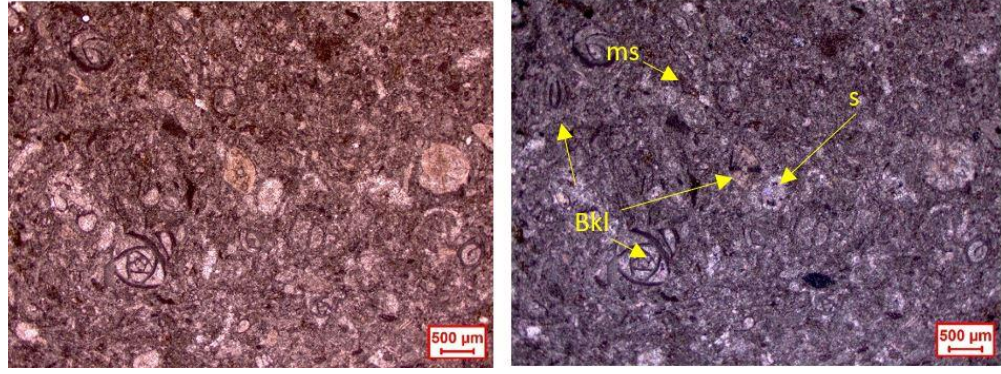
Şekil 7.107 TR1 no'lu Traverten örneğine ait (a) paralel (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=1,765$ W/mK, S: Spar kalsit, G:gözenek)-Laboratuvar



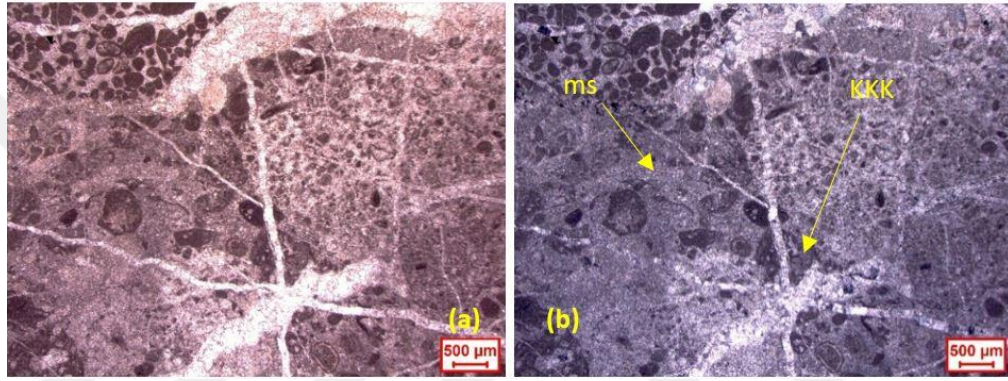
Şekil 7.108 İs28 no'lu Kireçtaşı (Biyosparit) örneğine ait (a) paralel (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=1,920$ W/mK, S: Spar, Bry: briyoza, ms: mikrospar)-İstanbul



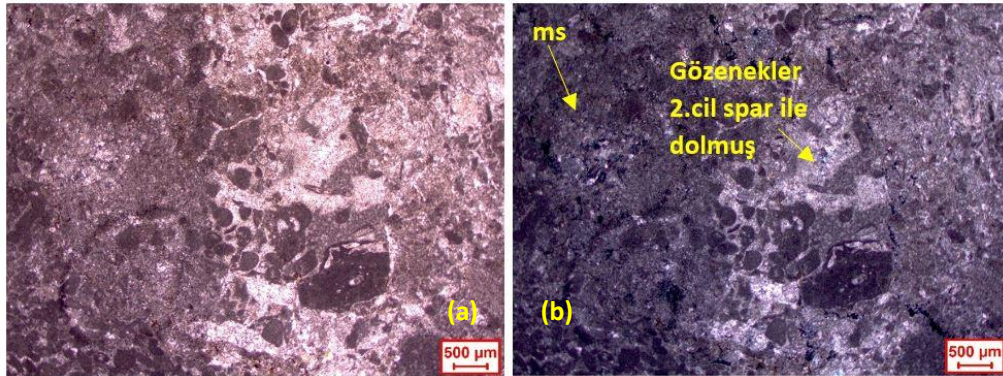
Şekil 7.109 Z8 no'lu Kireçtaşı (İntramikritik-vaketaşı) örneğine ait (a) paralel (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=1,920$ W/mK, ms: mikrospar)-Ankara



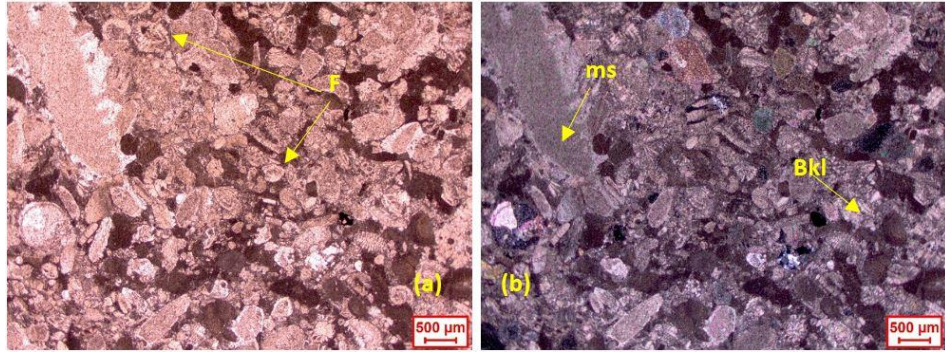
Şekil 7.110 İs-kçt no'lu Rekristalize kireçtaşı örneğine ait (a) paralel (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=2,005$ W/mK, ms: mikrospar, s: spar, Bkl: biyoklast)-İstanbul



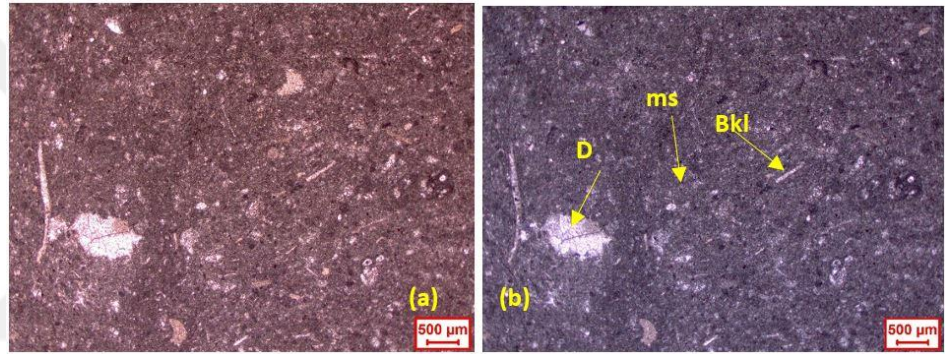
Şekil 7.111 S13 no'lu Rekristalize kireçtaşı örneğine ait (a) paralel (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=2,094$ W/mK, ms: mikrospar, KKK: Karbonat kaya kırıntısı)-Ankara



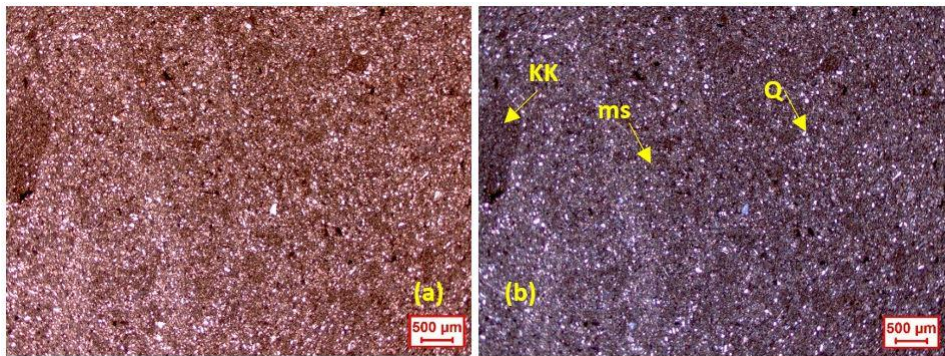
Şekil 7.112 H35 no'lu Kireçtaşı (İntramikritik-Vaketaşı) örneğine ait (a) paralel (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=2,119$ W/mK, ms: mikrospar)-Ankara



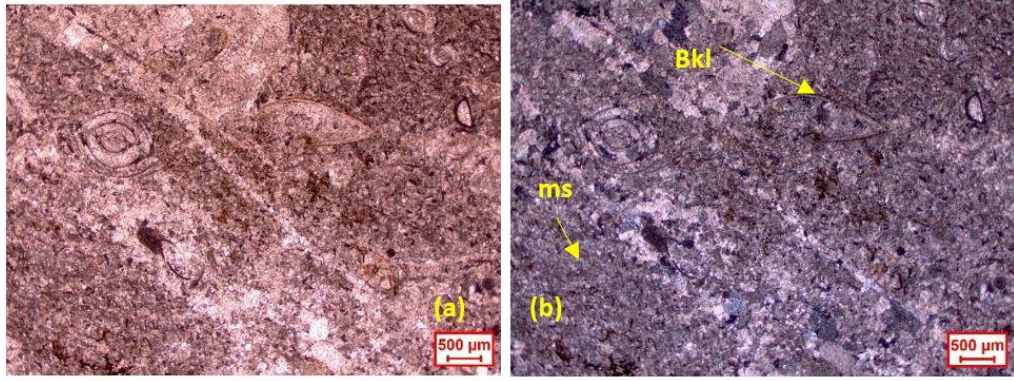
Şekil 7.113 İs7-os no'lu Kireçtaşı (Biyomikritik-İstiftaşı) örneğine ait (a) paralel (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=2,205$ W/mK, Bkl: biyoklast, F: bentik foraminifer, ms: mikrospar)-İstanbul



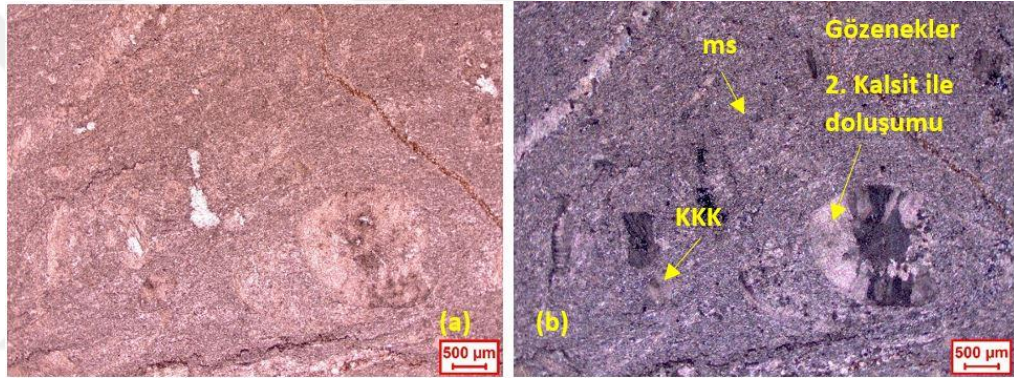
Şekil 7.114 İs14 no'lu Dolomitik kireçtaşı (Biyomikritik-vaketaşı) örneğine ait (a) paralel (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=2,262$ W/mK, D: dolomit, Bkl: biyoklast, ms: mikrospar)-İstanbul



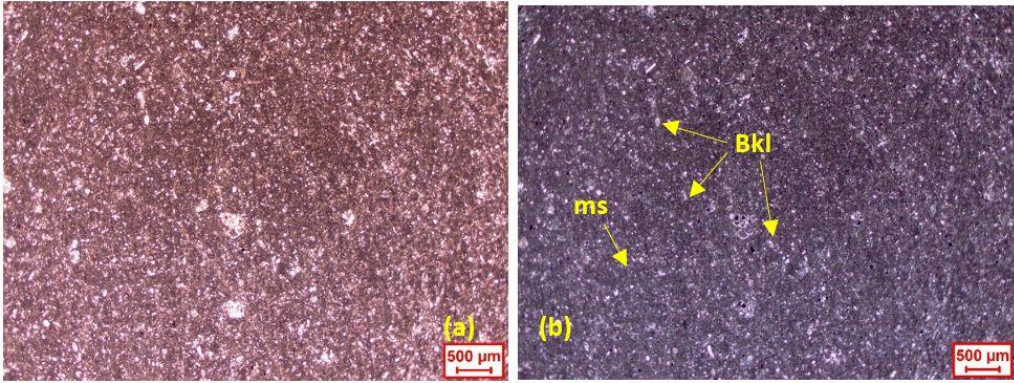
Şekil 7.115 is-köy no'lu silisli kireçtaşı örneğine ait (a) paralel (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=2,331$ W/mK, ms: mikrospar, Q: kuvars, KKK: karbonat kaya kırıntısı)-İstanbul



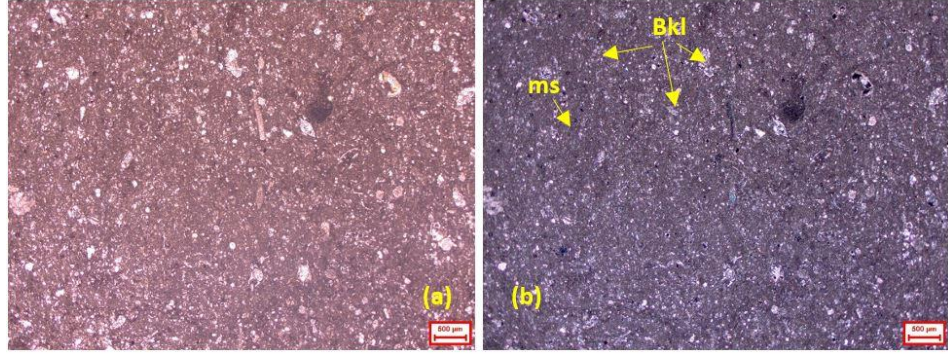
Şekil 7.116 İ-AK no'lu Rekristalize kireçtaşı örneğine ait (a) paralel (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=2,345$ W/mK, ms: mikrospar, Bkl: biyoklast)-Ankara



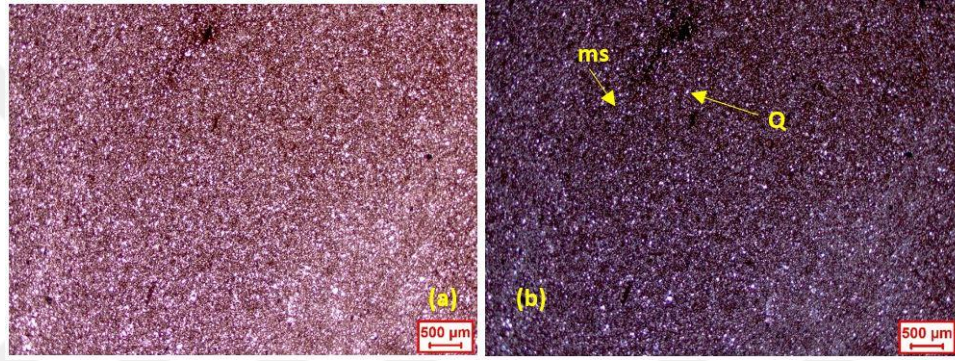
Şekil 7.117 İs-8-dp no'lu Rekristalize kireçtaşı örneğine ait (a) paralel (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=2,38$ W/mK, ms: mikrospar, KKK: karbonat kaya kırıntısı)-İstanbul



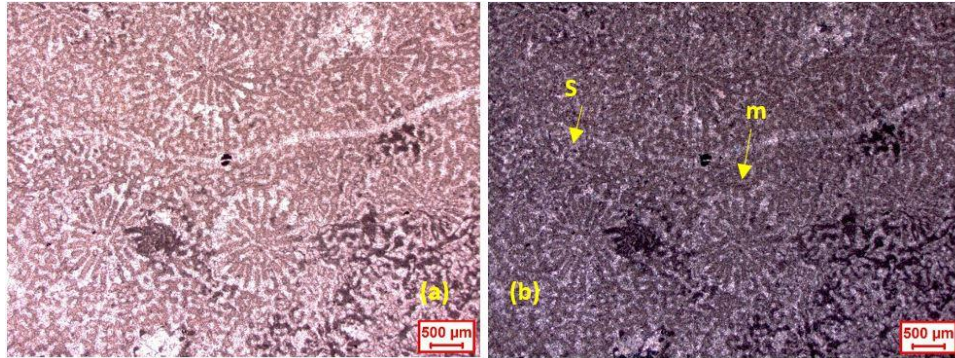
Şekil 7.118 is-son2 no'lu Kireçtaşı (Biyomikrit-Vaketaşı) örneğine ait (a) paralel (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=2,392$ W/mK, ms: mikrospar, Bkl: biyoklast)-İstanbul



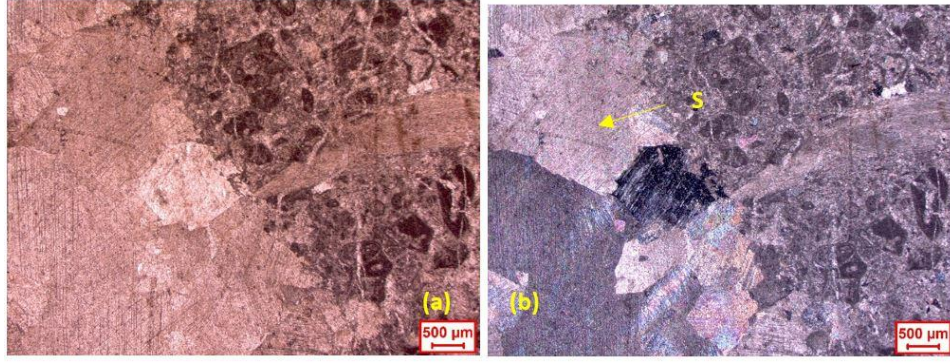
Şekil 7.119 is-son no'lu Kireçtaşı (Biyomikrit-Vaketaşı) örneğine ait (a) paralel (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=2,529$ W/mK, ms: mikrospars, Bkl: biyoklast)-İstanbul



Şekil 7.120 is-köy2 no'lu Siltli kireçtaşı örneğine ait (a) paralel (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=2,582$ W/mK, ms: mikrospars, Q:kuvars)-İstanbul



Şekil 7.121 HY-2 no'lu Resifal kireçtaşı örneğine ait (a) paralel (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=2,806$ W/mK, S: spar, m: mercan)-Ankara



Şekil 7.122 Mr-7 no’lu Rekristalize kireçtaşı örneğine ait (a) paralel (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=2,975$ W/mK, S: spar)-Laboratuvar

7.2.4 Metamorfik kayalar

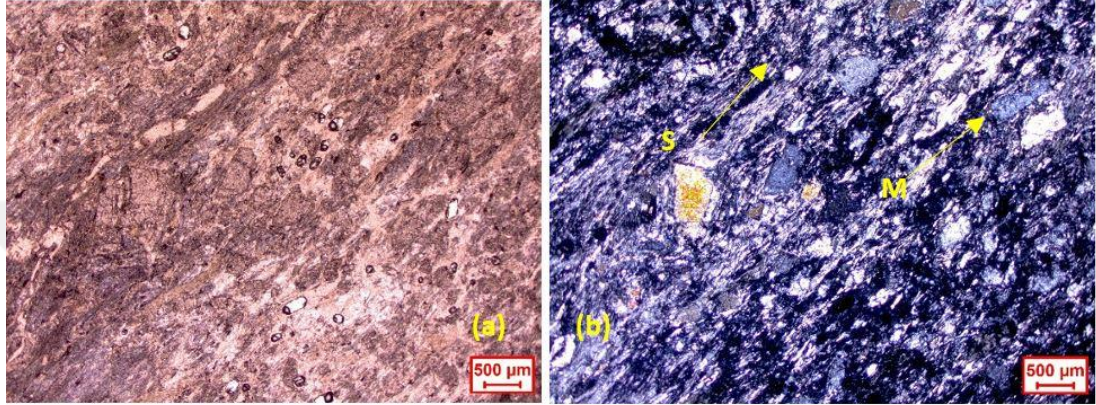
İstanbul ve Ankara civarından alınan metamorfik kayalar üzerinde mineral bileşimleri ve dokusal ilişkileri ile kaya termal iletkenlikleri arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Metamorfik kayaların termal iletkenlikleri kuvars içeriklerine ve tane büyüklüklerine göre değişmektedir. Aşağıda metamorfik kayaların dokusal ve mineral bileşimlerinin kaya termal iletkenliklerine göre en düşükten en yüksek değere göre değerlendirilmektedir.

S10 Lavsonit glokofanşist örneğinde (Şekil 7.123) kuvars minerali bulunmamaktadır ve en düşük termal iletkenlik değeri (1,336 W/mK) elde edilmiştir. Aynı mineral bileşimine sahip mermer örnekleri kendi arasında karşılaştırıldığında S8 (Şekil 7.130) mermer örneğine kalsit kristallerinin boyutları 50 µm, M1 (Şekil 7.136) örneğinde 500 µm, Mr5 (Şekil 7.138) örneğinde 1000-2000 µm, Mr6 (Şekil 7.139) örneğinde de benzer olarak 1000-2000 µm dir ve termal iletkenlik değeri 2,887 W/mK elde edilmiştir. Dolayısı ile tane boyutlarının artarak birbiri ile eş boyutta olması termal iletkenliği artırmaktadır. En yüksek termal iletkenlik değeri (5,252 W/mK) tümüyle kuvars mineralinden oluşan İ32 no’lu kuvarsit (Şekil 7.141) örneğinde elde edilmiştir.

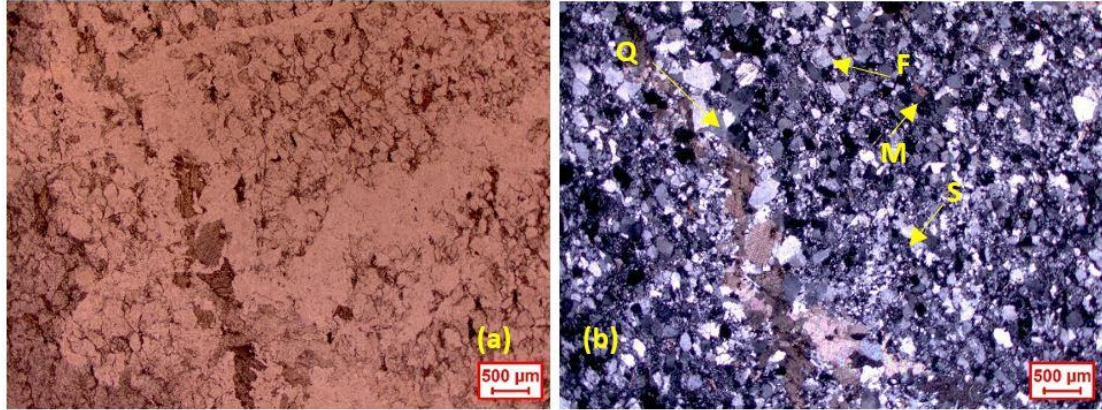
Metamorfik kaya örneklerinin kırılğan tabakalara sahip olması nedeniyle termal iletkenlik ölçümlerinde zorlukla karşılaşmış olup sınırlı örnek incelenebilmiştir. Aynı dokuya sahip kaya örneklerinde daha fazla termal iletkenlik ölçümü yapılması yararlı olacaktır. Ancak Ankara, İstanbul bölgelerinde ve laboratuvar örneklerinde yapılan ilk çalışmalara dayanılarak tane boyutları ve kuvars içeriğinin artması termal iletkenliği

artırmaktadır. Metamorfik kayaların mineralojik özellikleri ve termal iletkenlikleri birlikte değerlendirildiğinde

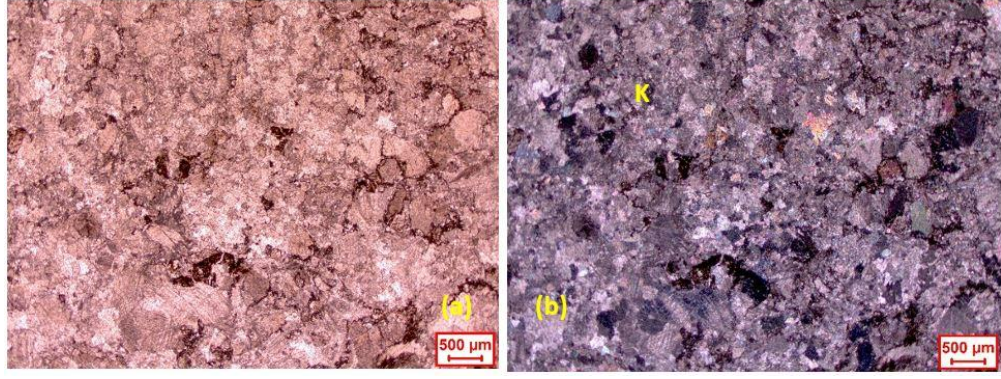
- Tane boyutlarının
- Birbiri ile temas yüzeylerinin
- Kuvars içeriği ve kuvars minerallerinin birbiri ile temas yüzeylerinin artması sonucu termal iletkenliğin arttığı gözlenmiştir.



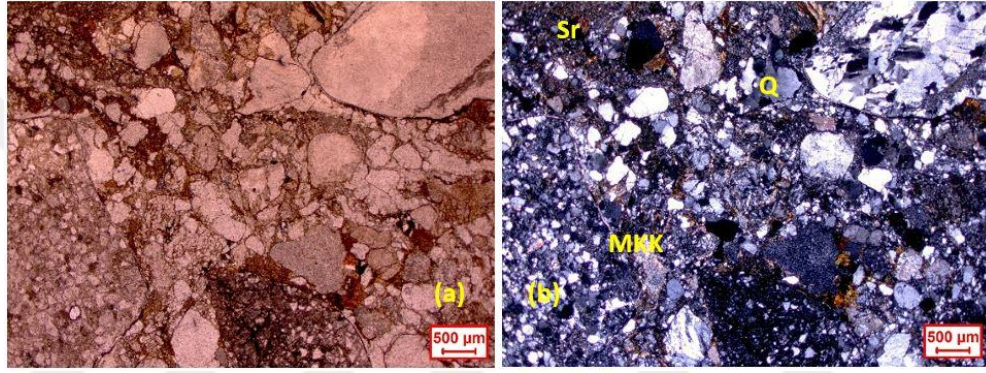
Şekil 7.123 S10 no'lu Lavsonit Glokofanşist örneğine ait (a) paralel (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=0,969$ W/mK, S: serizit, M: muskovit)-Laboratuvar



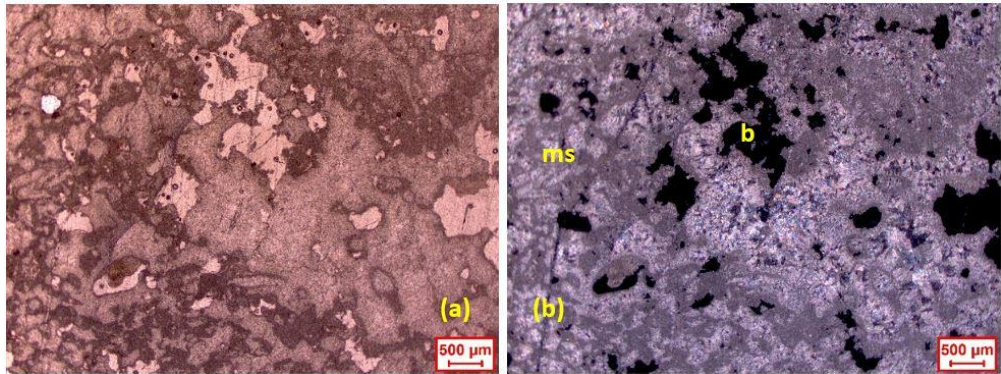
Şekil 7.124 Z15 no'lu Metakumtaş örneğine ait (a) paralel (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=1,038$ W/mK, Q: Kuvars, F: Feldspat, S: serizit, M: muskovit)-Ankara



Şekil 7.125 İsl11-ct no'lu Rekristalize metakireçtaşı örneğine ait (a) paralel (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=1,085$ W/mK, K: kalsit)-İstanbul



Şekil 7.126 Z19-1 no'lu Metakumtaşı örneğine ait (a) paralel (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=1,109$ W/mK, Sr: serizit, Q: Kuvars, MKK: metamorfik kaya kırıntısı)-Ankara



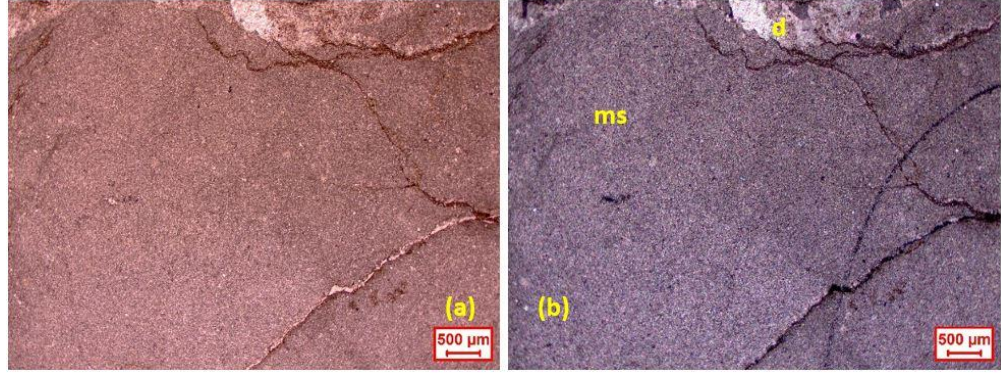
Şekil 7.127 O7-1 no'lu Metatraverten örneğine ait (a) paralel (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=1,146$ W/mK, ms:mikrospar, b: boşluk)-Ankara

Çizelge 7.7 Metamorfik kayalar termal iletkenlik-petrografik özellikler

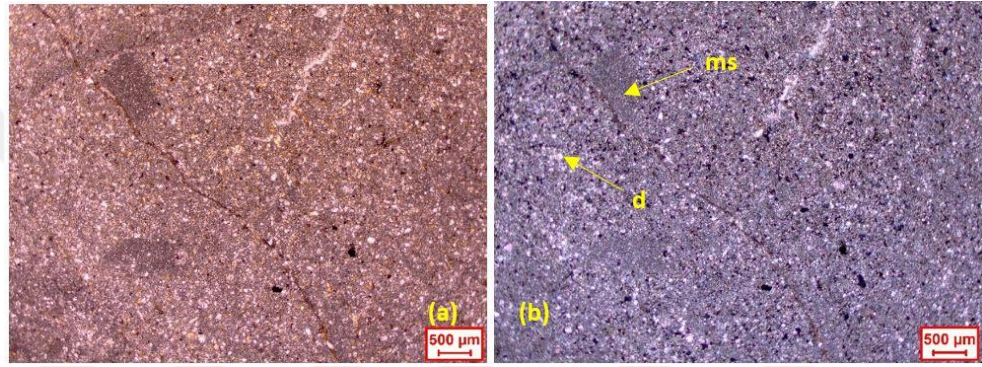
İL	Örnek No	Kayaç adı	Termal iletkenlik (W/mK)	Doku	Egemen Tane Boyutu	Çimento	Kuvars %	Egemen mineral bileşimi%	Açıklama
L	S10	Lavsonit glokofan şist	0,969	Nematogranoblastik	20-200	-		Tremolit, aktinolit, klorit, kuvars, lavsonit, glokofan. Taneler çok küçük	
A	Z15	Meta kumtaşı	1,038	Blasto psemitik	20-100	-		kuvars, feldspat, kalsit, klorit, biotit, opak min. Serizit ve muskovit	
İ	İs-11 ct	Rekristalize Metakireçtaşı	1,085	Mozaik	100-200	spar kalsit		Kalsit, tek tük kırmızı alg	
A	Z19-1	Meta kumtaşı	1,109	Blasto psemitik	50-2000	-		Kuvars, plj, serizit, kalsit, klorit, epidot	Matriks silis
A	O7-1	Metatraverten	1,146	Mikritik	-	mikrospar		Kalsit	8-10% gözenek. Gözenekler boş
İ	İs-ja	Dolomitik rekristalize kireçtaşı	1,221	Mikrospar mozaik	-	-		Mikrit mikrospara dönüşmüş. Hayalet bioklastlar var	
A	O10	Metadolomit	1,319	-	-	kalsit	-	Çok seyrek Q kum taneleri var	
A	S8	Mermer	1,336	Granoblastik	50-100	-		Kalsit	Kristal kenarı düz
A	S6	Dolomitik rekristalize	1,709	Granoblastik	-	-		Kalsit, 3-5% arası Q	iri kristalli spar mozaik
A	O5.2	Amfibolit	1,715	Nematoblastik doku	50-100	-	3-5	plj, amf, Q, sfen, epidot, albit. çubuksu mineraller (amfibol), tremolit, aktinolit, lavsonit, mavi şist fasiyesi. Kırık ve çatlakalarda Fe amfiboller kloritleşmiş, %30-40 kloritleşme.	Çubuksu mineraller yönelme. Kökeni bazik kaya
A	S7	Serizit kuvars şist	1,809	Lepidogranoblastik	50-100	-	65	Muskovit, Q, biotiti, serizit, plj, feldspat	

Çizelge 7.7 Metamorfik kayalar termal iletkenlik-petrografik özellikler (devam)

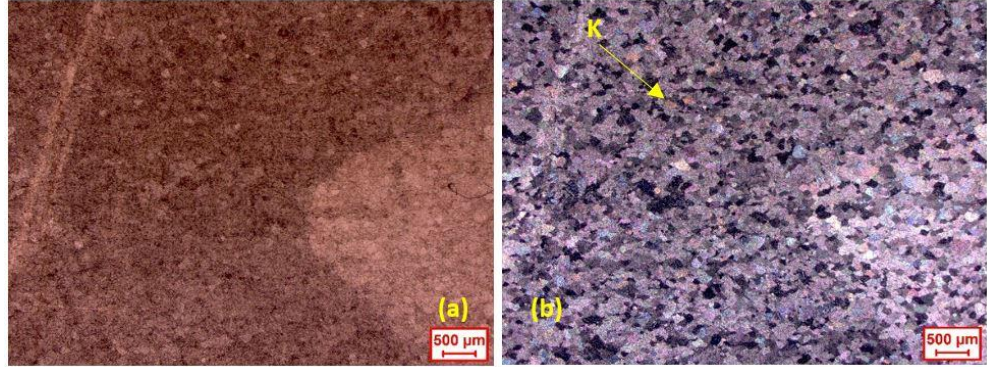
İL	Örnek No	Kayaç adı	Termal iletkenlik (W/mK)	Doku	Egemen Tane Boyutu	Çimento	Kuvars %	Egemen mineral bileşimi%	Açıklama
A	S2	Muskovit Kuvars şist	2,243	Lepidoblastik doku	100-200	>200µm %50 den fazla	90	Q%90, opak %2-3, kalan : muskovit ve grafit	Mikalar yönelmiş, Q ca zengin kumtaşı
İ	İs-x	Fillit	2,408	Lepidoblastik doku	-	-	15	Serizit %70-80, opak mineraller, Çatlaklar boyunca ve kenarlarında Fe girdileri,	Çamurtaşı (Sedimanter)
L	M1	Mermer	2,7974	Granoblastik	350-400	-	-	Kalsit	Kristal kenarları düz
L	M2	Dolomitik mermer	2,8466	Granoblastik	100	-	-	Kalsit, Dolomitleşme var,	Kristal kenarları düz
L	Mr5	Mermer	2,8805	Granoblastik	600-700	-	-	Kalsit	Kristal kenarları düz
L	Mr6	Mermer	2,8875	Granoblastik	500-600	-	-	Kalsit	-
L	M3	Mermer	3,494	Granoblastik	200-250	-	-	Kalsit	yer yer rekristalize
İ	İ32	Kuvarsit	5,252	Kuvars mozaik	-	-	-	Kuvars	yoğun tektonizma geçirmiş.



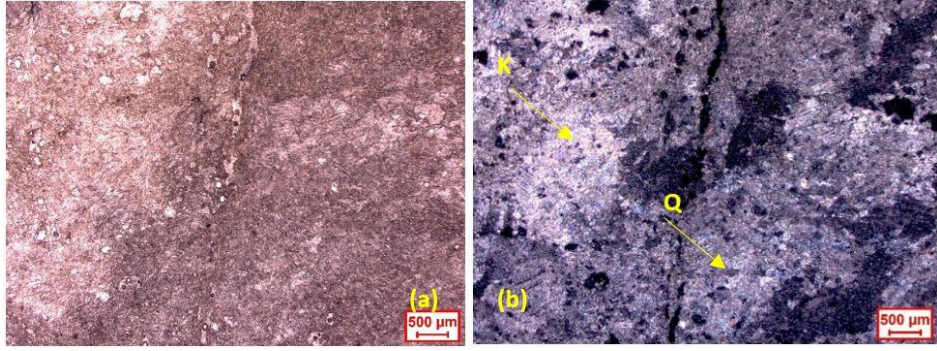
Şekil 7.128 İs-ja no'lu Dolomitik rekristalize kireçtaşı örneğine ait (a) paralel (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=1,221$ W/mK, ms: mikrospar, d: dolomit)-İstanbul



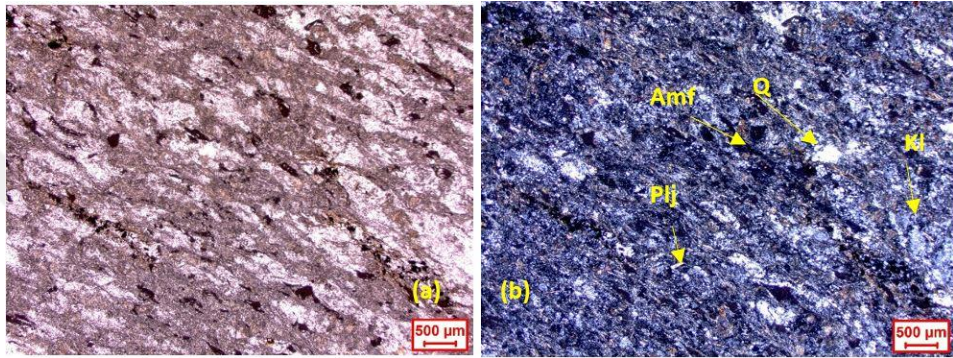
Şekil 7.129 O10 no'lu Metadolomit örneğine ait (a) paralel (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=1,319$ W/mK, ms: mikrospar, d: dolomit)-Ankara



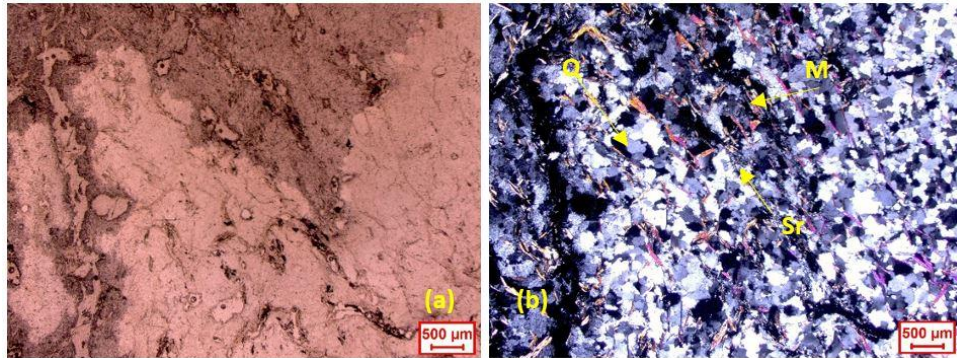
Şekil 7.130 S8 no'lu Mermer örneğine ait (a) paralel (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=1,336$ W/mK, S: serizit, K: Klorit, M: muskovit)-Ankara



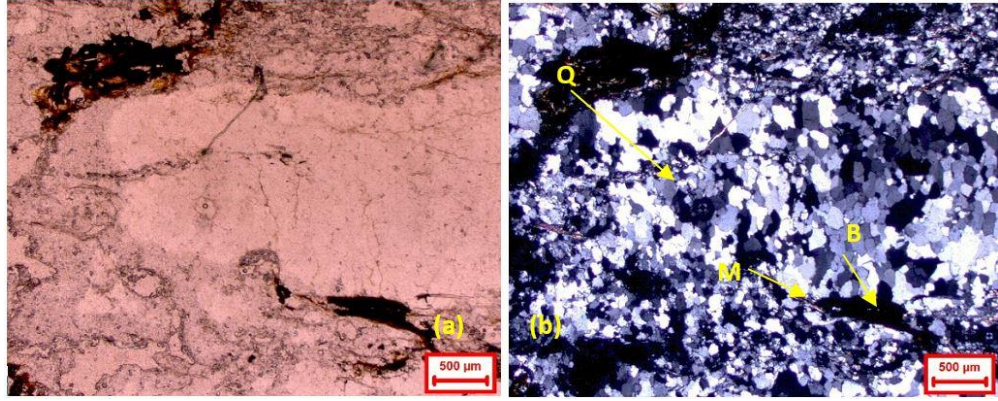
Şekil 7.131 S6 no'lu Rekristalize dolomitik mermer örneğine ait (a) paralel (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=1,709$ W/mK, K: Kalsit, Q: kuvars)-Ankara



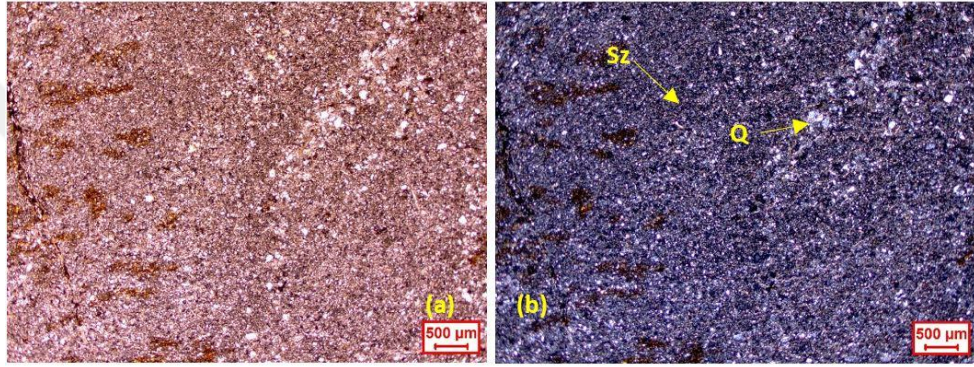
Şekil 7.132 O5.2 no'lu Amfibolit örneğine ait (a) paralel (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=1,715$ W/mK, Q:kuvars, Amf: Amfibol, Plj: plajiyoklas, Kl: klorit)-Ankara



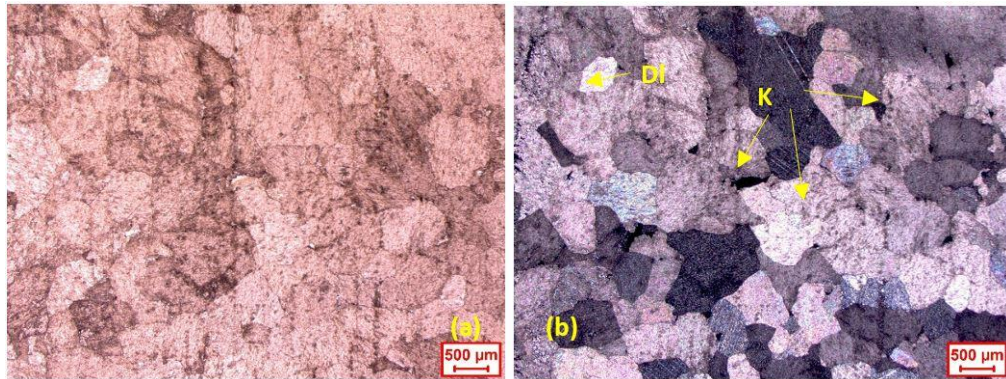
Şekil 7.133 S7 no'lu Serizit kuvars şist örneğine ait (a) paralel (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=1,809$ W/mK, Muskovit, Q, biotit, serizit, plj, feldspat)-Ankara



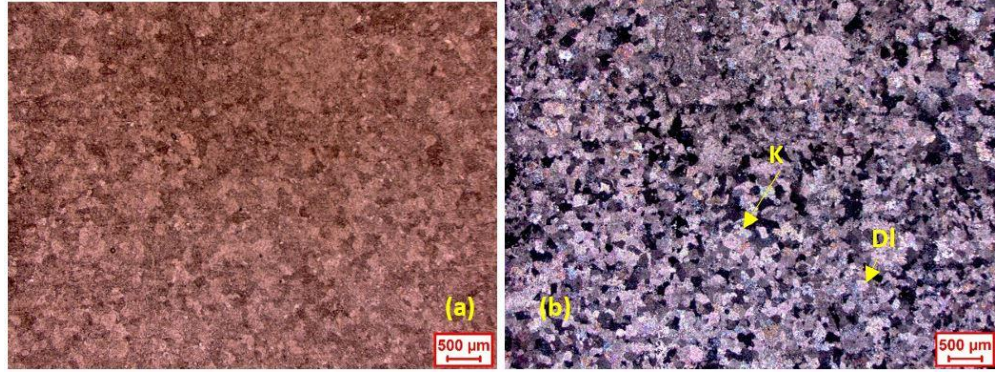
Şekil 7.134 S2 no'lu Muskovit kuvars şist örneğine ait (a) paralel (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=2,243$ W/mK, Q: Kuvars, M: muskovit, B: biyotit)-Ankara



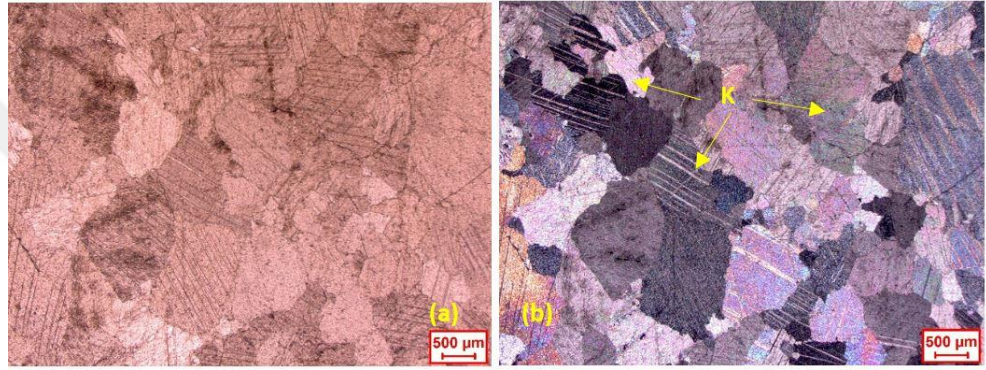
Şekil 7.135 İs-x no'lu Fillit örneğine ait (a) paralel (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=2,408$ W/mK, Sz: Serizit, Q: Kuvars)-İstanbul



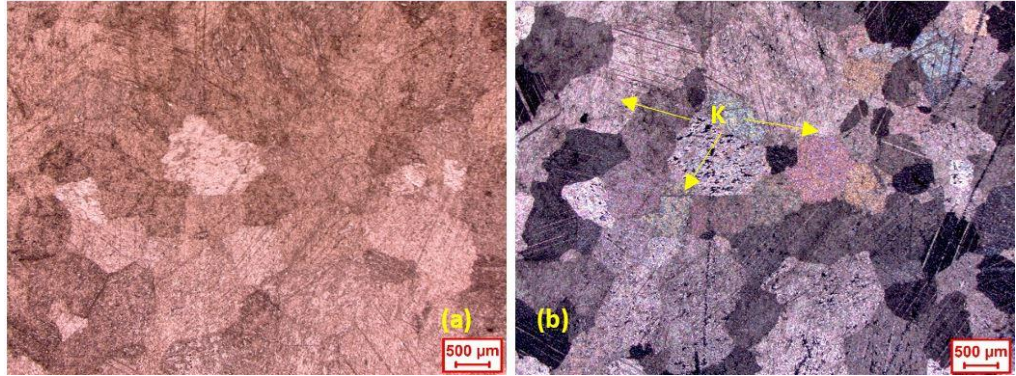
Şekil 7.136 M1 no'lu Dolomitik mermer örneğine ait (a) paralel (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=2,797$ W/mK, K: Kalsit)-Laboratuvar



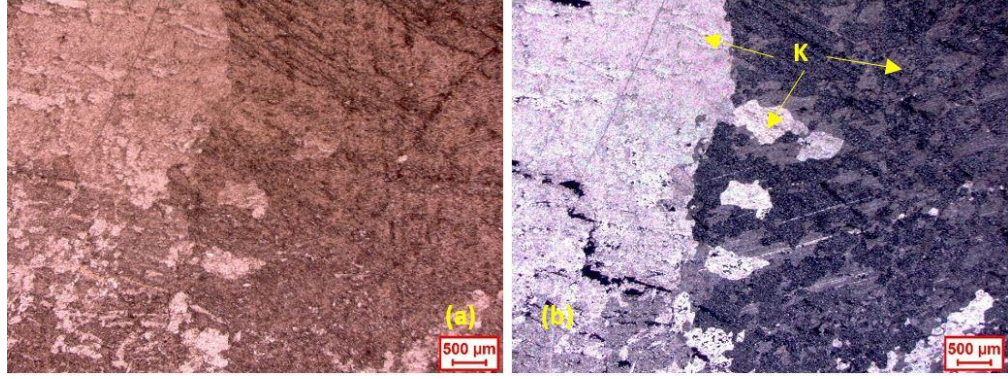
Şekil 7.137 M2 no'lu Dolomitik mermer örneğine ait (a) paralel (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=2,847$ W/mK, K: Kalsit, Dl: Dolomit)-Laboratuvar



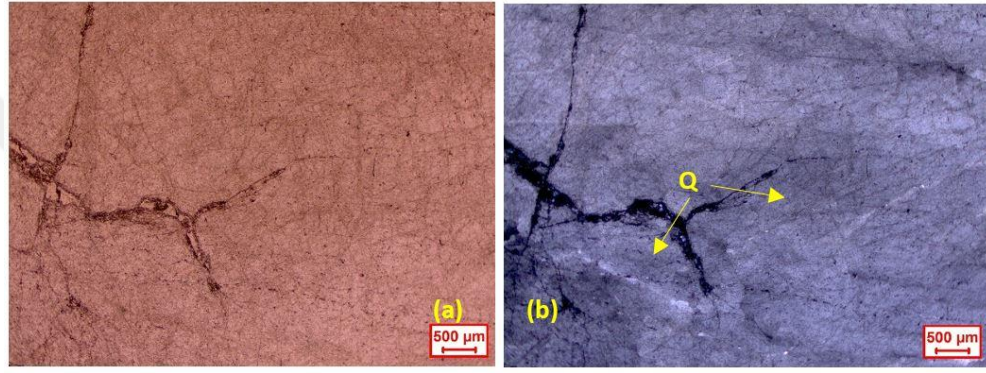
Şekil 7.138 Mr5 no'lu Mermer örneğine ait (a) paralel (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=2,880$ W/mK, K: Kalsit)-Laboratuvar



Şekil 7.139 Mr6 no'lu Mermer örneğine ait (a) paralel (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=2,887$ W/mK, K: Kalsit)-Laboratuvar



Şekil 7.140 M3 no'lu Mermer örneğine ait (a) paralel (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=3,494$ W/mK, K: Kalsit)-Laboratuvar



Şekil 7.141 İ32 no'lu Kuvarsit örneğine ait (a) paralel (b) çapraz nikol mikrofotografı ($\lambda=5,252$ W/mK, Q: Kuvars)-İstanbul

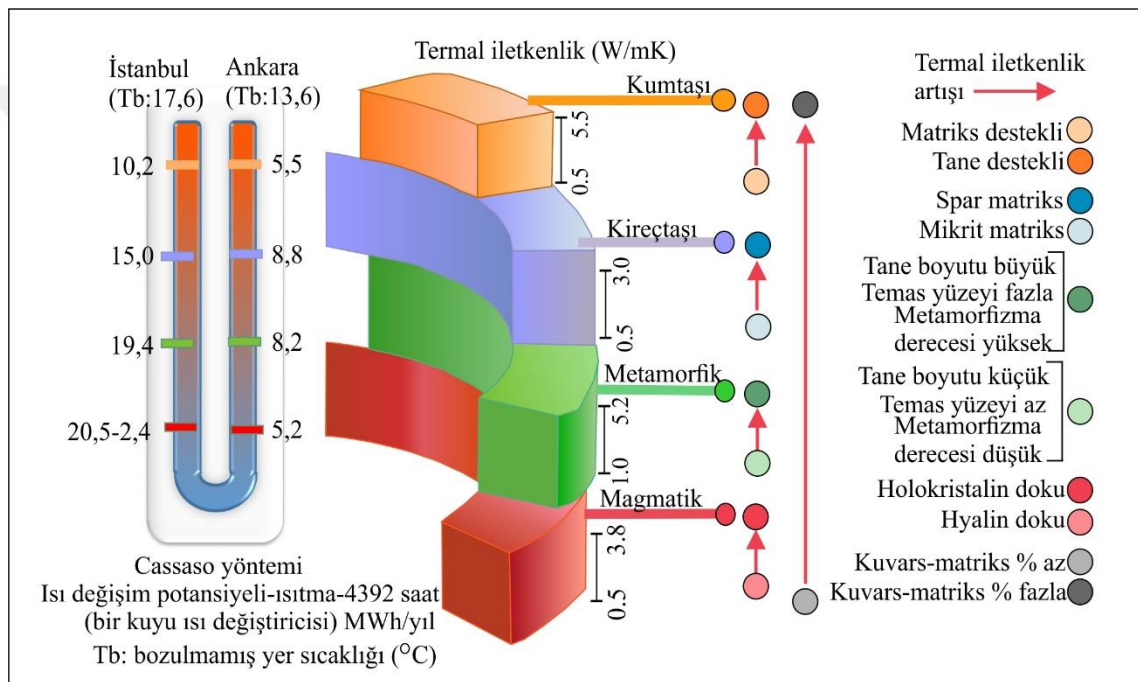
7.3 Kapalı Sistem Yer Kaynaklı Isı Pompası Isı Değişim Potansiyeli Hesaplama

Kapalı kuyu ısı değiştiricisi potansiyel hesaplamalarında literatürde değişik araştırmacılar tarafından sadece ısıtma amaçlı geliştirilen yöntemler kullanılarak yapılan hesaplamalarda 100 m derinliğindeki kuyu ısı değiştiricisinden alınabilecek yıllık ısı enerjisi miktarları VDI4640, 2001 ve Curtis vd.,2013 yöntemlerinde Cassaso, 2016 ya göre daha yüksektir. Bunun nedeninin ısı transfer akışkan limit sıcaklıklarının ve kuyu ısı direncinin göz önüne alınmamasıdır. Dolayısı ile kuyu ısı değiştiricilerindeki ısı değişim miktarı sürdürülebilir olarak değerlendirilmemiştir. Cassaso, vd. 2016 tarafından geliştirilen yöntem hem ısı transfer akışkanı limitleri, kayaların özgül ısı kapasitesi ve bozulmamış yer sıcaklığı değerlerini göz önüne almasından dolayı diğer yöntemlere göre daha güvenilir olduğu düşünülmektedir. Ancak bu yöntemde sürdürülebilir yeraltı bozulmamış sıcaklığının sağlanması açısından yıllık ısıtma yükleri minimum ve sadece ısıtma ve soğutma amaçlı kabul edilerek ortalama ısı yükün $q(t)$ (W/m) için 0,114 W/m

(yıllık $q = 1 \text{ kWh/y.m}$) göz önüne alınmıştır. Bu nedenle elde edilen değerler minimum değerler olarak düşünülmelidir.

Hesaplama sadece tek bir kuyu ısı değiştiricisinden çekilebilecek ya da yeraltına aktarılacak ısı miktarları hesaplanmıştır. Kuyu ısı değiştiricileri ile ısı enerjisi depolama uygulamasında ise kuyu ısı değiştiricileri birbirine çok yakın açılacağından ısı transfer akışkan limit sıcaklıkları değişeceğinden ısı enerjisi depolamada bu durumun göz önüne alınması gerekmektedir.

Cassaso, 2016 yöntemi hesaplama sonuçlarında ısı değişim miktarları kaya gruplarının termal iletkenliklerine göre değişmektedir (Şekil 7.142).



Şekil 7.142 Kaya termal iletkenlikleri-petrografik özellikleri ve ısı değişim potansiyel infografik gösterimi

- En yüksek değerler Granit-Granodiyorit türü kompakt kayalar, kuvarsit, mermer ve re-kristalize kireçtaşlarında elde edilmiştir. Bu tür kayalar genelde yüksek kotları oluşturmaktadır ve yerleşim yerlerine daha uzak bölümleri oluşturmaktadır.
- Yerleşim yerleri yaygın olarak kumtaşı, metakumtaşı ve silttaşı gibi sedimanter birimlerin olduğu alanlarda kurulmuştur ve nispeten ısı değişim oranları düşüktür. Bu birimler düşük termal iletkenlikleri nedeniyle ısının korunmasını sağlamaktadır. Bu bölgelerde projenin ihtiyacına göre uygun derinlikte seçilecek kuyu ısı değiştiricileri ile termal iletkenliği yüksek kayalara KIED yöntemi

kullanılarak ısı enerjisi depolama uygulamalarının yapılabileceği düşünülmektedir.

- İstanbul ili güncel ısıtma sezonu (183 gün) için, Cassaso, 2016 yöntemi ile kayaların termal özellikleri ve bölgenin bozulmamış yer sıcaklığı değerleri kullanılarak ısı değişim potansiyeli hesaplaması yapılmıştır. Buna göre kuvarsit içeren Şermat Kuvarsiti ile kuvarssitten oluşan Aydos Formasyonu'nda yıllık 31,88 MWh gibi en yüksek ısı değişim potansiyeli elde edilmiştir. Yoğun yerleşimin bulunduğu kumtaşı içerikli kayalardan ise ortalama 10,18 MWh/yıl, kireçtaşı kaya türünde ise minimum 15,25 – 16, 79 MWh/yıl ısı değişim potansiyeli olduğu görülmektedir. Killi, volkanoklastik-piroklastik ve çok ayrıışmış granit türü kayaların bulunduğu bölgelerde açılacak 100 m derinlikte tek bir kuyu ısı değiştiricisinden 2,37 MWh/yıl ısı değişim potansiyeli hesaplanmıştır. İstanbul il alanında ısı değişim potansiyeli yüksek olan kayalar genelde yüksek kotları oluşturmaktadır. Bunlardan sadece Aydos Formasyonu yoğun yerleşimin bulunduğu alanda yer almaktadır.
- İstanbul ili güncel soğutma süresi (90 gün) göz önüne alınarak, Cassaso, 2016 yöntemi ile soğutma potansiyeli hesaplanmıştır. Soğutma ısı değişim potansiyeli en yüksek olarak -6,62 MWh/yıl olarak kuvarsit türü kayalarda elde edilmiş olup, kumtaşlarında -2,17 ile -5,45 MWh/yıl, kireçtaşlarında -2,36 ve -3,54 MWh/yıl olarak elde edilmiştir.
- Ankara ili güncel ısıtma süresi (123 gün) göz önüne alınarak yapılan hesaplamalarda en yüksek değerler gabro, Serpantinit türü kayaların olduğu bölgelerde 7,74-9,10 MWh/yıl değerler elde edilmiştir. Ankara ilinde yoğun yerleşimin yer aldığı kumtaşı türü kayalardan 3,77-6,64 MWh/yıl elde edilebileceği, andezit türü kayalardan ise 7,65 ile 5,72 MWh/yıl değerler elde edilmiştir.
- Ankara soğutma ısı değişim potansiyeli soğutma sezonu (76 gün) göz önüne alınarak yapılan hesaplamada Andezit-Bazalt türü kayalarda -2,36 ile -4,03 MWh/yıl arasında değerler; Kumtaşları için -3,52 ile -2,90 MWh/yıl arasında değerler elde edilmiştir. Elde edilen en yüksek değerler -4,62 MWh/yıl ile rekrystalize kireçtaşları ile -4,08 MWh/y olarak gabro, Serpantinit ve kireçtaşı türü

kayalarda elde edilmiştir. Ankara civarında yüzeylenen granit türü kayalarda ise İstanbul'dan farklı olarak -2,79 MWh/yıl gibi düşük değerler elde edilmiştir.



8. SONUÇ VE DEĞERLENDİRMELER

- İstanbul ve Ankara illerinde yer alan konutlarda 30 kW ve 45 kW tan küçük ısıtma yükünün karşılanması (minimum) için üç farklı araştırmacı tarafından geliştirilen hesaplama yöntemleri kullanılarak 100 m derinliğinde kuyu ısı değiştiricisi için kapalı sistem ısıtma ve soğutma ısı değişim potansiyel hesaplamaları yapılarak karşılaştırılmıştır. Cassaso, 2016 ya göre yapılan hesaplamalarda elde edilen ısı değişim oranları diğerlerinden daha düşük elde edilmiştir. Bunun nedeni yeraltının sıcaklık dengesinin korunarak sürdürülebilir kullanımı göz önüne alınmış olmasıdır. Hesaplama yıllık minimum $q=1$ MWh/yıl ısı yükü öngörülmüştür. Isıtma ve soğutma yükleri artırıldığında bu değerin artacağı göz önüne alınmalıdır.
- Hesaplamalarda kullanılan ısı değişim potansiyeli kavramı tek bir kuyu ısı değiştiricisinden çekilebilecek ya da yeraltına gönderilebilecek ısı miktarını kapsamaktadır. Genel uygulamalarda ise yer altı Yer Kaynaklı Isı Pompalı sistemlerde ısı çekme ortamı olarak düşünülmekte, ısı depolama ortamı olarak düşünülmemektedir. Kuyu ısı değiştiricileri ile ısı enerjisi depolama uygulamalarında ise birden fazla kuyu ısı değiştiricisi birarada kullanılmaktadır. Dolayısı ile ısı enerjisi depolama uygulamasında diğer kuyular ile etkileşim olması nedeniyle limit transfer akışkan sıcaklıklarının değişiminin göz önüne alınması gerekmektedir.
- Cassaso, 2016 yönteminde ısı transfer akışkanının limit sıcaklıkları, bozulmamış yer sıcaklığı, kuyu ısı değiştiricilerinin ısı direnci, kuyu çaplarının hesaplamaya dahil edilmesi nedeniyle diğer yöntemlere oranla daha güvenilir olduğu düşünülmektedir. Ancak ısıtma ve soğutma birlikte kullanıldığında ve ısı yükler değiştiğinde kuyu ısı değiştiricisinin ısı değişim potansiyelleri de değişeceği göz önünde bulundurulmalıdır.
- En yüksek ısı enerjisi depolama ile ısıtma-soğutma ısı değişim potansiyeli olabilecek kayalar yüksek termal iletkenlik değerlerine sahip olan granit, kumtaşı, kireçtaşı, mermer türü masif kayalardır. Termal iletkenlik ölçümleri yüzeydeki kayalarda yapılmıştır. Derinlikle kayaların su içeriklerinin artabileceği ve farklı termal iletkenlikler elde edilebileceği göz önüne alınmalıdır.

- İstanbul ilinde yoğun yapılaşmanın olduğu bölgedeki bozulmamış yer sıcaklığı 17,6 °C olarak ölçülmüştür. İstanbul ili ısıtma sezonu 4392 saat (183 gün) olarak hesaplamalara dahil edilmiştir. 100 m derinlikte açılacak 1 adet çiftli U borulu kuyu ısı değiştiricisinden kuvarsit içeren Şermat Kuvarsiti ile kuvarssitten oluşan Aydos Formasyonu'nda yıllık 31,88 MWh gibi en yüksek ısı değişim potansiyeli elde edilmiştir. Yeraltında ısı enerjisi potansiyeli yüksektir. Yoğun yerleşimin bulunduğu kumtaşı içerikli kayalardan ise ortalama 10,18 MWh/yıl, kireçtaşı kaya türünde ise minimum 15,25 – 16, 79 MWh/yıl ısı değişim potansiyeli olduğu görülmektedir. Killi, volkanoklastik-piroklastik ve çok ayrılmış granit türü kayaların bulunduğu bölgelerde ise 2,37 MWh/yıl ısı değişim potansiyeli hesaplanmıştır. İstanbul il alanında ısı değişim potansiyeli yüksek olan kayalar genelde yüksek kotları oluşturmaktadır. Bunlardan sadece Aydos Formasyonu yoğun yerleşimin bulunduğu alanda yer almaktadır. Bu bölgelerde yeniden yapılacak toplu konut uygulamalarında bu alan kuyularda ısı enerjisi depolama alanı düşünülebilir niteliktedir.
- Ankara ilinde ise bozulmamış yer sıcaklığı 13,6 °C olarak ölçülmüştür. Ankara ili ısıtma sezonu 2952 saat (123 gün) olarak hesaplamaya dahil edilmiştir. Gabro ve Serpantinit türü kayalarda 100 m derinlikte açılacak 1 adet çiftli U borulu kuyu ısı değiştiricisinden minimum sürdürülebilir 7,74-9,10 MWh/yıl ısı değişim potansiyeli elde edilmiştir. Ankara il alanında yoğun yerleşimin yer aldığı kumtaşı türü kayalardan 3,77-6,64 MWh/yıl elde edilebileceği, andezit türü kayalardan ise 7,65 ile 5,72 MWh/yıl değerler elde edilmiştir. Andezit ve Serpantinit türü kayalar genellikle yüksek kotları oluşturmaktadır. Yoğun yerleşim yerlerinin bulunduğu alanlarda ise killi ve kumtaşlı kaya birimleri yüzlek vermektedir. Üstte bulunan killi birimler düşük termal iletkenlik değerlerine sahip olduğu için izolasyon görevini görmektedir. Bu birimlerin altında yer alan termal iletkenliği yüksek olan kumtaşı, andezit, kireçtaşı gibi kaya birimlerine ulaşacak şekilde uygun derinlikte açılacak kuyu ısı değiştiricileri ile ısı enerjisi depolama uygulamaları yapılması düşünülebilir.
- İller Bankası Ataşehir Bölge Binası Yer Kaynaklı Isı Pompası sistemi için açılan kuyularda K1 ve K21 nolu kuyularda Toprak Isıl Duraylılık Testi (TIDT) yapılmıştır. İstanbul bölgesi için bozulmamış yer sıcaklığı ve kuyu ısı direnci

değerleri elde edilmiştir. TIDT testinden elde edilen değerler kullanılarak İstanbul bölgesi için ısı değişim potansiyeli hesaplanmış olup yıllık 18,73 ile 19.23 MWh/yıl ısı değişim potansiyeli elde edilmiştir.

- Hesaplamalarda yeraltısuyu, derinliği ve birimlerin hidrolik iletkenliği göz önüne alınmamıştır. Derinlikle kayaların yeraltısuyu içeriğinin artacağı göz önüne alındığında ısı değişim potansiyellerinin artarak daha yüksek ısı değişim potansiyelleri elde edilebilecektir.
- Derinlik kayaları ile bu kayaların yüzey kayaları olan volkanik kayalara doğru gidildikçe doku içerisinde yer alan camsı hamur oranı arttıkça termal iletkenliğin düştüğü görülmektedir. Magmatik kayalarda holokristalen dokudan porfirik ve hyalin dokuya doğru termal iletkenlik azalmaktadır. Bunun nedeni holokristalen dokuda minerallerin eş boyutlu ve temas yüzeylerinin fazla olmasıdır. Kipokristalen porfirik ve porfirik dokuda mineraller arasında hamur madde oluşmaktadır. Hamur maddenin camsı niteliği arttıkça mineraller arası termal iletkenlik azalmaktadır. Yine magmatik kayalar içerisinde bozunma oranı ve boşluk oranı arttıkça termal iletkenlik oranında azalma gözlenmektedir. Kuvars miktarı arttıkça kayacın termal iletkenliği yükseldiği belirlenmiştir.
- Metamorfik kayalarda tane boyutları arttıkça ve metamorfizma derecesi arttıkça termal iletkenlik değerleri arttığı gözlenmektedir.
- Kumtaşlarının dokusal özellikleri ile termal iletkenlik özellikleri birlikte değerlendirildiğinde ara madde destekli dokudan tane destekli dokuya doğru termal iletkenliği artmakta olduğu gözlenmektedir. Yine kumtaşlarını oluşturan tanelerin boylanması, küreselliği arttıkça kumtaşının termal iletkenliği artmaktadır. Kumtaşlarının içerisinde bulunan egemen kaya bileşimindeki kuvars oranı arttıkça ve taneler arası değişim yüzeyleri arttıkça termal iletkenliklerinin arttığı gözlemlenmiştir.
- Kireçtaşı örneklerinin mikrit ve spar kalsit oranları ile içerdiği bileşenler göz önüne alındığında kireçtaşı içerisindeki mikrit oranı ve kil içeriği arttıkça termal iletkenlik değerleri düşmektedir. Kireçtaşı içerisindeki spar kalsit oranı, bioklastların birbiri ile temas yüzeyi ve silis içeriği arttıkça termal iletkenlik değeri yükselmektedir.

KAYNAKLAR

- Akbaş, B., Sevin, M., Aksay, A., 2002. 1/100000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, No:40, Bolu-H27 paftası. Jeoloji Etütleri Dairesi, Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Akçay, A.E., Dönmez, M., Kara, H., Yergök, A.F., Esentürk, K., 2008. 1/100000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, No:91, Kırşehir-J30 paftası. Jeoloji Etütleri Dairesi, Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Akın, U., Ulugergerli, E., Kutlu, S. 2014. The Assesment of Geothermal Potential of Turkey by means of heat flow estimation. Bulletin of Mineral Research and Exploration, Volume 149, pp: 201-210, Ankara.
- Akyürek, B, Bilginer, E., Dağır, Z., Soysal, Z., Sunu, O., 1979. Hacılar (K.Çubuk-Ankara) bölgesinde Alt Triyasın varlığı, Türkiye Jeoloji Bülteni, C.22, s.2, Ankara.
- Akyürek, B, Bilginer, E., Akbaş, B., Hepşen, N., Pehlivan, Ş., Sunu, O., Soysal, Y., Dağır, Z., Çatal, E., Sözeri, B., Yıldırım, H., Hakyemez, Y., 1982. Ankara-Elmadağ-Kalecik dolayının jeolojisi, Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, Rapor No: 7298 (yayımlanmamış), Ankara.
- Akyürek, B, Bilginer, E., Akbaş, B., Hepşen, N., Pehlivan, Ş., Sunu, O., Soysal, Y., Dağır, Z., Çatal, E., Sözeri, B., Yıldırım, H., Hakyemez, Y., 1984. Ankara-Elmadağ-Kalecik dolayının temel jeolojik özellikleri, Jeoloji Mühendisliği, No:20, 31-46, Ankara.
- Akyürek, B., Akbaş, B., Dağır, Z., 1988. Açın-sama nitelikli 1/100.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları serisi, Çankırı-E16 (H30) paftası, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Akyürek, B, Duru, M., Sütçü, Y.F., Papak, İ., Şaroğlu, F., Pehlivan, N., Gönenç, O., Granit, S., Yaşar, T., 1996. Ankara İlinin Çevre Jeolojisi ve Doğal Kaynaklar Projesi (1994 yılı Jeoloji grubu çalışmaları), MTA Rapor No: 9961 (yayımlanmamış).
- Akyürek, B, Duru, M., Sütçü, Y.F., Papak, İ., Şaroğlu, F., Pehlivan, N., Gönenç, O., Granit, S., Yaşar, T., 1997. Açın-sama nitelikli 1/100.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları serisi, Ankara F-15 paftası. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Altun, İ.E., Kadıncız, G., Aksay, A. 2002. 1/100.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları No:41, Bolu-H28 paftası. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara.
- Andolfsson, T. 2013. Analyses of thermal conductivity from mineral composition and analyses by use of Thermal onductivity Scanner: A study of thermal properties in Scanian Rock Types. Master Thesis. Dissertation in Geology at Lund University. Web sitesi: <http://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordOId=3959653&fileOId=3959654>, Erişim tarihi: 20.07.2017.
- Andersson, O., Andersson, B. 2000. Collection of GeoData for UTES Applications by the use of Test Drilling. Proc. Of TERRASTOCK 2000, 8 th International Conference on Thermal Energy Storage, Vol I, 117-121.

- Andersson, O., 2005. Thermal Energy Storage for Sustainable Energy Consumption. Fundamentals, Case studies and Design. Nato Science Series, Vol: 234, 155-176.
- Atabey, E., 1989. Açınısma Nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi, Aksaray H17 (K31) paftası, Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara.
- Atabey, E., Tarhan, N., Akarsu, B., Taşkiran, A., 1987. Şereflikoçhisar, Panlı (Ankara)-Acıpınar (Niğde) yöresinin jeolojisi, MTA Raporu, derleme no: 8155, Ankara (basılmamış).
- Atıcı, G., Dönmez, M., Çobankaya, M., Sevin, Gündoğdu, E., A., Esirtgen, E., Şimşek, E., 2014. Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi, Ankara-J29 paftası, Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara.
- Aydın, M., Serdar, H.S., Şahintürk, Ö., Yazman, M., Çokuğraş, R., Demir, O., Özçelik, Y., 1987. Çamdağ (Sakarya)-Sünnicedağ (Bolu) yöresinin jeolojisi, Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 30, 1-14, Ankara
- Bal, A. 2014. Aydın İzmir Civarının hava manyetik verilerinden ısı akısı değerlerinin belirlenmesi ve ısı akısı dağılımının incelenmesi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeofizik Mühendisliği Ana Bilim Dalı (basılmamış), 141, Ankara.
- Balkan, E., Erkan, K., Şalk, M. 2017. Thermal Conductivity of Major Rock Types in western and central Anatolia regions, Turkey. Journal of Geophysics and Engineering, 14, 909-919.
- Batman, B., 1977. Haymana kuzeyinin jeolojik evrimi ve yöredeki melanjin incelenmesi, Doçentlik tezi, H.Ü. Yerbilimleri Enstitüsü, 172, Beytepe, Ankara.
- Bayram, O., Erol, G. 2015. Bazı doğaltaşların Isıl İletkenlik Özelliklerinin İncelenmesi. Poster sunum, 68. Jeoloji Kurultayı, MTA, Ankara.
- Bilgin, Z.R., Akarsu, B., Arbaş, A., Elibol, E., Yaşar, T., Esentürk, K., Güner, E., Kara, H., 1986. Kırıkkale-Kesikköprü-Çiçekdağ alanının jeolojisi, MTA Rap. No: 7876 (basılmamış), Ankara
- Bilginer, E., Pehlivan, Ş., Aksay, A., 2002. 1/100.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, No:36, Bolu-G29 Paftası, Jeoloji Etütleri Daire Başkanlığı, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Bilgin, A.Z., 2014. Türkiye Jeoloji Haritaları 1/100.000 ölçekli, Ankara-İ28 Paftası, Jeoloji Etütleri Dairesi, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Birgili, Ş., Yoldaş, R., Ünal, G., 1975. Çankırı-Çorum havzasının jeolojisi ve petrol olanakları, MTA Raporu, Derleme No: 5621, Ankara (basılmamış).
- Blackwell, D.D., Steele, J.L., 1989. Thermal Conductivity of Sedimentary Rocks: measurement and significance, In: Naeser N.D., McCulloh, T.H., editors, Thermal History of Sedimentary Basins, New York, NY: Springer, Verlag
- Blásquez, C.S., Martín, F.A., Nieto, M. I., García, P.C., Perez, L.S., Aguielera, D.G. 2017. Thermal Conductivity map of The Avila Region (Spain) based on thermal conductivity measurement of different rock and soil samples. Geothermics, 65, 60-71.

- Brigaud, F., Vasseur, G., Caillet, G., 1989. Use of well log data for predicting detailed in situ thermal conductivity profiles at well sites and estimation of lateral changes in main sedimentary units at basin scale. In: V. Maury, D. Fourmaintraux, editors. *Rock at Great Depth*. Rotterdam.
- Brigaud, F., Vasseur, G., Caillet, G., C. Brooks, W. Purcell, 1992. Thermal state in the north Viking, Surface area measurements on sedimentary rocks, 57(1), 69-88.
- Bürküt, Y. 1966. Kuzetbatı Anadolu'da yer alan Plütonların mukayeseli jenetik etüdü. İTÜ Maden Fakültesi, Doktora Tezi, 272 sf. (basılmamış), İstanbul.
- C-Therm.2018. Web sitesi:
https://ctherm.com/products/tci_thermal_conductivity/how_the_tci_works/mtps/,
 Erişim tarihi 10.08.2018.
- C-Therm.2018. Web sitesi:
https://ctherm.com/products/tci_thermal_conductivity/specifications, Erişim tarihi 10.08.2018.
- Cassaso, A., Sethi, R., 2016. G.POT: A Quantitative Method for the assesment and mapping of the shallow geothermal potential. *Energy*, 106, 765-773.
- Cassaso, A., Pestotnik, S., Rajver, D., Jez, J., Prestor, J., Sethi, R., 2017. Assesment and mapping of the shallow geothermal potential in the province of Cuneo (Piedmont, NW Italy). *Renewable Energy*, 102, 306-315.
- Cassaso, A., Pestotnik, S., Rajver, D., Jez, J., Prestor, J., Sethi, R., 2017. Assesment and mapping of the closed-loop shallow geothermal potential in Cerkno (Slovenia). *Energy Procedia*, 125, 335-344.
- Cermak, V., Rybach, L., 1982. Thermal properties. In: Hellwege, K.-H. (Ed.), *Landolt-Börnstein Numerical Data and Functional Relationships in Science and Technology*, New Series, Group V. Geophysics and Space Research, vol. 1, Physical Properties of Rocks, subvol. A. Springer-Verlag, Berlin, 305–371.
- Chopra, N., Ray, L., Satyanarayanan, M., Elangovan, R. 2018. Evaluate best mixing model for estimating thermal conductivity for granitoids from minerology: A case study for the granitoids, *Geothermics* 75, 1-14.
- Clark Jr., S.P., (Ed.), 1966. *Handbook of Physical Constants*. The Geological Society of America, Inc., New York.
- Clauser, C., Koch, A., 2006. Erstellung statistisch abgesicherter thermischer und hydraulischer Gesteinseigenschaften für den flachen und tiefen Untergrund in Deutschland, Phase 1—Westliche Molasse und nördlich angrenzendes Süddeutsches Schichtstufenland, Bericht zum BMU-Projekt FKZ 0329985. Web sitesi: http://www.geophysik.rwth-aachen.de/html/geothermik_thermostat.htm Erişim tarihi: 15.Ağustos 2018.
- Clauser, C., Hartmann, A., Koch, A., Mottaghy, D., Pechinig, R., Rath, V., 2007, Erstellung statistisch abgesicherter thermischer und hydraulischer Gesteinseigenschaften, für den flachen und tiefen Untergrund in Deutschland, Phase 1-Westliche Molasse und nördlich angrenzendes Süddeutsches Schichtstufenland. Final Report for BMU-Projekt FKZ 0329985.

- Clauser, C., Huenges, E., 1995. Thermal conductivity of rocks and minerals, in: Rock Physics and Phase Relations—A Handbook of Physical Constants, AGU Reference Shelf 3, American Geophysical Union.
- Clauser, C., ve Huenges, E. 2013. Thermal Conductivity of Rocks and Minerals. Rock Physics & Phase Relations, 105–26, Web sitesi: <https://doi.org/10.1029/RF003p0105>, Erişim tarihi 14.10.2017.
- Curtis, R., Pine, T., Wickins, C., 2013. Development of new ground loop sizing tools for domestic GSHP installations in the UK, EGC2013, Web sitesi: https://www.gshp.org.uk/pdf/MIS_3005_Ground_loop_sizing_tables.pdf. Erişim tarihi 23.09.2019
- Di Sipio, E. Bertermann. 2017. Influence and Different Moisture Condition on Heat Transfer within soils in very shallow geothermal application: An overview of ITER Project,web sitesi:<https://pdfs.semanticscholar.org/7c45/72041c18cd97f343457762b945d26429ceb7.pdf>. Erişim tarihi 18.12.2019.
- Digikey, Web sitesi: <https://www.digikey.com/product-detail/en/wakefield-vette/126-4/345-1011-ND/340309>, Erişim tarihi 15.11.2019.
- Dönmez, M., Akçay, A.E., Kara, H., Yergök, A.F., Esentürk, K., 2008. Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi, 1/100.000 ölçekli Kırşehir-İ30 Paftası, Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara.
- Dönmez, M., Akçay, A.E., Türkecan, A., Evcimen, Ö., Atakay, E., Görmüş, T., 2009. Ankara ve yakın çevresinin Tersiyer volkanitleri, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Derleme Rapor No: 11164, Ankara (Basılmamış).
- Dönmez, M., Akçay, A.E., 2010. Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi, 1/100.000 ölçekli Çankırı-H30 Paftası, Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara.
- Drury, M.J., Jessop, A.M., 1983. The estimation of rock thermal conductivity from mineral content—an assesment of techniques. Zbl. Geol. Paläont. Teil, 1, 35-48.
- Duru, M., Aksay, A., 2002. 1/100.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları serisi, Bolu-H29 paftası, No:42, Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Dünyaenerji, web sitesi: <https://www.dunyaenerji.org.tr/ankara-istanbul-kis-aylari-sicaklik-farkinin-dogalgaz-tuketimine-etkisi/>, Erişim tarihi: 04.08.2019.
- Erdem, Y., 2016. 1/100.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları serisi, No:236, Ankara-J28 paftası, Jeoloji Etütleri Dairesi, Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Fuchs, S., Förster, A. 2010. Rock Thermal Conductivity of Mesozoic aquifers in the Northeast German Basin. Web sitesi: <http://gfzpublic.gfz-potsdam.de/pubman/item/escidoc:241013:1/component/escidoc:241012/15306.pdf>. Erişim tarihi: 13.05.2017.
- Fjaer, E., Holt, R.M., Horsrud, P., Raaen, A.M., Rines,R., 2008. Petroleum related Rock Mechanics, second ed. Amsterdam, Elsevier science.
- Gedik, İ., Aksay, A., 2002. Türkiye Jeoloji Haritaları 1/100.000 ölçekli H25 paftası, Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara.
- Gehlin S., N.B., 1998. Thermal Response Tests of Boreholes- Results from In Situ

- Measurements. Proc. Second International Stockton Geothermal Conference. 15-16 March 1998. Richard Stockton College of New Jersey, Pomona, USA
- Gehlin, S., 2019. Yazılı görüşme: ECES-Annex13, Thermal Response Test for BTES Applications, Final Report.
- Gong, G., 2005. Physical Properties of Alpin Rocks: a laboratory investigation, Thesis University of Geneva, no:3658.
- Göncüoğlu, M.C., Turhan, N., Şentürk, K., Uysal, Ş., Özcan, A., Işık, A., 1996. Orta Sakarya'da Nallıhan-Sarıcakaya arasındaki yapısal birliklerin jeolojik özellikleri, Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, Rapor No: 10094 (basılmamış).
- Hakyemez, Y., Baykurt, M.Y., Bilginer, E., Pehlivan, Ş., Can, B., Dağ, Z., Sözeri, B., 1986. Yapraklı-İlgaz-Çandır dolayının jeolojisi, Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, Rapor No: 7966 (basılmamış).
- Horai, K.I., 1972. Thermal conductivity of nineteen igneous rocks, Estimation of the thermal conductivity rock from the mineral and chemical compositions. Physics Earth Planet, Interior 5, pp:157-166.
- Huenges, E., Vergleich, 1989. der an Kernen gemessenen Wärmeleitfähigkeit mit der aus Modalanalysen berechneten Wärmeleitfähigkeit. KTB Rep. Han., 89-5:F1-F9.
- İlkışık, O. Metin. 2016. Kuzeybatı Anadolu'da Isı Akısı Dağılımı / Heat Flow Pattern of Northwest Anatolia". Jeofizik Dergisi 3 (2). Web sitesi: <http://dergipark.gov.tr/jeofizik/issue/16147/168908>, Erişim tarihi: 13.06.2018
- Janža, M., Lapanje, A., Sram, D., Rajver, D., Novak, M. 2017. Research of the Geological and Geothermal condition for the assesment of the shallow geothermal potential in the area Ljubljana, Slovenia. Geologija, 60/2, 309-327.
- Jessop, A.M. 1990. Thermal Geophysics. Elsevier, Amsterdam, Oxford, Newyork.
- Kara, H., Dönmez, M., 1990. 1/100.000 ölçekli Açın-sama Nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi No:34, Kırşehir-G17 (J31) Paftası, Jeoloji Etütleri Dairesi, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Kovačić, M. 2013. Geothermal properties of the northern part of the island of Rab. Geologia Croatica. No:66/1. Zagreb.
- MIT, Massachusettes Institue of Technology, Web sitesi: www.ocw.mit.edu/courses/earth-atmospheric-and-planetary-sciences/12-110-sedimentary-geology-spring-2007/lecture-notes/ch4.pdf Erişim tarihi: 18.12.2019.
- Miao, S.Q., Li, H.P., Chen, G., 2014. Temperature dependence of thermal diffusivity, specific heat capacity, and thermal conductivity for several rocks. Springer, J Therm Anal Calorim, 115, 1057-1063.
- Melnikov, N.W., Rshewski, W.W., Prodotjakonov, M.M., 1975. Spravocnik (kadastr.) Fiziceskich Svoistv Gornich Porod. Moskva: Izdat. Nedra.
- Midttømme, K., Roaldset, E., Aagaard, P. 1998. Thermal Conductivity of Selected Claystone and Mudstones from England. Web sitesi : http://www.minersoc.org/pages/Archive-CM/Volume_33/33-1-131.pdf. Erişim tarihi: 11.10.2016

- Nondrof, L.M. 2013. Thermal Conductivity, Thermal Gradient, and heat flow estimations for the Smackover Formation. Southwest, Arkansas. Web sitesi: <https://gsa.confex.com/gsa/2013AM/webprogram/Paper229301.html>. Erişim tarihi: 23.06.2016
- Norman, T., 1972. Ankara Yahşıhan bölgesinde Üst-Kretase-Alt Tersiyer istifinin stratigrafisi: TJK Bülteni, XV, 2, 180-276.
- Okay, A., Web sitesi: <http://web.itu.edu.tr/~okay/diagramsmaps/MapTectoniUnitsEastMedENG.jpg>, Erişim tarihi 15.11.2019.
- Özgül, N. 2011. İstanbul İl Alanının Jeolojisi. İstanbul Kent Projesi, İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Deprem ve Zemin İnceleme Müdürlüğü, İstanbul.
- Özcan, A., Göncüoğlu, M.C., Turhan, N., Şentürk, K., Uysal, Ş., Işık, A., 1990. Konya-Kadınhanı-İlgın dolayının temel jeolojisi, MTA Rapor No: 9535 (Basılmamış).
- Öztunalı, Ö., Satır, M. 1975. Rb and Sr Altersbestimmungen an Tiefengesteinen aus Çavuşbaşı (İstanbul), İstanbul Üniv., fen Fak. Mecm. Seri B, 40 (1-4), 1-7.
- Paksoy, H.Ö., Evliya, H. Abacı, Ş. 1997. The Underground Thermal Energy Storage (UTES) Potential in Turkey. Proc. MEGASTOCK'97, 7th International Conference on Thermal Energy Storage, 949-954, Sapparo, Japan.
- Paksoy, H.Ö., Turgut, B., 2012. Akifer Termal Enerji Depolama ile Binalarda Sürdürülebilir Enerji Kullanımı, Türk Tesisat Mühendisliği Dergisi, Eylül- Ekim sayısı. Web sitesi: https://ecitydoc.com/queue/akifer-termal-enerji-depolama-le-binalarda-srdrlabilir_pdf?queue_id=-1, Erişim tarihi: 06.08.2018.
- Paksoy, H.Ö., 2011. Geleceğin Binaları için Termal Enerji Depolama Uygulamaları. TTMD dergisi, Web sitesi: <http://www.ttmd.org.tr/userfiles/dergi/dergi72.pdf>, Erişim tarihi: 09.09.2019.
- Paksoy, H.Ö., 2014. İller Bankası İstanbul Ataşehir Bölge Müdürlüğü Toprak Isıl Duyarlılık Test Raporu., Ankara.
- Quiel, F., 1975. Thermal-IR in geology. Photogramm. Eng. Remote. Sens. 413, 341-346.
- Rigo de Righi, M., Cortesini, A., 1959. Regional studies Central Anatolia basin, Progress report 1 Turkish Gulf Oil Comp. Petrol İşleri Gen. Müd. (Basılmamış), Ankara.
- Robertson, E.C. 1988. Thermal Properties Of Rocks. Web sitesi: <https://pubs.usgs.gov/of/1988/0441/report.pdf>, Erişim tarihi: 18.09.2017
- Roy, R.F., Beck, A.E., 1981. Touloukian, Thermophysical Properties of Rocks, In:YS Touloukian, Ho, C.Y., editors, Physical Properties of rocks and minerals, Vol II-2, McGraw Hill/CINDAS Data Series on Material Properties.
- Rybach, L., Muffler, L.J.P., 1981. Geothermal Systems, Principle and Case History, Chichester: John Wiley&Sons
- Schön, J., 2011. Physical Properties of Rocks: A Workbook. Handbook of Petroleum Exploration and Production. Volume 8. pp 494.

- Schön, J., 2015. Physical Properties of Rocks: Fundamentals and Principles of Petrophysics, Volume 65, second edition, Development in Petroleum Science, Elsevier, ss:373-376, 512.
- Schuch, M., Göttlich, 1980. Physik des Torfes und Der Moorböden, Stuttgart, Moor Und Torfkunde, Vol:33, Issue 2, 223-238.
- Sevin, A., Aksay, A., 2002. Türkiye Jeoloji Haritaları 1/100.000 ölçekli G28 paftası, Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara
- Sevin, M., Uğuz, F. M, Sarıfakıoğlu, E., 2016. 1/100.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi, Çankırı-H31 Paftası, No:224, Jeoloji Etütleri Dairesi, Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Seymen, İ., 1982, Kaman dolayında Kırşehir masifinin jeolojisi, İTÜ Maden Fakültesi Doçentlik Tezi, 164 s, yayımlanmamış.
- Siliski, A. 2014. An Investigation of the stratigraphy and hydrogeology beneath The Ball State University Ground-Source Geothermal System. Master Thesis Web sitesi: https://cardinalscholar.bsu.edu/.../SiliskiA_2014-1. Erişim tarihi: 18.12.2019.
- Somerton, W.H. 1992. Thermal properties and temperature related behavior of rock/fluid systems. Developments in Petroleum Science, N0:37, pp 251, Newyork, U.S.A.
- Tezcan A.K. 1979. "Geothermal Studies, Their Present Status and Contribution to Heat Flow Contouring in Turkey". İçinde Terrestrial Heat Flow in Europe, 283–92.
- Tucker, M.E. 2001. Sedimentary Petrology: An Introduction to the Origin of Sedimentary Rocks. Blackwell Science, Third Edition, 259.
- Turgut, B. 2002. Akdeniz ikliminde Akifer Termal Enerji Depolaması ile Seralarda Isıtma ve Soğutma Potansiyelinin Belirlenmesi. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Web sitesi: <http://library.cu.edu.tr/tezler/6669.pdf>, erişim tarihi: 06.08.2018.
- Türkecan, A., Dinçel, A., Hepşen, N., Papak, İ., Akbaş, B., Sevin, M., Özgür, İ. B., Bedi, Y., Mutlu, G., Sevin, D., Ünay, E., Saraç, G., Karataş, S., 1991. Bolu-Çankırı (Köroğlu Dağları) arasındaki Neojen yaşlı volkanitlerin stratigrafisi ve petrolojisi. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni, 6, 85-103.
- Türkecan, A., Yıldırım, T., Satır, M., Açıkgöz, S., Sevin, D., 2001, Ankara ve yakın çevresinin Tersiyer volkanizması, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, 54. Bilimsel Teknik Kurultayı, Mineroloji-Petrografi Oturumu, Bildiri Özetleri, 66-67, Ankara.
- Ünalan, G., Yüksel, V., Tekeli, T., Gönenç, O., Seyirt, Z., Hüseyin, S., 1976, Haymana-Polatlı yöresinin Üst Kretase Alt Tersiyer stratigrafisi ve paleocoğrafik evrimi. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni 19 (2), 159-176.
- Walker, D.M., Meyer, L.L., Tinjum, J.M., Hart, D.J. 2015. Thermal Property Measurement of Stratigraphic Units with Modeled for Expected Performance of Vertical Ground Source Heat Pump. Geotechnical and Geological Engineering,
- VDI-4640, 2001. Blatt2: Thermal Use of Underground, Blatt2: Thermal Use of Underground, Ground Source Heat Pump Systems.

Zhao, X.G., Wang, J., Chen, F., Li, P.F., Ma, L.K., Xie, J.L., Liu, Y.M. 2016. Experimental Investigations on the thermal conductivity charecteristic of Beishan granitic rocks for China's HLW disposal. Elsevier-Tectonophysics. No:683, pp: 124-137.

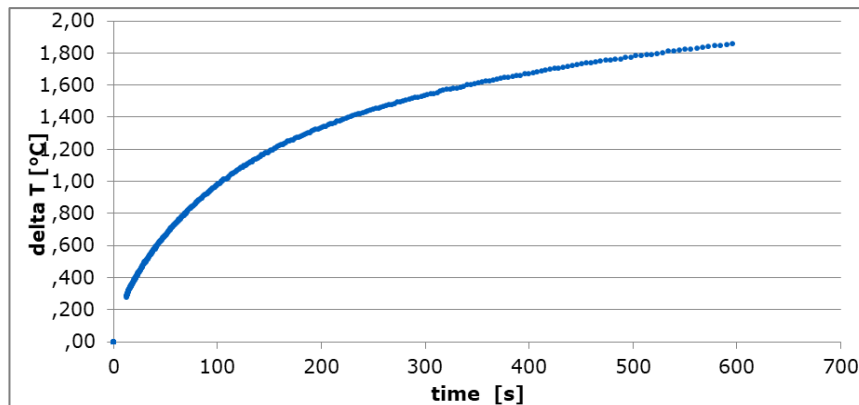
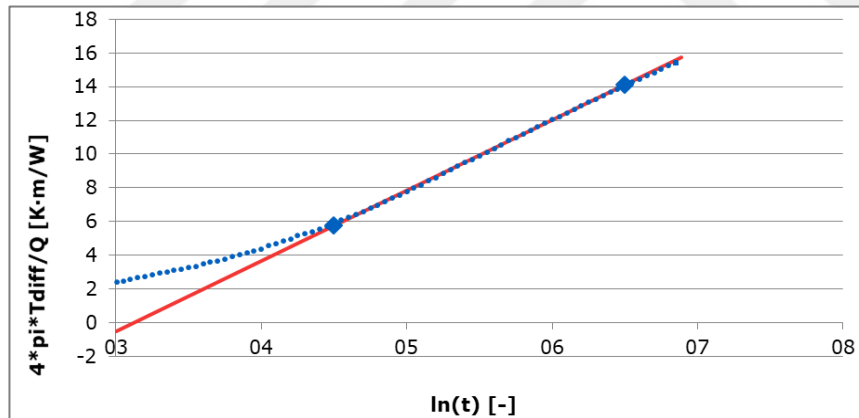
EKLER

EK 1 İS-MU-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu



results	
lambda	0,240 [W/(m·K)]
thermal resistivity	4,17 [(m·K)/W]
std lambda	0,0034 [W/(m·K)]

used parameters	
experiment date	18.Eyl.17 [dd-mm-yy]
experiment time	13:07:26 [hh:mm:ss]
heat time	600 [s]
heater resistance measurement input	76 [Ω/m]
heater resistance data analysis input	76 [Ω/m]
start interval	54,6 [s]
end interval	403,4 [s]
length of time interval	348,8 [s]

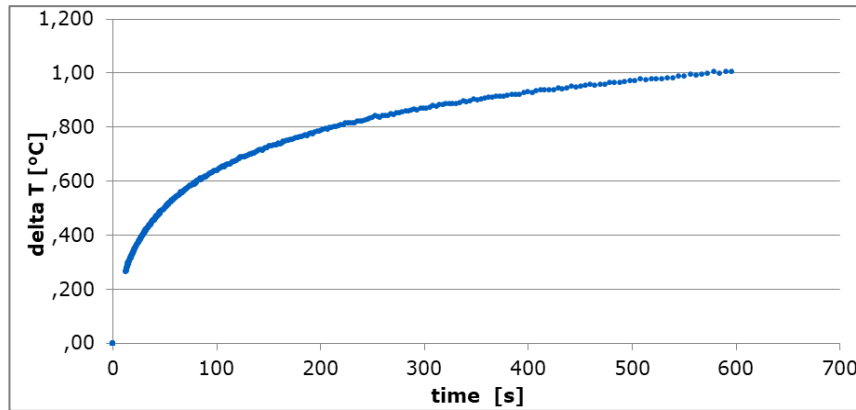
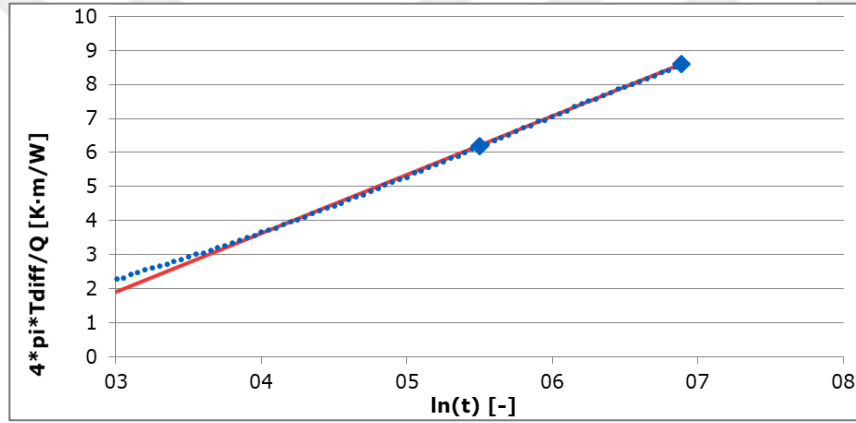


EK 2-İS-AF- Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

results	
lambda	0,581 [W/(m·K)]
thermal resistivity	1,72 [(m·K)/W]
std lambda	0,0195 [W/(m·K)]

used parameters	
experiment date	19.Eyl.17 [dd-mm-yy]
experiment time	13:52:29 [hh:mm:ss]
heat time	600 [s]
heater resistance measurement input	76 [Ω/m]
heater resistance data analysis input	76 [Ω/m]
start interval	148,4 [s]
end interval	1096,6 [s]
length of time interval	948,2 [s]

measurement details	
heating power Q	1,5 [W/m]
average sensitivity	[mV/°C]
temperature at start of heating	23,2 [°C]
total sample temperature rise	1,01 [°C]
total T rise in interval	0,3 [°C]



EK 3-İS-RV- Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

17-H-6070-RAPOR						
MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE						
Program 2022 - Version 5.0						
Anter Corporation 2008 (C)						
2022 Conductivity Test						
Run Id:		17-H-6070				
File Name:		17-H-6070				
Test Number:		926				
Operator:		OBAYRAM				
Date:		Wed Oct 04 14:51:20 2017				
Calibration						
Run Id:		likromcal				
File:		likromcal.20x				
Segment	Setpoint (C)	Stack delta	HFM Calibration Factor	Interfacial Resistance	Rmin m²K/W	RMAX m²K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002	2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003
2.4892e-002	3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003
2.4636e-002	4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003
2.4385e-002	5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003
2.4139e-002						
Mean Sample Temperature:			31.39	(C)		
Sample Thermal Conductivity:			1.354	(W/mK)		
			9.385	(BTU in/h ft² F)		

EK 4-İ63- Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

17-H-6076-RAPOR						
MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE						
Program 2022 - Version 5.0						
Anter Corporation 2008 (C)						
2022 Conductivity Test						
Run Id:	17-H-6076					
File Name:	17-H-6076					
Test Number:	928					
Operator:	OBAYRAM					
Date:	Thu Oct 05 10:17:52 2017					
Calibration						
Run Id:	likromcal					
File:	likromcal.20x					
Segment	Setpoint (C)	Stack delta	HFM Calibration Factor	Interfacial Resistance	Rmin m²K/W	Rmax m²K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002	2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003
2.4892e-002	3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003
2.4636e-002	4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003
2.4385e-002	5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003
2.4139e-002						
Mean Sample Temperature:			31.74	(C)		
Sample Thermal Conductivity:			1.702	(W/mK)		
			11.800	(BTU in/h ft² F)		

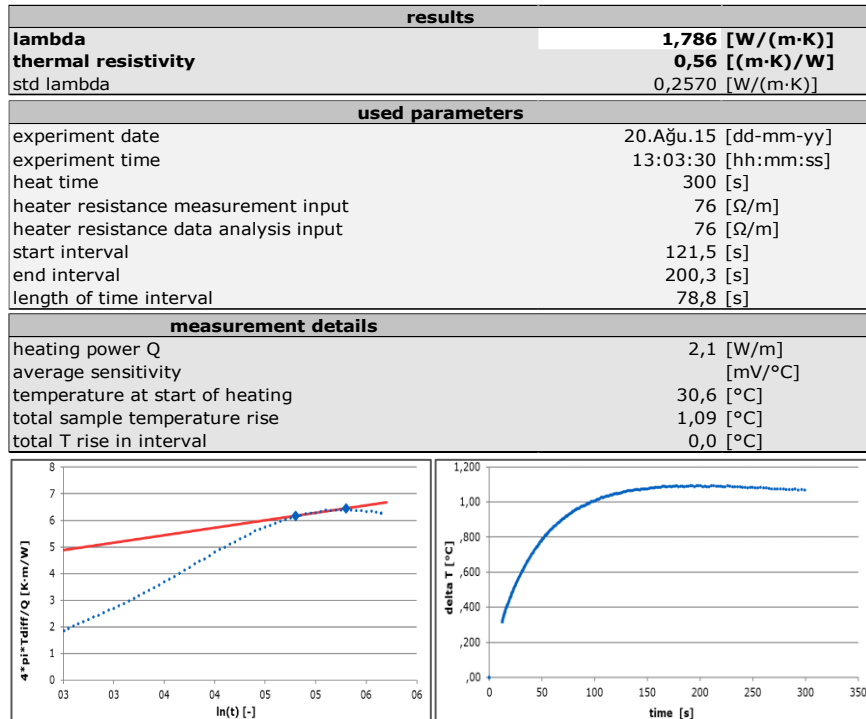
EK 5-İS23-KTG- Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

#	Sensor	k (W/mK)	R2	V0 (mV)	DeltaV (mV)	VMax (mV)	DeltaT (°C)	Valid
1	T468	1.739	0.9994099	2386.75	4.087.448	2.390.838	0.5044305324	True
2	T468	1.752	0.9995320	2.388.185	4.063.606	2.392.248	0.5011907219	True
3	T468	1.757	0.9992695	2.387.721	4.057.884	2.391.779	0.5005353689	True
4	T468	1.776	0.9993575	2.386.233	4.038.334	2.390.271	0.4984454214	True
5	T468	1.775	0.9994112	2.386.285	4.053.593	2.390.338	0.5003808736	True
6	T468	1.784	0.9994539	2387.71	4.032.612	2.391.743	0.4974204599	True
7	T468	1.786	0.9994821	2.385.901	4.039.049	2389.94	0.4985881447	True
8	T468	1.794	0.9995087	2.386.048	4.034.042	2.390.082	0.4979220628	True
9	T468	1.787	0.9995322	2.386.088	4.025.698	2.390.114	0.4968880712	True
10	T468	1.797	0.9994606	2.385.868	4.018.784	2.389.887	0.4960627257	True

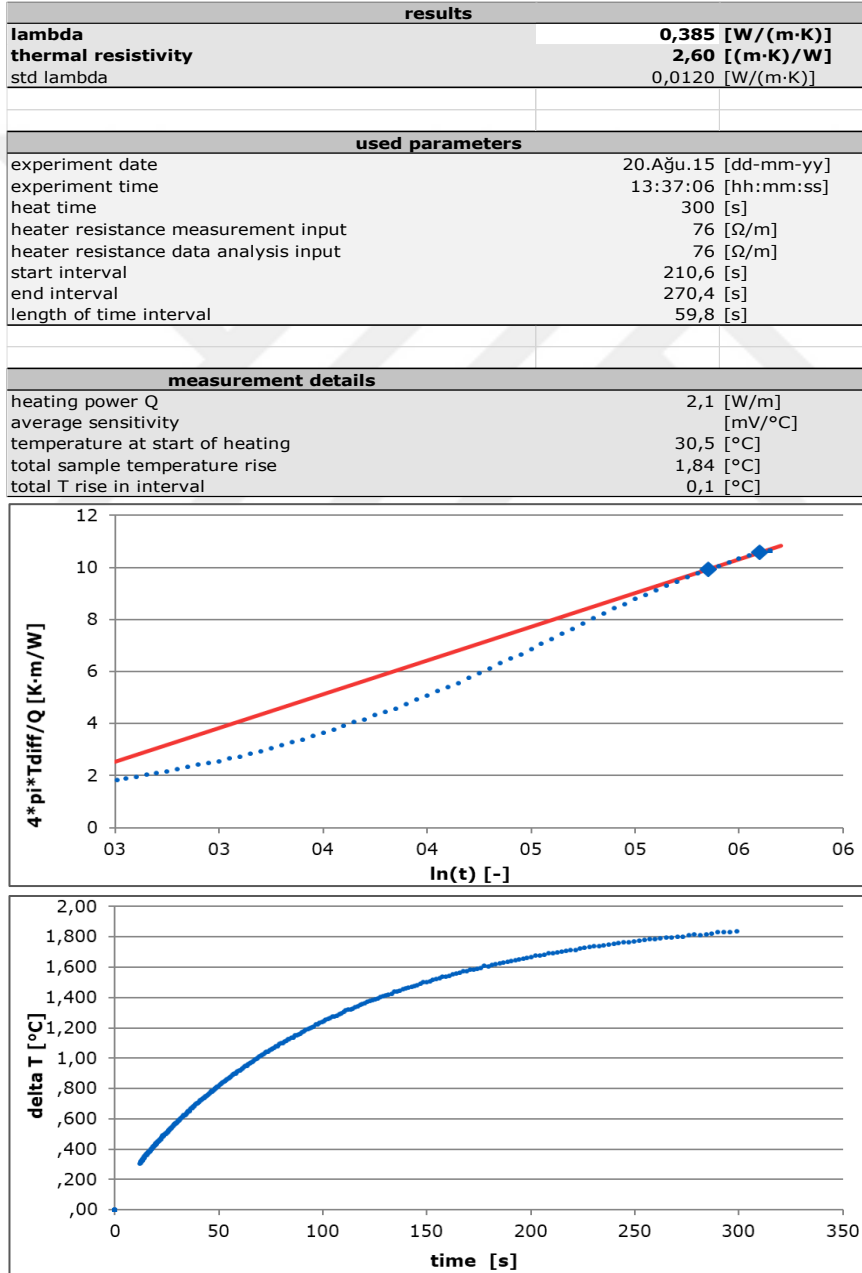
EK 6-İS10- Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

#	Sensor	k (W/mK)	R2	V0 (mV)	DeltaV (mV)	VMax (mV)	DeltaT (°C)	Valid
1	T468	3.015	0,999621	2.380.473	3.259.182	2.383.732	0,40	True
2	T468	3.032	0,999718	2379.35	3.251.791	2.382.602	0,40	True
3	T468	3.038	0,999578	2.377.194	3.251.553	2.380.446	0,40	True
4	T468	3.054	0,999614	2.377.167	3.248.692	2.380.416	0,40	True
5	T468	3.026	0,999511	2.377.926	3.264.904	2.381.191	0,40	True
6	T468	3.061	0,999702	2376.4	3.240.108	2379.64	0,40	True
7	T468	3.039	0,999644	2.377.135	3.237.009	2.380.372	0,40	True
8	T468	3.054	0,999628	2.375.381	323.081	2.378.612	0,40	True
9	T468	3.070	0,99957	2.375.132	32.444	2.378.376	0,40	True
10	T468	3.102	0,999686	2.375.196	3.223.658	2.378.419	0,40	True

EK 7-20- Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu



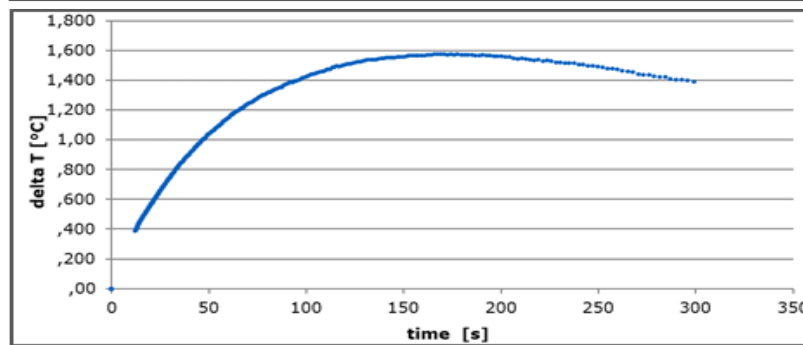
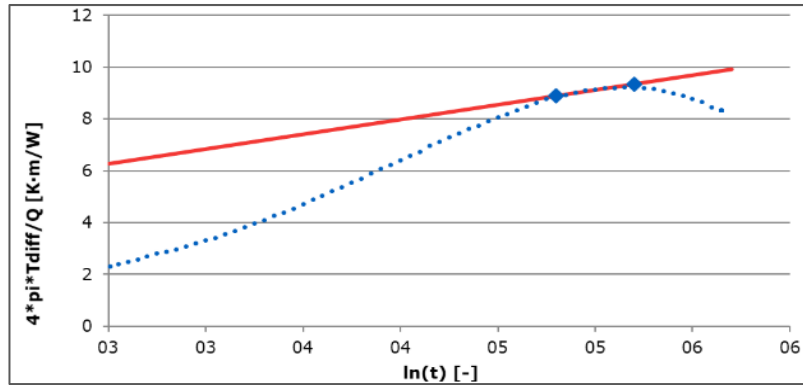
EK 8-20-X- Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu



EK 9-21- Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu



results	
lambda	0,883 [W/(m·K)]
thermal resistivity	1,13 [(m·K)/W]
std lambda	0,0629 [W/(m·K)]
used parameters	
experiment date	20.Ağu.15 [dd-mm-yy]
experiment time	15:13:04 [hh:mm:ss]
heat time	300 [s]
heater resistance measurement input	76 [Ω/m]
heater resistance data analysis input	76 [Ω/m]
start interval	121,5 [s]
end interval	181,3 [s]
length of time interval	59,8 [s]
measurement details	
heating power Q	2,1 [W/m]
average sensitivity	[mV/°C]
temperature at start of heating	39,1 [°C]
total sample temperature rise	1,58 [°C]
total T rise in interval	0,1 [°C]



EK 10-İS-11-CT- Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

17-H-6074-TKRR1-RAPOR						
MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE						
Program 2022 - Version 5.0						
Anter Corporation 2008 (C)						
2022 Conductivity Test						
Run Id:	17-H-6074-TKRR1					
File Name:	17-H-6074-TKRR1					
Test Number:	937					
Operator:	OBAYRAM					
Date:	Mon Oct 09 12:36:44 2017					
Calibration						
Run Id:	likromcal					
File:	likromcal.20x					
Segment	Setpoint (C)	Stack delta	HFM Calibration Factor	Interfacial Resistance	Rmin m ² K/W	Rmax m ² K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002						
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002						
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002						
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002						
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						
Mean Sample Temperature: 30.17 (C)						
Sample Thermal Conductivity: 1.085 (W/mK)						
7.521 (BTU in/h ft2 F)						

EK 11-İS-JA- Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu MTA

17-H-6068-RAPOR						
MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE						
Program 2022 - Version 5.0						
Anter Corporation 2008 (C)						
2022 Conductivity Test						
Run Id:	17-H-6068					
File Name:	17-H-6068					
Test Number:	936					
Operator:	OBAYRAM					
Date:	Mon Oct 09 10:26:56 2017					
Calibration						
Run Id:	likromcal					
File:	likromcal.20x					
Segment	Setpoint (C)	Stack delta	HFM Calibration Factor	Interfacial Resistance	Rmin m ² K/W	Rmax m ² K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002						
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002						
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002						
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002						
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						
Mean Sample Temperature: 30.13 (C)						
Sample Thermal Conductivity: 1.221 (W/mK)						
8.462 (BTU in/h ft2 F)						

EK 12-İS-KÇT- Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

17-H-6084-RAPOR

MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE
Program 2022 - Version 5.0
Anter Corporation 2008 (C)

2022 Conductivity Test

Run Id: 17-H-6084
File Name: 17-H-6084
Test Number: 927
Operator: OBAYRAM
Date: Wed Oct 04 16:47:30 2017

Calibration
Run Id: likromcal
File: likromcal.20x

Segment	Setpoint (C)	Stack delta	HFM Calibration Factor	Interfacial Resistance	Rmin m²K/W	Rmax m²K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002						
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002						
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002						
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002						
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						

Mean Sample Temperature: 32.79 (C)
Sample Thermal Conductivity: 2.005 (W/mK)
13.902 (BTU in/h ft2 F)

EK 13-İ-AK- Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

17-H-6118-RAPOR						
MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE						
Program 2022 - Version 5.0						
Anter Corporation 2008 (C)						
2022 Conductivity Test						
Run Id: 17-H-6118						
File Name: 17-H-6118						
Test Number: 924						
Operator: OBAYRAM						
Date: Wed Oct 04 10:19:53 2017						
Calibration						
Run Id: likromcal						
File: likromcal.20x						
Segment	Setpoint	Stack	HFM Calibration	Interfacial	Rmin	Rmax
.	(C)	delta	Factor	Resistance	m²K/W	m²K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002						
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002						
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002						
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002						
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						
Mean Sample Temperature: 33.42 (C)						
Sample Thermal Conductivity: 2.345 (W/mK)						
16.260 (BTU in/h ft² F)						

EK 14-İS8-DP- Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

17-H-6075-RAPOR						
MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE						
Program 2022 - Version 5.0						
Anter Corporation 2008 (C)						
2022 Conductivity Test						
Run Id:	17-H-6075					
File Name:	17-H-6075					
Test Number:	935					
Operator:	OBAYRAM					
Date:	Fri Oct 06 16:37:23 2017					
Calibration						
Run Id:	likromcal					
File:	likromcal.20x					
Segment	Setpoint (C)	Stack delta	HFM Calibration Factor	Interfacial Resistance	Rmin m ² K/W	Rmax m ² K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002						
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002						
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002						
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002						
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						
Mean Sample Temperature:			32.47 (C)			
Sample Thermal Conductivity:			2.380 (W/mK)			
			16.502 (BTU in/h ft2 F)			

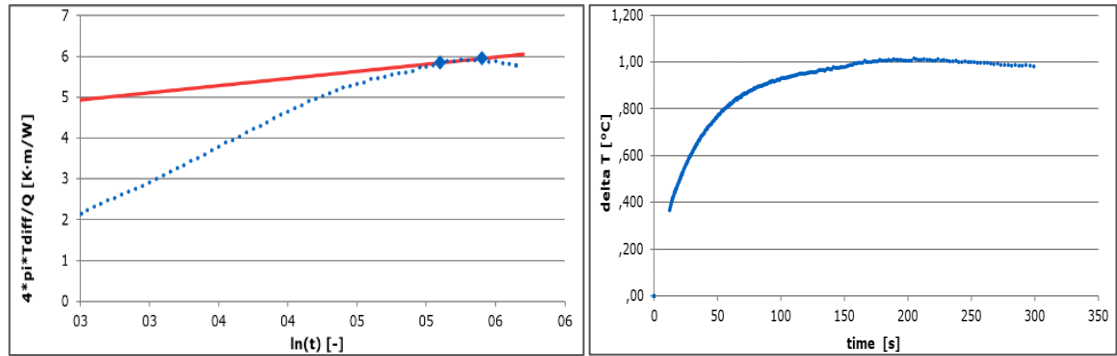
EK 15-İS-X- Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu (KÇÜ)

#	Sensor	k (W/mK)	R2	V0 (mV)	DeltaV (mV)	Max (mV)	DeltaT (°C)	Valid
1	T468	2.345	954298139	2386.42	3.673.792	2.390.094	53039467334	True
2	T468	2.371	948716039	2387.351	3.641.605	2.390.993	48850572109	True
3	T468	2.389	953391162	2385.369	3.625.393	2.388.994	47190374135	True
4	T468	2.399	962719809	2385.999	3.605.366	2.389.604	44647550582	True
5	T468	2.416	953166398	2387.63	3.623.009	2.391.253	46539103984	True
6	T468	2.421	959714896	2387.412	3.603.697	2.391.016	44186300039	True
7	T468	2.423	959904234	2386.705	360.322	2.390.309	44128811359	True
8	T468	2.443	950523095	2385.695	3.594.875	2389.29	43354129791	True
9	T468	2.419	955969840	2386.878	35.882	2.390.467	42247420549	True
10	T468	2.455	936044395	2385.468	3.562.927	2.389.031	39439713954	True

EK 16-14- Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu



results	
lambda	2,849 [W/(m·K)]
thermal resistivity	0,35 [(m·K)/W]
std lambda	0,6541 [W/(m·K)]
used parameters	
experiment date	19.Ağu.15 [dd-mm-yy]
experiment time	14:17:40 [hh:mm:ss]
heat time	300 [s]
heater resistance measurement input	76 [Ω/m]
heater resistance data analysis input	76 [Ω/m]
start interval	164,0 [s]
end interval	221,4 [s]
length of time interval	57,4 [s]
measurement details	
heating power Q	2,1 [W/m]
average sensitivity	[mV/°C]
temperature at start of heating	33,9 [°C]
total sample temperature rise	1,02 [°C]
total T rise in interval	0,0 [°C]



EK 17-İS-80- Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

17-H-6081-RAPOR						
MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE						
Program 2022 - Version 5.0						
Anter Corporation 2008 (C)						
2022 Conductivity Test						
Run Id:	17-H-6081					
File Name:	17-H-6081					
Test Number:	933					
Operator:	OBAYRAM					
Date:	Fri Oct 06 12:12:58 2017					
Calibration						
Run Id:	likromcal					
File:	likromcal.20x					
Segment	Setpoint (C)	Stack delta	HFM Calibration Factor	Interfacial Resistance	Rmin m²K/W	Rmax m²K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002						
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002						
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002						
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002						
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						
Mean Sample Temperature: 32.35 (C)						
Sample Thermal Conductivity: 2.788 (W/mK)						
19.329 (BTU in/h ft2 F)						

EK 18-İ-32- Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

17-H-6069-RAPOR						
MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE						
Program 2022 - Version 5.0						
Anter Corporation 2008 (C)						
2022 Conductivity Test						
Run Id:	17-H-6069					
File Name:	17-H-6069					
Test Number:	931					
Operator:	OBAYRAM					
Date:	Thu Oct 05 16:27:07 2017					
Calibration						
Run Id:	likromcal					
File:	likromcal.20x					
Segment	Setpoint (C)	Stack delta	HFM Calibration Factor	Interfacial Resistance	Rmin m²K/W	Rmax m²K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002						
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002						
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002						
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002						
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						
Mean Sample Temperature:			34.24	(C)		
Sample Thermal Conductivity:			5.252	(W/mK)		
			36.414	(BTU in/h ft2 F)		

EK 19-İS-15- Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

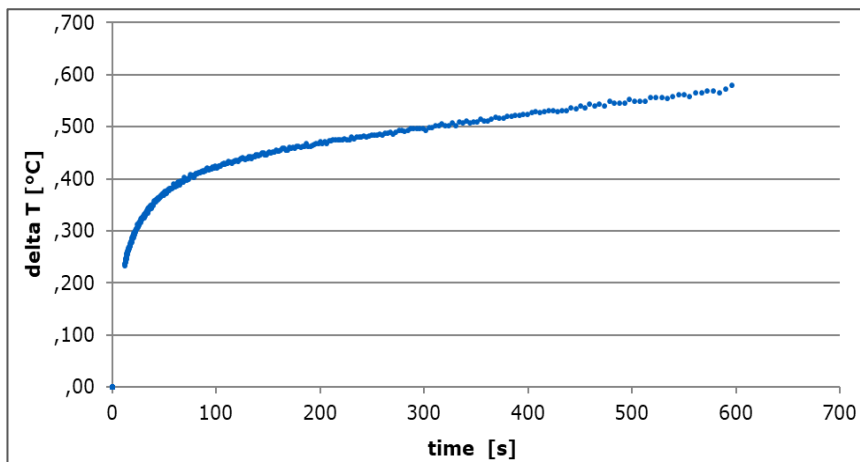
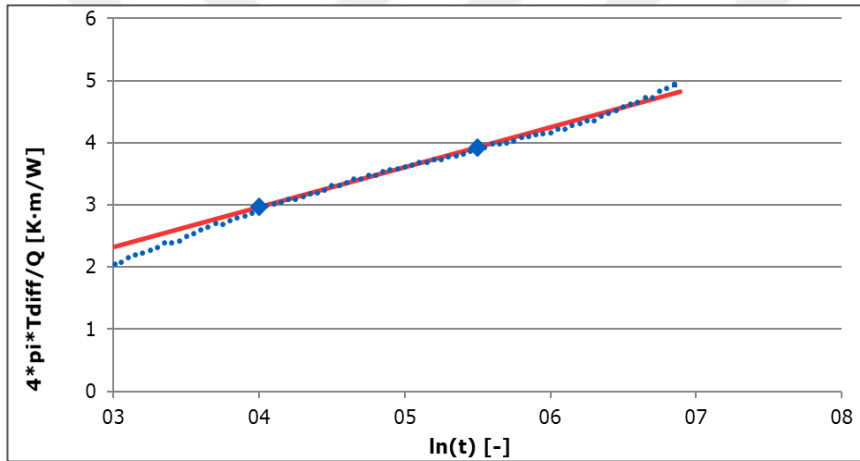
17-H-6078-RAPOR						
MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE						
Program 2022 - Version 5.0						
Anter Corporation 2008 (C)						
2022 Conductivity Test						
Run Id:	17-H-6078					
File Name:	17-H-6078					
Test Number:	932					
Operator:	OBAYRAM					
Date:	Fri Oct 06 10:18:54 2017					
Calibration						
Run Id:	likromcal					
File:	likromcal.20x					
Segment	Setpoint (C)	Stack delta	HFM Calibration Factor	Interfacial Resistance	Rmin m²K/W	Rmax m²K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002						
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002						
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002						
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002						
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						
Mean Sample Temperature: 30.37 (C)						
Sample Thermal Conductivity: 1.283 (W/mK)						
8.894 (BTU in/h ft² F)						

EK 20-İ-31- Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

17-H-6071-RAPOR						
MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE						
Program 2022 - Version 5.0						
Anter Corporation 2008 (C)						
2022 Conductivity Test						
Run Id:	17-H-6071					
File Name:	17-H-6071					
Test Number:	929					
Operator:	OBAYRAM					
Date:	Thu Oct 05 12:17:47 2017					
Calibration						
Run Id:	likromcal					
File:	likromcal.20x					
Segment	Setpoint (C)	Stack delta	HFM Calibration Factor	Interfacial Resistance	Rmin m²K/W	Rmax m²K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002						
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002						
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002						
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002						
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						
Mean Sample Temperature: 31.65 (C)						
Sample Thermal Conductivity: 1.344 (W/mK)						
9.316 (BTU in/h ft² F)						

EK 21-İS-YASSIÖREN- Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

results	
lambda	1,559 [W/(m·K)]
thermal resistivity	0,64 [(m·K)/W]
std lambda	0,1394 [W/(m·K)]
used parameters	
experiment date	20.Eyl.17 [dd-mm-yy]
experiment time	19:57:54 [hh:mm:ss]
heat time	600 [s]
heater resistance measurement input	76 [Ω/m]
heater resistance data analysis input	76 [Ω/m]
start interval	33,1 [s]
end interval	148,4 [s]
length of time interval	115,3 [s]
measurement details	
heating power Q	1,4 [W/m]
average sensitivity	[mV/°C]
temperature at start of heating	26,8 [°C]
total sample temperature rise	0,58 [°C]
total T rise in interval	0,1 [°C]



EK 22-İS-28- Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

17-H-6117-RAPOR						
MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE						
Program 2022 - Version 5.0						
Anter Corporation 2008 (C)						
2022 Conductivity Test						
Run Id:	17-H-6117					
File Name:	17-H-6117					
Test Number:	934					
Operator:	OBAYRAM					
Date:	Fri Oct 06 14:33:38 2017					
Calibration						
Run Id:	likromcal					
File:	likromcal.20x					
Segment	Setpoint (C)	Stack delta	HFM Calibration Factor	Interfacial Resistance	Rmin m²K/W	Rmax m²K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002						
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002						
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002						
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002						
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						
Mean Sample Temperature: 31.78 (C)						
Sample Thermal Conductivity: 1.920 (W/mK)						
13.309 (BTU in/h ft² F)						

EK 23-İS7-OS Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

17-H-6073-TKRR1-RAPOR						
MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE						
Program 2022 - Version 5.0						
Anter Corporation 2008 (C)						
2022 Conductivity Test						
Run Id:	17-H-6073-TKRR1					
File Name:	17-H-6073-TKRR1					
Test Number:	938					
Operator:	OBAYRAM					
Date:	Mon Oct 09 14:49:27 2017					
Calibration						
Run Id:	likromcal					
File:	likromcal.20x					
Segment	Setpoint (C)	Stack delta	HFM Calibration Factor	Interfacial Resistance	Rmin m²K/W	Rmax m²K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002						
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002						
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002						
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002						
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						
Mean Sample Temperature: 32.00 (C)						
Sample Thermal Conductivity: 2.205 (W/mK)						
15.286 (BTU in/h ft² F)						

EK 24-İS-14 Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

17-H-6079-RAPOR						
MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE						
Program 2022 - Version 5.0						
Anter Corporation 2008 (C)						
2022 Conductivity Test						
Run Id:	17-H-6079					
File Name:	17-H-6079					
Test Number:	930					
Operator:	OBAYRAM					
Date:	Thu Oct 05 14:30:26 2017					
Calibration						
Run Id:	likromcal					
File:	likromcal.20x					
Segment	Setpoint (C)	Stack delta	HFM Calibration Factor	Interfacial Resistance	Rmin m ² K/W	Rmax m ² K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002						
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002						
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002						
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002						
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						
Mean Sample Temperature: 33.12 (C)						
Sample Thermal Conductivity: 2.262 (W/mK)						
15.684 (BTU in/h ft ² F)						

EK 25-İS-KÖY- Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

#	Sensor	k (W/mK)	R2	V0 (mV)	DeltaV (mV)	VMax (mV)	DeltaT (°C)	Valid
1	T468	2.215	0.9995849	2.377.919	3.747.463	2.381.666	0.4604533314	True
2	T468	2.270	0.9994681	2377.72	3.717.899	2.381.438	0.4567896429	True
3	T468	2.295	0.9996207	2377.41	3.696.203	2.381.106	0.4540541768	True
4	T468	2.302	0.9995148	2.376.377	3.666.401	2.380.043	0.4503712356	True
5	T468	2.318	0.9996081	2.374.541	3.636.599	2.378.177	0.4469946622	True
6	T468	2.341	0.9994920	2.374.386	3.628.492	2.378.015	0.4459519684	True
7	T468	2.361	0.9994702	2.374.356	3.625.631	2.377.982	0.4455984830	True
8	T468	2.390	0.9995558	2.374.745	3.604.412	2378.35	0.4429892301	True
9	T468	2.419	0.9994726	2.376.165	3.595.352	2379.76	0.4415920376	True
10	T468	2.399	0.9994018	2.375.259	3.595.352	2.378.854	0.4416452646	True

EK 26-İS SON2- Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

#	Sensor	k (W/mK)	R2	V0 (mV)	DeltaV (mV)	VMax (mV)	DeltaT (°C)	Valid
1	T468	2.330	0.9996554	2.386.726	3.642.559	2.390.368	0.448996931	True
2	T468	2.388	0.9994940	2.386.231	3.611.326	2.389.842	0.445170909	True
3	T468	2.416	0.9995727	2.384.906	3.611.565	2.388.518	0.445484876	True
4	T468	2.397	0.9995205	2.384.608	3.617.048	2.388.225	0.446206063	True
5	T468	2.382	0.9996238	2.385.146	3.619.432	2.388.765	0.446478754	True
6	T468	2.388	0.9994770	2386.77	3.625.393	2.390.395	0.446907639	True
7	T468	2.420	0.9996521	2387	3.605.127	2.390.605	0.444404423	True
8	T468	2.394	0.9995361	2.385.967	3.598.928	2.389.565	0.443688303	True
9	T468	2.401	0.9996276	2.385.415	3.628.254	2.389.043	0.447542935	True
10	T468	2.403	0.9994943	2.386.073	3.627.777	2389.7	0.447242766	True

EK 27-İS SON- Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

#	Sensor	k (W/mK)	R2	V0 (mV)	DeltaV (mV)	VMax (mV)	DeltaT (°C)	Valid
1	T468	2.481	0.9995433	2.381.672	3.532.887	2.385.205	0.435249775	True
2	T468	2.520	0.9993789	2.382.132	3.519.058	2.385.651	0.433242917	True
3	T468	2.524	0.9994162	2381.07	3.510.237	2384.58	0.432399481	True
4	T468	2.549	0.9994788	2.381.877	3.517.151	2.385.394	0.432933956	True
5	T468	2.534	0.9993570	2.380.722	3.498.554	2.384.221	0.430901646	True
6	T468	2.541	0.9996092	2.381.927	3.498.077	2.385.425	0.430609405	True
7	T468	2.517	0.9994062	2.381.844	3.501.654	2.385.345	0.431021422	True
8	T468	2.550	0.9995281	2.381.038	3.493.547	2.384.532	0.430005818	True
9	T468	2.543	0.9994757	2.379.577	3.499.985	2.383.077	0.431024879	True
10	T468	2.527	0.9993786	2.379.644	3.486.872	2.383.131	0.429420262	True

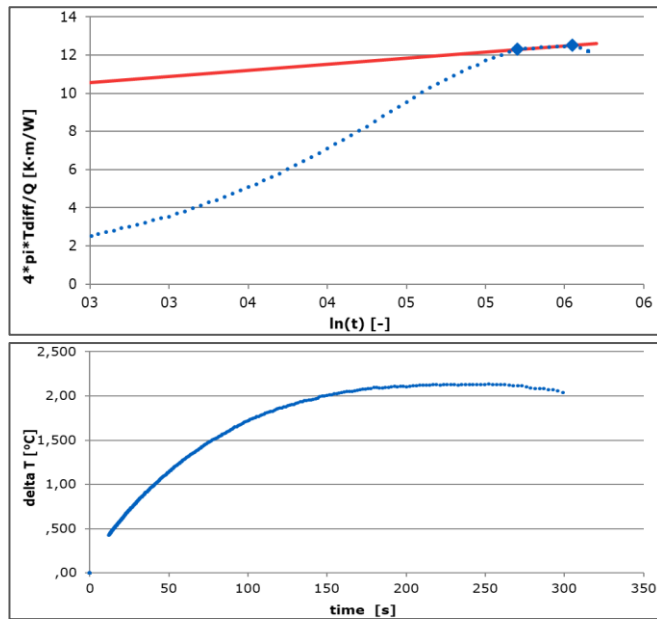
EK 28-İS-KÖY2- Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

#	Sensor	k (W/mK)	R2	V0 (mV)	DeltaV (mV)	VMax (mV)	DeltaT (°C)	Valid
1	T468	2.546	0.9994335	2.376.943	3.514.528	2.380.458	0.431803464	True
2	T468	2.563	0.9994760	2.375.978	3.491.879	2.379.469	0.429049015	True
3	T468	2.577	0.9994561	2.374.458	3.494.501	2.377.953	0.429620206	True
4	T468	2.594	0.9996680	2.373.992	346.756	2.377.459	0.426313251	True
5	T468	2.570	0.9995060	2.374.569	3.475.904	2.378.045	0.427311629	True
6	T468	2.583	0.9993724	2.376.039	3.477.097	2.379.516	0.427167594	True
7	T468	2.586	0.9994802	2.375.594	3.465.176	2.379.059	0.425696790	True
8	T468	2.600	0.9993551	2.375.217	3.460.646	2.378.677	0.425140589	True
9	T468	2.591	0.9994675	2374.33	3.478.289	2.377.809	0.427560985	True
10	T468	2.610	0.9993899	2374.94	34.585	2.378.399	0.424880325	True

EK 29-10-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu



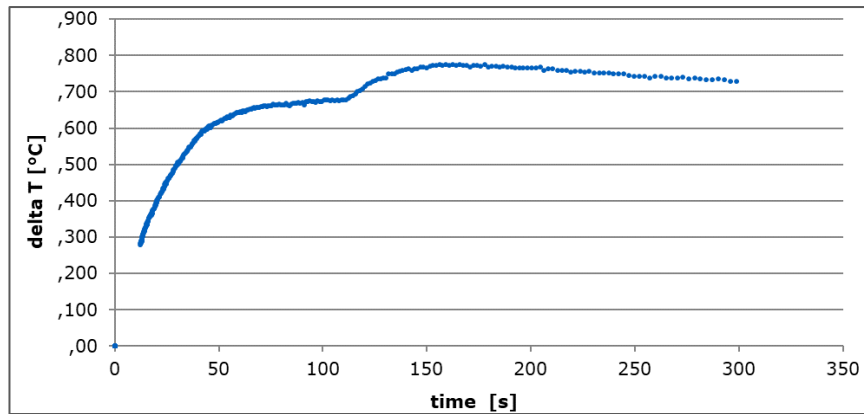
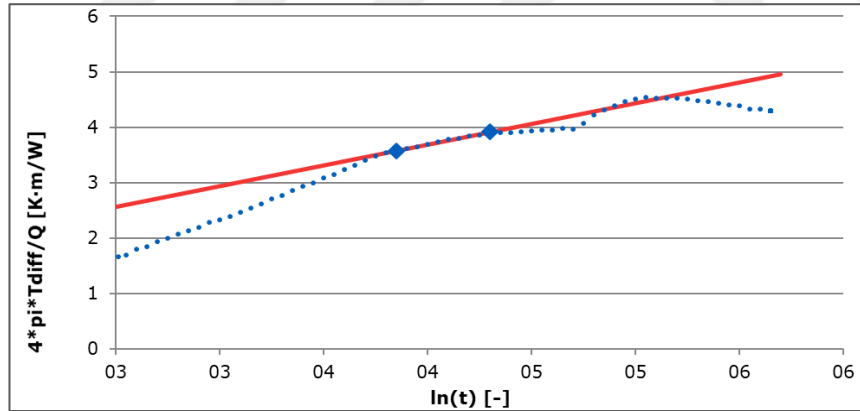
results	
lambda	1,561 [W/(m·K)]
thermal resistivity	0,64 [(m·K)/W]
std lambda	0,1965 [W/(m·K)]
used parameters	
experiment date	18.Ağu.15 [dd-mm-yy]
experiment time	17:43:33 [hh:mm:ss]
heat time	300 [s]
heater resistance measurement input	76 [Ω/m]
heater resistance data analysis input	76 [Ω/m]
start interval	181,3 [s]
end interval	257,2 [s]
length of time interval	76,0 [s]
measurement details	
heating power Q	2,1 [W/m]
average sensitivity	[mV/°C]
temperature at start of heating	32,7 [°C]
total sample temperature rise	2,13 [°C]
total T rise in interval	0,0 [°C]



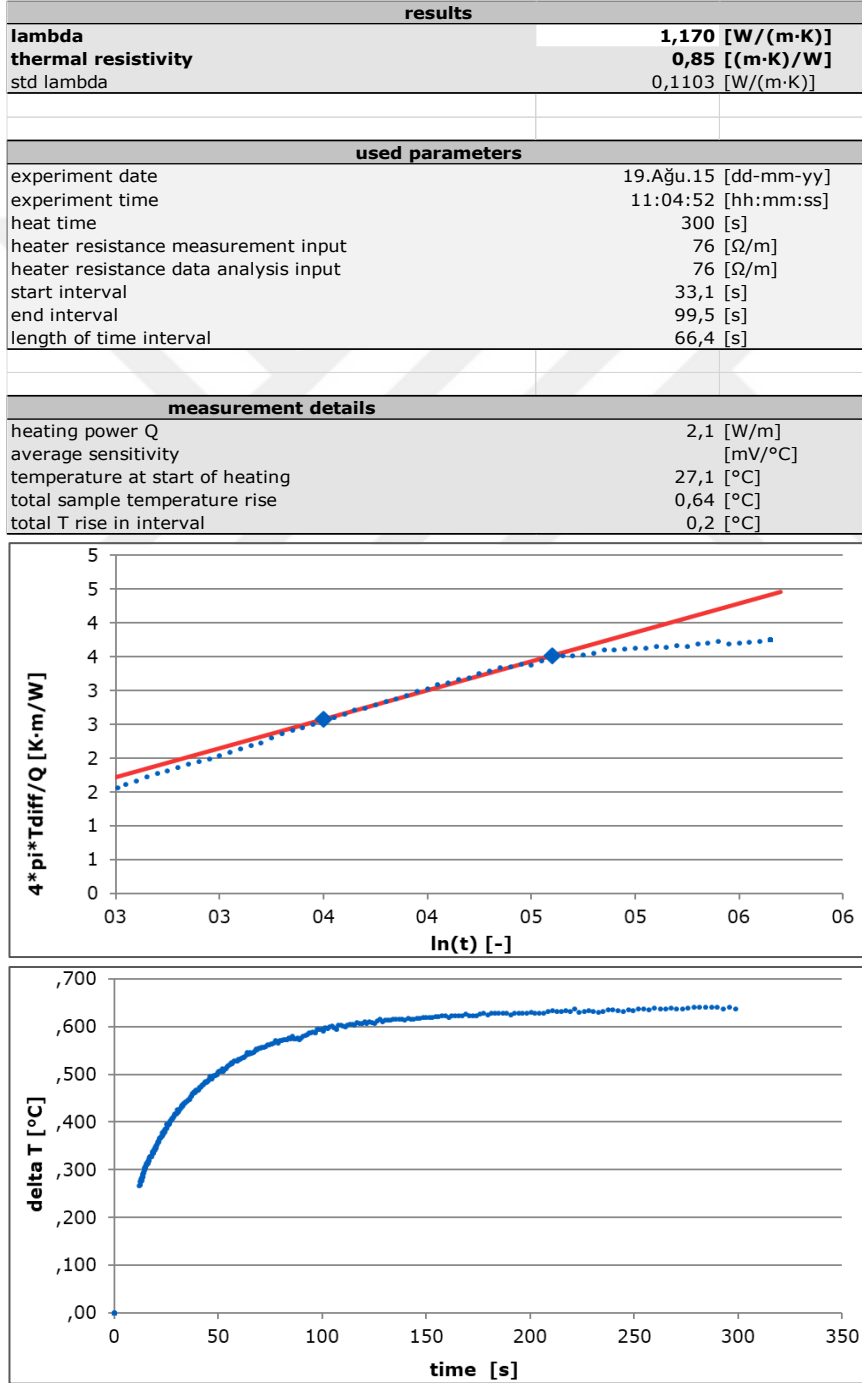
EK 30-19-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu



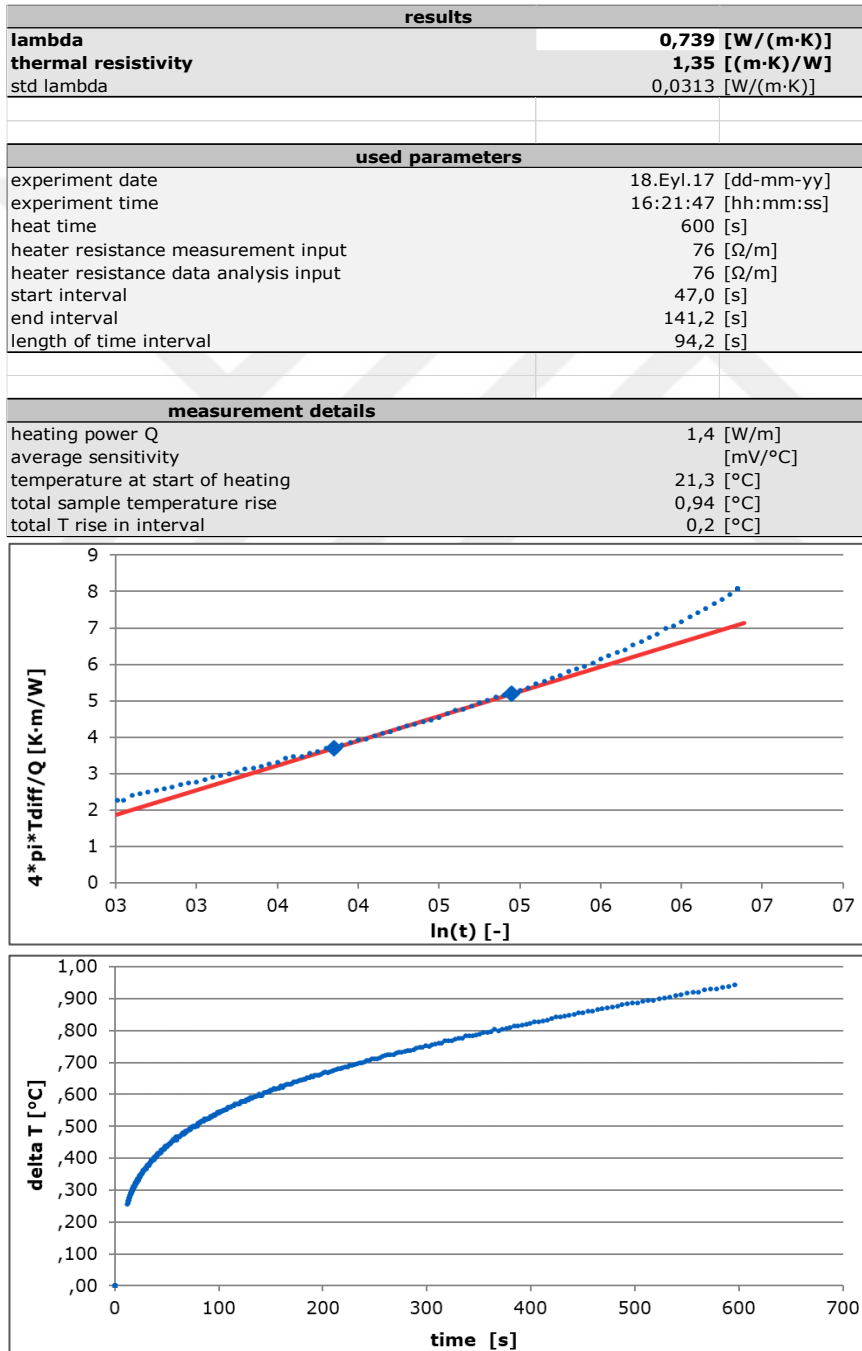
results	
lambda	1,340 [W/(m·K)]
thermal resistivity	0,75 [(m·K)/W]
std lambda	0,1447 [W/(m·K)]
used parameters	
experiment date	19.Ağu.15 [dd-mm-yy]
experiment time	19:19:45 [hh:mm:ss]
heat time	300 [s]
heater resistance measurement input	76 [Ω/m]
heater resistance data analysis input	76 [Ω/m]
start interval	47,0 [s]
end interval	73,7 [s]
length of time interval	26,7 [s]
measurement details	
heating power Q	2,1 [W/m]
average sensitivity	[mV/°C]
temperature at start of heating	25,1 [°C]
total sample temperature rise	0,78 [°C]
total T rise in interval	0,1 [°C]



EK 31-13-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu



EK 32-İS-Y-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

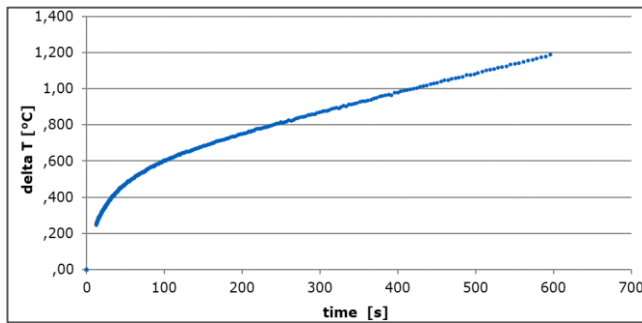
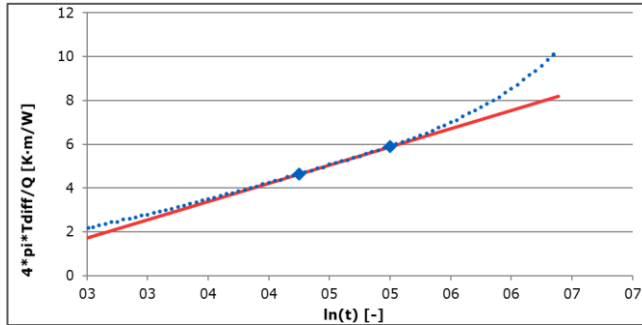


EK 33-İ30-AT- Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

#	Sensor	k (W/mK)	R2	V0 (mV)	DeltaV (mV)	VMax (mV)	DeltaT (°C)	Valid
1	T468	0.505	0.9986831	2.389.247	5.548	2.394.794	0.685524106	True
2	T468	0.499	0.9986915	2.389.896	5.578.041	2.395.474	0.689191997	True
3	T468	0.493	0.9987080	2.390.369	5.602.121	2.395.971	0.691795647	True
4	T468	0.490	0.9987714	2.389.569	5.610.228	2.395.179	0.693199872	True
5	T468	0.482	0.9988420	2.390.574	5.611.658	2.396.186	0.692900061	True
6	T468	0.483	0.9988314	2.388.677	561.738	2.394.294	0.694091439	True
7	T468	0.483	0.9988179	2.388.634	5.600.214	2.394.234	0.691966354	True
8	T468	0.480	0.9988523	2.389.539	5.619.287	2.395.158	0.694250524	True
9	T468	0.485	0.9988382	2.390.283	5.627.394	2395.91	0.694813132	True
10	T468	0.481	0.9987313	2.389.585	5.631.685	2.395.217	0.695743381	True

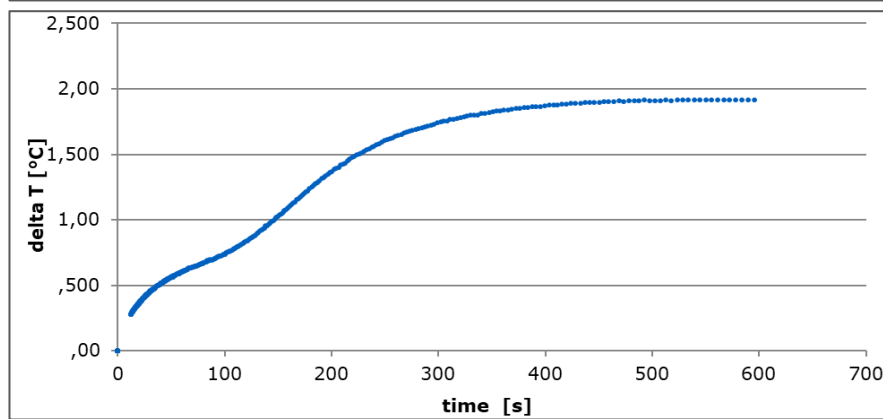
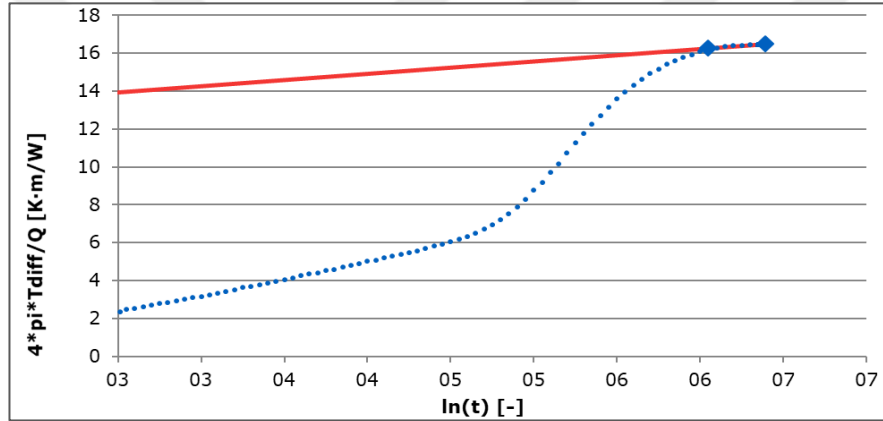
EK 34-İ-18-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

results	
lambda	0,601 [W/(m·K)]
thermal resistivity	1,66 [(m·K)/W]
std lambda	0,0207 [W/(m·K)]
used parameters	
experiment date	20.Eyl.17 [dd-mm-yy]
experiment time	17:53:36 [hh:mm:ss]
heat time	600 [s]
heater resistance measurement input	76 [Ω/m]
heater resistance data analysis input	76 [Ω/m]
start interval	70,1 [s]
end interval	148,4 [s]
length of time interval	78,3 [s]
measurement details	
heating power Q	1,4 [W/m]
average sensitivity	[mV/°C]
temperature at start of heating	26,5 [°C]
total sample temperature rise	1,19 [°C]
total T rise in interval	0,1 [°C]

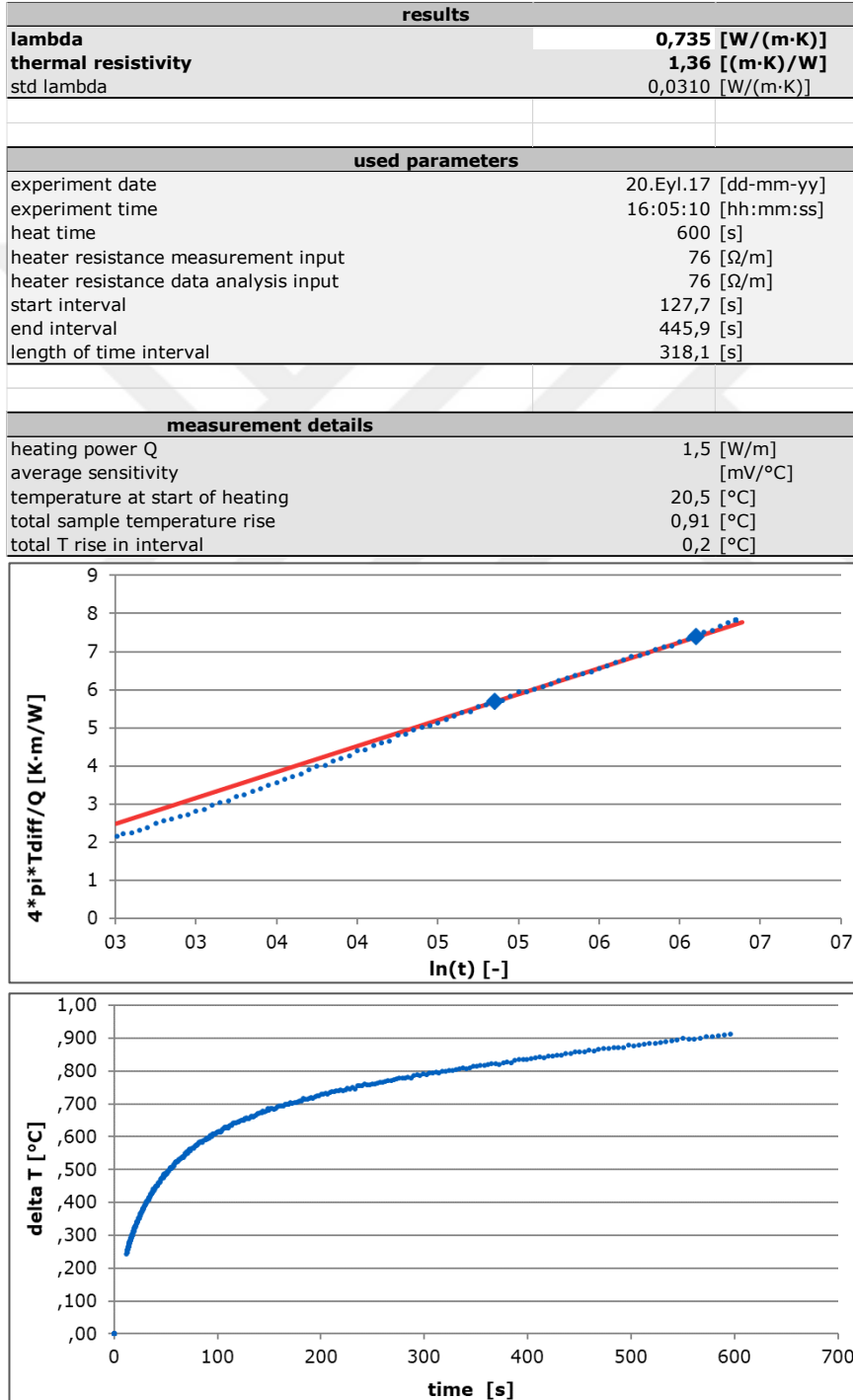


EK 35-İS-43-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

results	
lambda	1,525 [W/(m·K)]
thermal resistivity	0,66 [(m·K)/W]
std lambda	0,1342 [W/(m·K)]
used parameters	
experiment date	18.Eyl.17 [dd-mm-yy]
experiment time	20:23:33 [hh:mm:ss]
heat time	600 [s]
heater resistance measurement input	76 [Ω/m]
heater resistance data analysis input	76 [Ω/m]
start interval	424,1 [s]
end interval	897,8 [s]
length of time interval	473,7 [s]
measurement details	
heating power Q	1,5 [W/m]
average sensitivity	[mV/°C]
temperature at start of heating	32,9 [°C]
total sample temperature rise	1,92 [°C]
total T rise in interval	0,0 [°C]



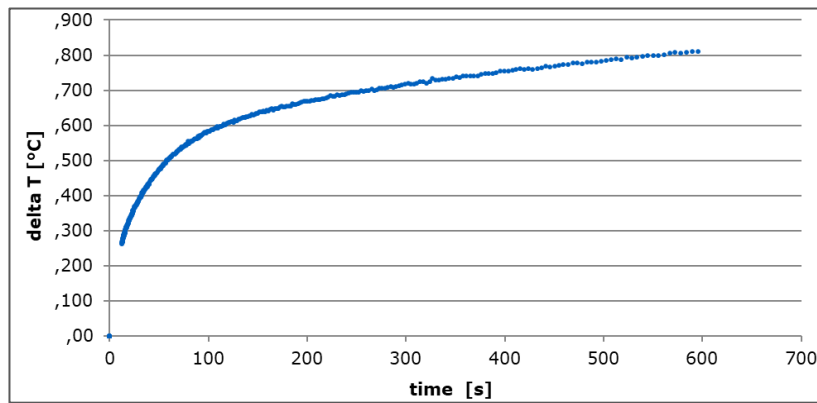
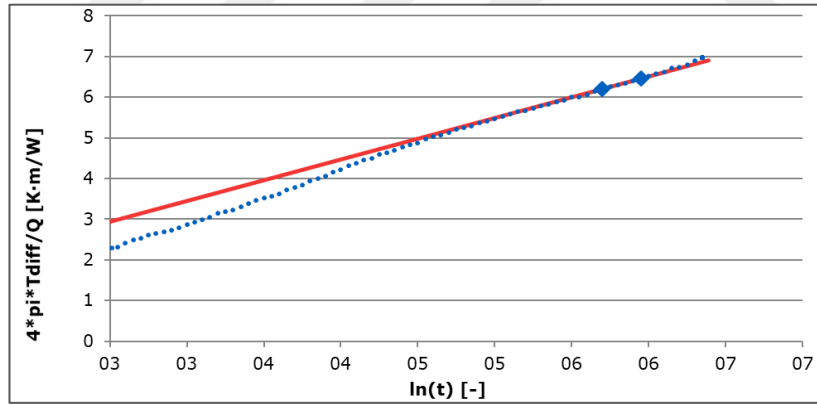
EK 36-İS20-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu



EK 37-İS-Z-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu



results	
lambda	0,979 [W/(m·K)]
thermal resistivity	1,02 [(m·K)/W]
std lambda	0,0551 [W/(m·K)]
used parameters	
experiment date	18.Eyl.17 [dd-mm-yy]
experiment time	17:21:06 [hh:mm:ss]
heat time	600 [s]
heater resistance measurement input	76 [Ω/m]
heater resistance data analysis input	76 [Ω/m]
start interval	298,9 [s]
end interval	383,8 [s]
length of time interval	84,9 [s]
measurement details	
heating power Q	1,5 [W/m]
average sensitivity	[mV/°C]
temperature at start of heating	23,7 [°C]
total sample temperature rise	0,81 [°C]
total T rise in interval	0,0 [°C]



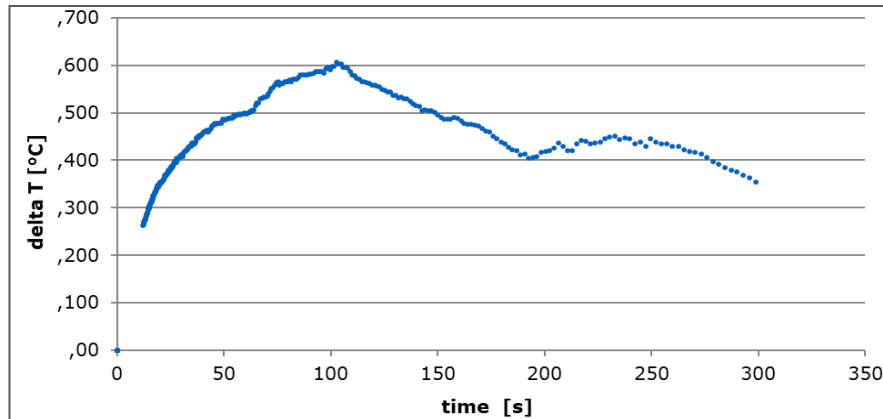
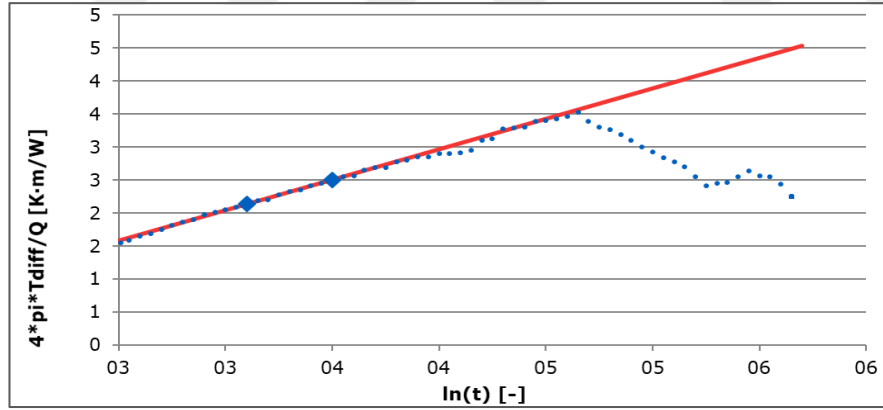
EK 38-15-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu



results	
lambda	1,086 [W/(m·K)]
thermal resistivity	0,92 [(m·K)/W]
std lambda	0,0950 [W/(m·K)]

used parameters	
experiment date	19.Ağu.15 [dd-mm-yy]
experiment time	15:32:44 [hh:mm:ss]
heat time	300 [s]
heater resistance measurement input	76 [Ω/m]
heater resistance data analysis input	76 [Ω/m]
start interval	22,2 [s]
end interval	33,1 [s]
length of time interval	10,9 [s]

measurement details	
heating power Q	2,1 [W/m]
average sensitivity	[mV/°C]
temperature at start of heating	39,2 [°C]
total sample temperature rise	0,61 [°C]
total T rise in interval	0,1 [°C]

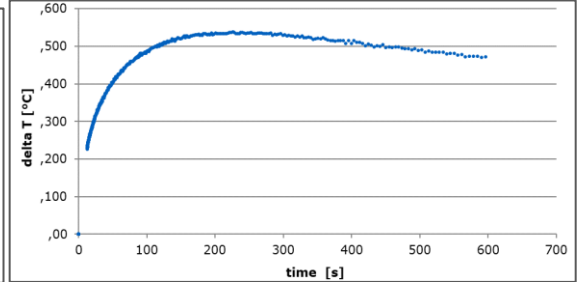
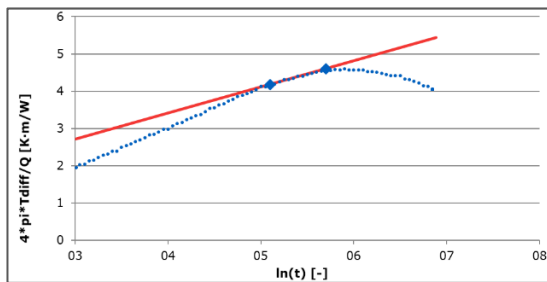


EK 39-İS2-SP-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

17-H-6083-RAPOR						
MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE						
Program 2022 - Version 5.0						
Anter Corporation 2008 (C)						
2022 Conductivity Test						
Run Id:	17-H-6083					
File Name:	17-H-6083					
Test Number:	964					
Operator:	OBAYRAM					
Date:	Mon Oct 23 14:44:35 2017					
Calibration						
Run Id:	likromcal					
File:	likromcal.20x					
Segment	Setpoint (C)	Stack delta	HFM Calibration Factor	Interfacial Resistance	Rmin m²K/W	Rmax m²K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002						
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002						
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002						
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002						
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						
Mean Sample Temperature:			31.01 (C)			
Sample Thermal Conductivity:			1.048 (W/mK)			
			7.263 (BTU in/h ft² F)			

EK 40-İS-TS-HAM- Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

results	
lambda	1,428 [W/(m·K)]
thermal resistivity	0,70 [(m·K)/W]
std lambda	0,1177 [W/(m·K)]
used parameters	
experiment date	25.Eyl.17 [dd-mm-yy]
experiment time	21:39:35 [hh:mm:ss]
heat time	600 [s]
heater resistance measurement input	76 [Ω/m]
heater resistance data analysis input	76 [Ω/m]
start interval	99,5 [s]
end interval	181,3 [s]
length of time interval	81,8 [s]
measurement details	
heating power Q	1,5 [W/m]
average sensitivity	[mV/°C]
temperature at start of heating	27,3 [°C]
total sample temperature rise	0,54 [°C]
total T rise in interval	0,0 [°C]



EK 41-İS9-DP- Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

#	Sensor	k (W/mK)	R2	V0 (mV)	DeltaV (mV)	VMax (mV)	DeltaT (°C)	Valid
1	T468	1.359	0.9996447	2.392.109	45.681	2.396.677	0.563261866	True
2	T468	1.406	0.9996817	2.390.389	4.515.171	2.394.904	0.557067573	True
3	T468	1.431	0.9995728	2.391.375	4.500.866	2.395.876	0.554851710	True
4	T468	1.441	0.9996398	2.390.161	4.479.408	2.394.641	0.552174389	True
5	T468	1.446	0.9997590	2.388.069	4.467.964	2.392.537	0.551064789	True
6	T468	1.449	0.9996362	2.388.197	4.486.084	2.392.683	0.553241550	True
7	T468	1.438	0.9996688	2.389.505	4.499.435	2.394.004	0.554561913	True
8	T468	1.441	0.9996661	2.389.067	4.490.376	2.393.557	0.553406298	True
9	T468	1.446	0.9994559	2.388.474	4.499.674	2.392.974	0.554555118	True
10	T468	1.433	0.9995970	2.387.265	4.499.674	2.391.764	0.554919123	True

EK 42-İS-DE- Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

17-H-6077-RAPOR						
MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE						
Program 2022 - Version 5.0						
Anter Corporation 2008 (C)						
2022 Conductivity Test						
Run Id:	17-H-6077					
File Name:	17-H-6077					
Test Number:	963					
Operator:	OBAYRAM					
Date:	Mon Oct 23 12:28:03 2017					
Calibration						
Run Id:	likromcal					
File:	likromcal.20x					
Segment	Setpoint (C)	Stack delta	HFM Calibration Factor	Interfacial Resistance	Rmin m²K/W	Rmax m²K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						
Mean Sample Temperature:	32.43		(C)			
Sample Thermal Conductivity:	1.439		(W/mK)			
	9.973		(BTU in/h ft² F)			

EK 43-İ34-1- Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

17-H-6072-RAPOR

MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE
Program 2022 - Version 5.0
Anter Corporation 2008 (C)

2022 Conductivity Test

Run Id: 17-H-6072
File Name: 17-H-6072
Test Number: 962
Operator: OBAYRAM
Date: Mon Oct 23 10:23:11 2017

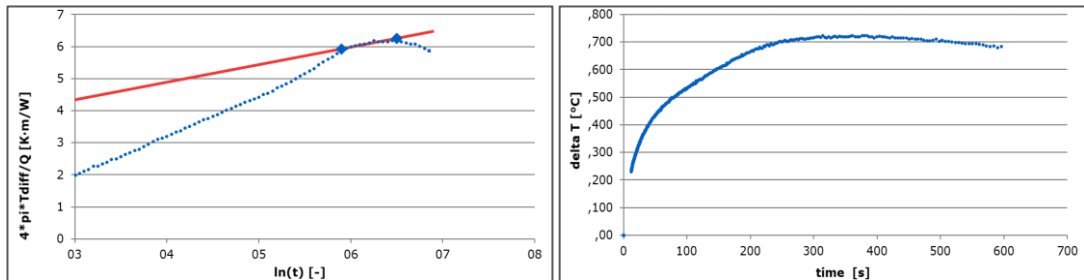
Calibration
Run Id: likromcal
File: likromcal.20x

Segment	Setpoint (C)	Stack delta	HFM Calibration Factor	Interfacial Resistance	Rmin m²K/W	Rmax m²K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002						
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002						
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002						
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002						
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						

Mean Sample Temperature: 32.41 (C)
Sample Thermal Conductivity: 1.577 (W/mK)
10.930 (BTU in/h ft² F)

EK 44-İS-TS-İŞL- Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

results	
lambda	1,822 [W/(m·K)]
thermal resistivity	0,55 [(m·K)/W]
std lambda	0,1917 [W/(m·K)]
used parameters	
experiment date	25.Eyl.17 [dd-mm-yy]
experiment time	22:04:56 [hh:mm:ss]
heat time	600 [s]
heater resistance measurement input	76 [Ω/m]
heater resistance data analysis input	76 [Ω/m]
start interval	221,4 [s]
end interval	403,4 [s]
length of time interval	182,0 [s]
measurement details	
heating power Q	1,5 [W/m]
average sensitivity	[mV/°C]
temperature at start of heating	27,4 [°C]
total sample temperature rise	0,72 [°C]
total T rise in interval	0,0 [°C]



EK 45-İ81- Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

#	Sensor	k (W/mK)	R2	V0 (mV)	DeltaV (mV)	VMax (mV)	DeltaT (°C)	Valid
1	T468	2.996	0.9995603	2390.5	3.230.095	2393.73	0.398559421	True
2	T468	3.027	0.9996928	2.389.067	3.213.644	2.392.281	0.396446555	True
3	T468	3.051	0.9995874	2.387.191	3.193.378	2.390.384	0.394156336	True
4	T468	3.065	0.9996772	2.387.346	3.200.054	2.390.547	0.394959956	True
5	T468	3.071	0.9994919	2.388.894	3.203.869	2.392.098	0.395195871	True
6	T468	3.023	0.9994544	2388.54	3.205.299	2.391.745	0.395392566	True
7	T468	3.062	0.9994655	2.388.737	3.191.233	2.391.928	0.393618047	True
8	T468	3.129	0.9996613	2388.07	316.143	2.391.231	0.389939635	True
9	T468	3.081	0.9994603	2.386.801	3.180.504	2.389.981	0.392603695	True
10	T468	3.093	0.9995047	2.388.123	3.176.689	2391.3	0.391864925	True

EK 46-İS3-KTG- Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

#	Sensor	k (W/mK)	R2	V0 (mV)	DeltaV (mV)	VMax (mV)	DeltaT (°C)	Valid
1	T468	4.148	0.9994337	2.387.148	272.584	2.389.874	0.336594372	True
2	T468	4.264	0.9996633	2.388.072	2.688.885	2.390.761	0.331851273	True
3	T468	4.257	0.9993163	2.386.387	2.676.249	2.389.063	0.330538868	True
4	T468	4.324	0.9994640	2.387.089	2.654.076	2.389.743	0.327782779	True
5	T468	4.301	0.9994586	2.388.513	267.148	2.391.184	0.329734593	True
6	T468	4.316	0.9994510	2.388.931	267.458	2.391.606	0.330082982	True
7	T468	4.297	0.9995234	2.388.824	2.652.645	2.391.477	0.327397614	True
8	T468	4.319	0.9993942	2.388.746	2.647.161	2.391.393	0.326734930	True
9	T468	4.344	0.9994661	2.388.104	2.639.771	2.390.744	0.325829148	True
10	T468	4.425	0.9994251	2387.33	264.287	2.389.972	0.326414912	True

EK 47-İS4-KTG- Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

#	Sensor	k (W/mK)	R2	V0 (mV)	DeltaV (mV)	VMax (mV)	DeltaT (°C)	Valid
1	T468	5.295	0.9996874	2.396.476	2.454.519	2.398.931	0.302217781	True
2	T468	5.392	0.9994418	2.394.267	2.434.254	2.396.701	0.299832195	True
3	T468	5.482	0.9995607	2.393.366	2.405.643	2.395.771	0.296263456	True
4	T468	5.530	0.9996745	2391.98	2.398.491	2.394.378	0.295224994	True
5	T468	5.456	0.9995919	2.390.246	2.403.021	2.392.649	0.295839905	True
6	T468	5.479	0.9995399	2.389.539	2.409.935	2.391.948	0.296502679	True
7	T468	5.453	0.9992589	2.388.629	242.281	2.391.052	0.297991245	True
8	T468	5.422	0.9995991	2.387.192	2.412.081	2.389.604	0.296641528	True
9	T468	5.478	0.9995692	2385.11	2.400.637	2.387.511	0.295344591	True
10	T468	5.437	0.9995672	2.384.317	2.416.849	2.386.734	0.297320127	True

EK 48-İS-6- Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

#	Sensor	k (W/mK)	R2	V0 (mV)	DeltaV (mV)	VMax (mV)	DeltaT (°C)	Valid
1	T468	5.537	0.9996836	2.380.988	2.433.062	2.383.421	0.299414306	True
2	T468	5.478	0.9996350	2378.4	2.448.559	2.380.849	0.301491290	True
3	T468	5.433	0.9994580	2378.19	2.455.235	2.380.646	0.302267909	True
4	T468	5.509	0.9996332	2.378.239	2.448.082	2.380.687	0.301374435	True
5	T468	5.582	0.9996292	2.379.251	2.444.744	2.381.696	0.300754368	True
6	T468	5.452	0.9998003	2.379.356	2.455.711	2.381.812	0.302071958	True
7	T468	5.431	0.9996154	2.378.383	2.452.612	2.380.835	0.301710844	True
8	T468	5.494	0.9996999	2.377.421	2.426.863	2.379.848	0.298711657	True
9	T468	5.408	0.9996215	2.379.094	2.434.492	2.381.528	0.299427121	True
10	T468	5.421	0.9996610	2.378.674	2.447.605	2.381.121	0.301071494	True

EK 49-F37- Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE Program 2022 - Version 5.0 Anter Corporation 2008 (C) 2022 Conductivity Test Run Id: 16-H-6734 (F37) File Name: 16-H-6734 (F37) Test Number: 790 Operator: GUNNUR Date: Fri Oct 21 14:15:21 2016 Calibration Run Id: likromcal File: likromcal.20x <table> <tr> <th>Segment</th><th>Setpoint (C)</th><th>Stack delta</th><th>HFM Calibration Factor</th><th>Interfacial Resistance</th><th>Rmin m²K/W</th><th>Rmax m²K/W</th></tr> <tr> <td>1</td><td>12.12</td><td>23.09</td><td>7.6742e-003</td><td>1.5415e-003</td><td>1.2952e-003</td><td></td></tr> <tr> <td>2.5123e-002</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>2</td><td>24.76</td><td>30.37</td><td>6.9290e-003</td><td>9.9141e-004</td><td>1.2649e-003</td><td></td></tr> <tr> <td>2.4892e-002</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>3</td><td>44.78</td><td>30.27</td><td>6.6058e-003</td><td>8.2241e-004</td><td>1.2347e-003</td><td></td></tr> <tr> <td>2.4636e-002</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>4</td><td>64.61</td><td>30.47</td><td>6.4125e-003</td><td>7.5275e-004</td><td>1.2061e-003</td><td></td></tr> <tr> <td>2.4385e-002</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>5</td><td>84.47</td><td>30.75</td><td>6.0582e-003</td><td>5.3483e-004</td><td>1.1794e-003</td><td></td></tr> <tr> <td>2.4139e-002</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> Mean Sample Temperature: 34.78 (C) Sample Thermal Conductivity: 0.069 (W/mK) 0.477 (BTU in/h ft² F)							Segment	Setpoint (C)	Stack delta	HFM Calibration Factor	Interfacial Resistance	Rmin m²K/W	Rmax m²K/W	1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003		2.5123e-002							2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003		2.4892e-002							3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003		2.4636e-002							4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003		2.4385e-002							5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003		2.4139e-002						
Segment	Setpoint (C)	Stack delta	HFM Calibration Factor	Interfacial Resistance	Rmin m²K/W	Rmax m²K/W																																																																													
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003																																																																														
2.5123e-002																																																																																			
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003																																																																														
2.4892e-002																																																																																			
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003																																																																														
2.4636e-002																																																																																			
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003																																																																														
2.4385e-002																																																																																			
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003																																																																														
2.4139e-002																																																																																			

EK 50-C6- Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

15-H-5873-C6.rsd

MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE *EK 6*

Program 2022 - Version 5.0

Anter Corporation 2008 (C)

2022 Conductivity Test

Run Id: 15-H-5873-C6

File Name: 15-H-5873-C6

Test Number: 714

Operator: S.ILHAN

Date: Thu Nov 19 13:24:44 2015

Calibration

Run Id: likromcal

File: likromcal.20x

Segment	Setpoint (C)	Stack delta	HFM Calibration Factor	Interfacial Resistance	Rmin m²K/W	Rmax m²K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002						
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002						
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002						
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002						
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						

Mean Sample Temperature: 34.87 (C)

Sample Thermal Conductivity: 0.388 (W/mK)

2.688 (BTU in/h ft² F)

EK 51-Z5-1-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

16-H-5837-Z5-1						
MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE						
Program 2022 - Version 5.0						
Anter Corporation 2008 (C)						
2022 Conductivity Test						
Run Id:	16-H-5837-Z5-1					
File Name:	16-H-5837-Z5-1					
Test Number:	750					
Operator:	GEROL					
Date:	Mon Aug 29 13:01:01 2016					
Calibration						
Run Id:	likromcal					
File:	likromcal.20x					
Segment	Setpoint (C)	Stack delta	HFM Calibration Factor	Interfacial Resistance	Rmin m²K/W	Rmax m²K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						
Mean Sample Temperature: 34.08 (C)						
Sample Thermal Conductivity: 0.526 (W/mK)						
3.648 (BTU in/h ft² F)						

EK 52-F33-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE						
Program 2022 - Version 5.0						
Anter Corporation 2008 (C)						
2022 Conductivity Test						
Run Id:	16-H-6720 (F33)					
File Name:	16-H-6720 (F33)					
Test Number:	777					
Operator:	GUNNUR					
Date:	Tue Oct 18 12:27:43 2016					
Calibration						
Run Id:	likromcal					
File:	likromcal.20x					
Segment	Setpoint	Stack	HFM Calibration	Interfacial	Rmin	Rmax
.	(C)	delta	Factor	Resistance	m²K/W	m²K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002						
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002						
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002						
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002						
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						
Mean Sample Temperature:			34.40	(C)		
Sample Thermal Conductivity:			0.670	(W/mK)		
			4.646	(BTU in/h ft² F)		

EK 53-B4-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

15-H-5839-B4.rsd

MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE *EK 2*
Program 2022 - Version 5.0
Anter Corporation 2008 (C)

2022 Conductivity Test

Run Id: 15-H-5839-B4
File Name: 15-H-5839-B4
Test Number: 710
Operator: S.ILHAN
Date: Wed Nov 18 11:20:08 2015

Calibration
Run Id: likromcal
File: likromcal.20x

Segment	Setpoint (C)	Stack delta	HFM Calibration Factor	Interfacial Resistance	Rmin m²K/W	Rmax m²K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002						
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002						
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002						
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002						
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						

Mean Sample Temperature: 35.87 (C)
Sample Thermal Conductivity: 0.702 (W/mK)
4.867 (BTU in/h ft² F)

EK 54-H27-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE						
Program 2022 - Version 5.0						
Anter Corporation 2008 (C)						
2022 Conductivity Test						
Run Id: 16-K-7560(H27)						
File Name: 16-K-7560(H27)						
Test Number: 825						
Operator: GEROL						
Date: Fri Nov 18 11:29:21 2016						
Calibration						
Run Id: likromcal						
File: likromcal.20x						
Segment	Setpoint	Stack	HFM Calibration	Interfacial	Rmin	Rmax
.	(C)	delta	Factor	Resistance	m²K/W	m²K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002						
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002						
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002						
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002						
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						
Mean Sample Temperature:			30.96	(C)		
Sample Thermal Conductivity:			0.774	(W/mK)		
			5.364	(BTU in/h ft² F)		

EK 55-C5-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

15-H-5872-C5.rsd

MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE
Program 2022 - Version 5.0
Anter Corporation 2008 (C)

2022 Conductivity Test

Run Id: 15-H-5872-C5
File Name: 15-H-5872-C5
Test Number: 712
Operator: G.EROL
Date: Wed Nov 18 16:01:55 2015

Calibration
Run Id: likromcal
File: likromcal.20x

Segment	Setpoint (C)	Stack delta	HFM Calibration Factor	Interfacial Resistance	Rmin m ² K/W	Rmax m ² K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002						
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002						
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002						
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002						
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						

Mean Sample Temperature: 36.54 (C)
Sample Thermal Conductivity: 0.809 (W/mK)
5.607 (BTU in/h ft² F)

EK 56-C2-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

15-H-5869-C2.rsd							
MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE				EK2			
Program 2022 - Version 5.0							
Anter Corporation 2008 (C)							
2022 Conductivity Test							
Run Id:	15-H-5869-C2						
File Name:	15-H-5869-C2						
Test Number:	711						
Operator:	SERHAN						
Date:	Wed Nov 18 13:22:02 2015						
Calibration							
Run Id:	likromcal						
File:	likromcal.20x						
Segment	Setpoint	Stack	HFM	Calibration	Interfacial	Rmin	Rmax
.	(C)	delta		Factor	Resistance	m²K/W	m²K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003		
2.5123e-002							
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003		
2.4892e-002							
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003		
2.4636e-002							
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003		
2.4385e-002							
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003		
2.4139e-002							
Mean Sample Temperature: 29.81 (C)							
Sample Thermal Conductivity: 0.814 (W/mK)							
5.640 (BTU in/h ft² F)							

EK 57-F39-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE						
Program 2022 - Version 5.0						
Anter Corporation 2008 (C)						
2022 Conductivity Test						
Run Id:	16-M-6722 (F39)					
File Name:	16-M-6722 (F39)					
Test Number:	779					
Operator:	GUNNUR					
Date:	Tue Oct 18 16:30:02 2016					
Calibration						
Run Id:	likromcal					
File:	likromcal.20x					
Segment	Setpoint	Stack	HFM Calibration	Interfacial	Rmin	Rmax
.	(C)	delta	Factor	Resistance	m²K/W	m²K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002						
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002						
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002						
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002						
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						
Mean Sample Temperature: 35.29 (C)						
Sample Thermal Conductivity: 0.839 (W/mK)						
5.820 (BTU in/h ft² F)						

EK 58-C1-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

15-H-5868-C1.rsd

MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE
Program 2022 - Version 5.0
Anter Corporation 2008 (C)

2022 Conductivity Test

Run Id: 15-H-5868-C1
File Name: 15-H-5868-C1
Test Number: 713
Operator: G.EROL
Date: Thu Nov 19 11:06:24 2015

Calibration
Run Id: likromcal
File: likromcal.20x

Segment	Setpoint (C)	Stack delta	HFM Calibration Factor	Interfacial Resistance	Rmin m ² K/W	Rmax m ² K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002						
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002						
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002						
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002						
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						

Mean Sample Temperature: 36.43 (C)
Sample Thermal Conductivity: 0.847 (W/mK)
5.870 (BTU in/h ft² F)

EK 59-F30- Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE						
Program 2022 - Version 5.0						
Anter Corporation 2008 (C)						
2022 Conductivity Test						
Run Id: 16-H-6730 (F30)						
File Name: 16-H-6730 (F30)						
Test Number: 786						
Operator: GUNNUR						
Date: Thu Oct 20 14:56:03 2016						
Calibration						
Run Id: likromcal						
File: likromcal.20x						
Segment	Setpoint	Stack	HFM Calibration	Interfacial	Rmin	Rmax
-	(C)	delta	Factor	Resistance	m²K/W	m²K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002						
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002						
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002						
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002						
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						
Mean Sample Temperature:			35.23	(C)		
Sample Thermal Conductivity:			0.860	(W/mK)		
			5.962	(BTU in/h ft² F)		

EK 60-H33- Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE						
Program 2022 - Version 5.0						
Anter Corporation 2008 (C)						
2022 Conductivity Test						
Run Id:	16-H-7557(H33)					
File Name:	16-H-7557(H33)					
Test Number:	826					
Operator:	GEROL					
Date:	Fri Nov 18 14:39:41 2016					
Calibration						
Run Id:	likromcal					
File:	likromcal.20x					
Segment	Setpoint	Stack	HFM Calibration	Interfacial	Rmin	Rmax
.	(C)	delta	Factor	Resistance	m²K/W	m²K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002						
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002						
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002						
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002						
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						
Mean Sample Temperature: 31.59 (C)						
Sample Thermal Conductivity: 0.872 (W/mK)						
6.048 (BTU in/h ft2 F)						

EK 61-F35- Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE						
Program 2022 - Version 5.0						
Anter Corporation 2008 (C)						
2022 Conductivity Test						
Run Id:	16-H-6731 (F35)					
File Name:	16-H-6731 (F35)					
Test Number:	787					
Operator:	GUNNUR					
Date:	Thu Oct 20 16:54:07 2016					
Calibration						
Run Id:	likromcal					
File:	likromcal.20x					
Segment	Setpoint	Stack	HFM Calibration	Interfacial	Rmin	Rmax
.	(C)	delta	Factor	Resistance	m²K/W	m²K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002						
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002						
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002						
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002						
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						
Mean Sample Temperature:	35.54			(C)		
Sample Thermal Conductivity:	0.901			(W/mK)		
	6.249			(BTU in/h ft² F)		

EK 62-F34-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE Program 2022 - Version 5.0 Anter Corporation 2008 (C) 2022 Conductivity Test Run Id: 16-H-6727 (F34) File Name: 16-H-6727 (F34) Test Number: 784 Operator: GUNNUR Date: Thu Oct 20 10:11:20 2016 Calibration Run Id: likromcal File: likromcal.20x <table> <tr> <th>Segment</th><th>Setpoint (C)</th><th>Stack delta</th><th>HFM Calibration Factor</th><th>Interfacial Resistance</th><th>Rmin m²K/W</th><th>Rmax m²K/W</th></tr> <tr> <td>1</td><td>12.12</td><td>23.09</td><td>7.6742e-003</td><td>1.5415e-003</td><td>1.2952e-003</td><td></td></tr> <tr> <td>2.5123e-002</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>2</td><td>24.76</td><td>30.37</td><td>6.9290e-003</td><td>9.9141e-004</td><td>1.2649e-003</td><td></td></tr> <tr> <td>2.4892e-002</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>3</td><td>44.78</td><td>30.27</td><td>6.6058e-003</td><td>8.2241e-004</td><td>1.2347e-003</td><td></td></tr> <tr> <td>2.4636e-002</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>4</td><td>64.61</td><td>30.47</td><td>6.4125e-003</td><td>7.5275e-004</td><td>1.2061e-003</td><td></td></tr> <tr> <td>2.4385e-002</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>5</td><td>84.47</td><td>30.75</td><td>6.0582e-003</td><td>5.3483e-004</td><td>1.1794e-003</td><td></td></tr> <tr> <td>2.4139e-002</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> Mean Sample Temperature: 34.90 (C) Sample Thermal Conductivity: 0.912 (W/mK) 6.323 (BTU in/h ft² F)							Segment	Setpoint (C)	Stack delta	HFM Calibration Factor	Interfacial Resistance	Rmin m²K/W	Rmax m²K/W	1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003		2.5123e-002							2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003		2.4892e-002							3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003		2.4636e-002							4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003		2.4385e-002							5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003		2.4139e-002						
Segment	Setpoint (C)	Stack delta	HFM Calibration Factor	Interfacial Resistance	Rmin m²K/W	Rmax m²K/W																																																																													
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003																																																																														
2.5123e-002																																																																																			
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003																																																																														
2.4892e-002																																																																																			
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003																																																																														
2.4636e-002																																																																																			
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003																																																																														
2.4385e-002																																																																																			
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003																																																																														
2.4139e-002																																																																																			

EK 63-F28-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE Program 2022 - Version 5.0 Anter Corporation 2008 (C) 2022 Conductivity Test Run Id: 16-H-6494 (F28) File Name: 16-H-6494 (F28) Test Number: 768 Operator: GUNNUR Date: Wed Oct 05 13:53:22 2016 Calibration Run Id: likromcal File: likromcal.20x <table> <tr> <th>Segment</th><th>Setpoint (C)</th><th>Stack delta</th><th>HFM Calibration Factor</th><th>Interfacial Resistance</th><th>Rmin m²K/W</th><th>Rmax m²K/W</th></tr> <tr> <td>1</td><td>12.12</td><td>23.09</td><td>7.6742e-003</td><td>1.5415e-003</td><td>1.2952e-003</td><td></td></tr> <tr> <td>2.5123e-002</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>2</td><td>24.76</td><td>30.37</td><td>6.9290e-003</td><td>9.9141e-004</td><td>1.2649e-003</td><td></td></tr> <tr> <td>2.4892e-002</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>3</td><td>44.78</td><td>30.27</td><td>6.6058e-003</td><td>8.2241e-004</td><td>1.2347e-003</td><td></td></tr> <tr> <td>2.4636e-002</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>4</td><td>64.61</td><td>30.47</td><td>6.4125e-003</td><td>7.5275e-004</td><td>1.2061e-003</td><td></td></tr> <tr> <td>2.4385e-002</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>5</td><td>84.47</td><td>30.75</td><td>6.0582e-003</td><td>5.3483e-004</td><td>1.1794e-003</td><td></td></tr> <tr> <td>2.4139e-002</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> Mean Sample Temperature: 34.23 (C) Sample Thermal Conductivity: 0.919 (W/mK) 6.372 (BTU in/h ft² F)							Segment	Setpoint (C)	Stack delta	HFM Calibration Factor	Interfacial Resistance	Rmin m²K/W	Rmax m²K/W	1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003		2.5123e-002							2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003		2.4892e-002							3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003		2.4636e-002							4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003		2.4385e-002							5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003		2.4139e-002						
Segment	Setpoint (C)	Stack delta	HFM Calibration Factor	Interfacial Resistance	Rmin m²K/W	Rmax m²K/W																																																																													
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003																																																																														
2.5123e-002																																																																																			
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003																																																																														
2.4892e-002																																																																																			
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003																																																																														
2.4636e-002																																																																																			
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003																																																																														
2.4385e-002																																																																																			
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003																																																																														
2.4139e-002																																																																																			

EK 64-H8-a Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE						
Program 2022 - Version 5.0						
Anter Corporation 2008 (C)						
2022 Conductivity Test						
Run Id: 16-H-7563 (H8-a)						
File Name: 16-H-7563 (H8-a)						
Test Number: 832						
Operator: GUNNUR						
Date: Tue Nov 22 14:46:53 2016						
Calibration						
Run Id: likromcal						
File: likromcal.20x						
Segment	Setpoint	Stack	HFM Calibration	Interfacial	Rmin	Rmax
.	(C)	delta	Factor	Resistance	m²K/W	m²K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002						
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002						
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002						
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002						
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						
Mean Sample Temperature: 36.71 (C)						
Sample Thermal Conductivity: 0.930 (W/mK)						
6.450 (BTU in/h ft² F)						

EK 65-F38-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE						
Program 2022 - Version 5.0						
Anter Corporation 2008 (C)						
2022 Conductivity Test						
Run Id: 16-H-6725 (F38)						
File Name: 16-H-6725 (F38)						
Test Number: 782						
Operator: GUNNUR						
Date: Wed Oct 19 15:02:56 2016						
Calibration						
Run Id: likromcal						
File: likromcal.20x						
Segment	Setpoint	Stack	HFM Calibration	Interfacial	Rmin	Rmax
.	(C)	delta	Factor	Resistance	m²K/W	m²K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002						
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002						
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002						
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002						
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						
Mean Sample Temperature: 35.33 (C)						
Sample Thermal Conductivity: 0.939 (W/mK)						
6.511 (BTU in/h ft² F)						

EK 66-C3-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

15-H-5870-C3.rsd

MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE *EK 3*

Program 2022 - Version 5.0

Anter Corporation 2008 (C)

2022 Conductivity Test

Run Id: 15-H-5870-C3

File Name: 15-H-5870-C3

Test Number: 718

Operator: GEROL

Date: Mon Nov 23 11:20:57 2015

Calibration

Run Id: likromcal

File: likromcal.20x

Segment	Setpoint (C)	Stack delta	HFM Calibration Factor	Interfacial Resistance	Rmin m ² K/W	Rmax m ² K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002						
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002						
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002						
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002						
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						

Mean Sample Temperature: 36.77 (C)

Sample Thermal Conductivity: 0.964 (W/mK)

6.681 (BTU in/h ft2 F)

EK 67-C4-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

15-H-5871-C4.rsd

MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE *EK 4*

Program 2022 - Version 5.0

Anter Corporation 2008 (C)

2022 Conductivity Test

Run Id: 15-H-5871-C4

File Name: 15-H-5871-C4

Test Number: 717

Operator: G.EROL

Date: Fri Nov 20 13:55:24 2015

Calibration

Run Id: likromcal

File: likromcal.20x

Segment	Setpoint (C)	Stack delta	HFM Calibration Factor	Interfacial Resistance	Rmin m²K/W	Rmax m²K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002						
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002						
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002						
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002						
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						

Mean Sample Temperature: 37.06 (C)

Sample Thermal Conductivity: 0.984 (W/mK)

6.822 (BTU in/h ft² F)

EK 68-F21-a-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE						
Program 2022 - Version 5.0						
Anter Corporation 2008 (C)						
2022 Conductivity Test						
Run Id:	16-H-6495 (F21-A)					
File Name:	16-H-6495 (F21-A)					
Test Number:	769					
Operator:	GUNNUR					
Date:	Thu Oct 06 10:12:48 2016					
Calibration						
Run Id:	likromcal					
File:	likromcal.20x					
Segment	Setpoint	Stack	HFM Calibration	Interfacial	Rmin	Rmax
.	(C)	delta	Factor	Resistance	m²K/W	m²K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002						
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002						
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002						
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002						
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						
Mean Sample Temperature: 34.84 (C)						
Sample Thermal Conductivity: 0.996 (W/mK)						
6.905 (BTU in/h ft² F)						

EK 69-F26-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE						
Program 2022 - Version 5.0						
Anter Corporation 2008 (C)						
2022 Conductivity Test						
Run Id:	16-H-6493 (F26)					
File Name:	16-H-6493 (F26)					
Test Number:	767					
Operator:	GUNNUR					
Date:	Wed Oct 05 11:31:38 2016					
Calibration						
Run Id:	likromcal					
File:	likromcal.20x					
Segment	Setpoint	Stack	HFM Calibration	Interfacial	Rmin	Rmax
.	(C)	delta	Factor	Resistance	m²K/W	m²K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002						
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002						
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002						
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002						
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						
Mean Sample Temperature: 34.29 (C)						
Sample Thermal Conductivity: 1.010 (W/mK)						
7.004 (BTU in/h ft² F)						

EK 70-F11-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

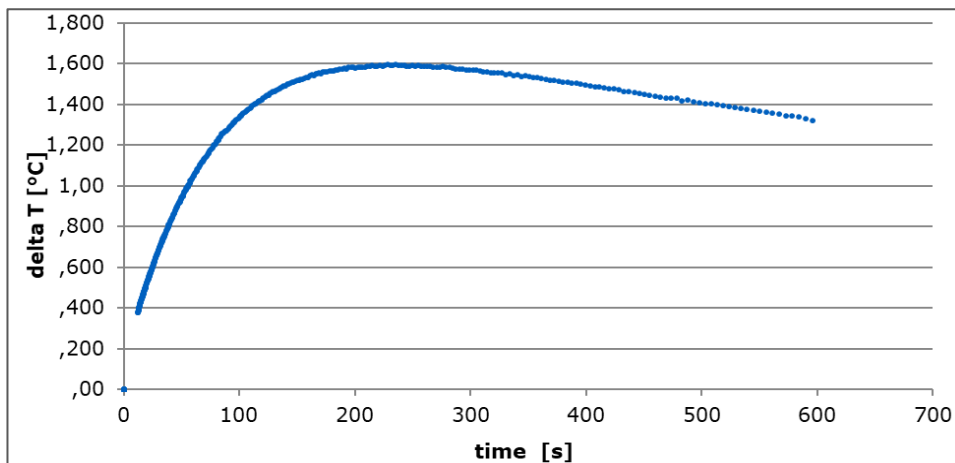
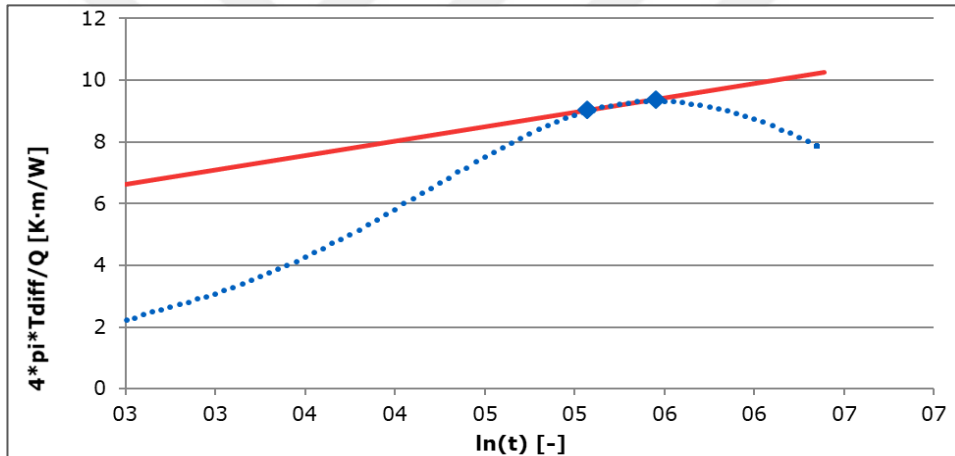
MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE Program 2022 - Version 5.0 Anter Corporation 2008 (C) 2022 Conductivity Test Run Id: 16-H-6497 (F11) File Name: 16-H-6497 (F11) Test Number: 771 Operator: GUNNUR Date: Thu Oct 06 14:11:21 2016 Calibration Run Id: likromcal File: likromcal.20x <table> <tr> <th>Segment</th><th>Setpoint (C)</th><th>Stack delta</th><th>HFM Calibration Factor</th><th>Interfacial Resistance</th><th>Rmin m²K/W</th><th>Rmax m²K/W</th></tr> <tr> <td>1</td><td>12.12</td><td>23.09</td><td>7.6742e-003</td><td>1.5415e-003</td><td>1.2952e-003</td><td></td></tr> <tr> <td>2.5123e-002</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>2</td><td>24.76</td><td>30.37</td><td>6.9290e-003</td><td>9.9141e-004</td><td>1.2649e-003</td><td></td></tr> <tr> <td>2.4892e-002</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>3</td><td>44.78</td><td>30.27</td><td>6.6058e-003</td><td>8.2241e-004</td><td>1.2347e-003</td><td></td></tr> <tr> <td>2.4636e-002</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>4</td><td>64.61</td><td>30.47</td><td>6.4125e-003</td><td>7.5275e-004</td><td>1.2061e-003</td><td></td></tr> <tr> <td>2.4385e-002</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>5</td><td>84.47</td><td>30.75</td><td>6.0582e-003</td><td>5.3483e-004</td><td>1.1794e-003</td><td></td></tr> <tr> <td>2.4139e-002</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> Mean Sample Temperature: 34.85 (C) Sample Thermal Conductivity: 1.033 (W/mK) 7.164 (BTU in/h ft² F)							Segment	Setpoint (C)	Stack delta	HFM Calibration Factor	Interfacial Resistance	Rmin m²K/W	Rmax m²K/W	1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003		2.5123e-002							2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003		2.4892e-002							3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003		2.4636e-002							4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003		2.4385e-002							5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003		2.4139e-002						
Segment	Setpoint (C)	Stack delta	HFM Calibration Factor	Interfacial Resistance	Rmin m²K/W	Rmax m²K/W																																																																													
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003																																																																														
2.5123e-002																																																																																			
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003																																																																														
2.4892e-002																																																																																			
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003																																																																														
2.4636e-002																																																																																			
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003																																																																														
2.4385e-002																																																																																			
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003																																																																														
2.4139e-002																																																																																			

EK 71-Z22-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

16-H-5846-Z22 MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE Program 2022 - Version 5.0 Anter Corporation 2008 (C) 2022 Conductivity Test Run Id: 16-H-5846-Z22 File Name: 16-H-5846-Z22 Test Number: 753 Operator: GEROL Date: Wed Aug 31 14:10:33 2016 Calibration Run Id: likromcal File: likromcal.20x <table> <tr> <th>Segment</th><th>Setpoint (C)</th><th>Stack delta</th><th>HFM Calibration Factor</th><th>Interfacial Resistance</th><th>Rmin m²K/W</th><th>Rmax m²K/W</th></tr> <tr> <td>1</td><td>12.12</td><td>23.09</td><td>7.6742e-003</td><td>1.5415e-003</td><td>1.2952e-003</td><td></td></tr> <tr> <td>2.5123e-002</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>2</td><td>24.76</td><td>30.37</td><td>6.9290e-003</td><td>9.9141e-004</td><td>1.2649e-003</td><td></td></tr> <tr> <td>2.4892e-002</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>3</td><td>44.78</td><td>30.27</td><td>6.6058e-003</td><td>8.2241e-004</td><td>1.2347e-003</td><td></td></tr> <tr> <td>2.4636e-002</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>4</td><td>64.61</td><td>30.47</td><td>6.4125e-003</td><td>7.5275e-004</td><td>1.2061e-003</td><td></td></tr> <tr> <td>2.4385e-002</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>5</td><td>84.47</td><td>30.75</td><td>6.0582e-003</td><td>5.3483e-004</td><td>1.1794e-003</td><td></td></tr> <tr> <td>2.4139e-002</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> Mean Sample Temperature: 36.41 (C) Sample Thermal Conductivity: 1.060 (W/mK) 7.351 (BTU in/h ft² F)							Segment	Setpoint (C)	Stack delta	HFM Calibration Factor	Interfacial Resistance	Rmin m²K/W	Rmax m²K/W	1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003		2.5123e-002							2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003		2.4892e-002							3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003		2.4636e-002							4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003		2.4385e-002							5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003		2.4139e-002						
Segment	Setpoint (C)	Stack delta	HFM Calibration Factor	Interfacial Resistance	Rmin m²K/W	Rmax m²K/W																																																																													
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003																																																																														
2.5123e-002																																																																																			
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003																																																																														
2.4892e-002																																																																																			
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003																																																																														
2.4636e-002																																																																																			
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003																																																																														
2.4385e-002																																																																																			
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003																																																																														
2.4139e-002																																																																																			

EK 72-Z23-1-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

results	
lambda	1,076 [W/(m·K)]
thermal resistivity	0,93 [(m·K)/W]
std lambda	0,0807 [W/(m·K)]
used parameters	
experiment date	3.Eyl.16 [dd-mm-yy]
experiment time	16:52:36 [hh:mm:ss]
heat time	600 [s]
heater resistance measurement input	76 [Ω/m]
heater resistance data analysis input	76 [Ω/m]
start interval	159,2 [s]
end interval	232,8 [s]
length of time interval	73,6 [s]
measurement details	
heating power Q	2,1 [W/m]
average sensitivity	[mV/°C]
temperature at start of heating	37,4 [°C]
total sample temperature rise	1,60 [°C]
total T rise in interval	0,1 [°C]



EK 73-H8-b Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

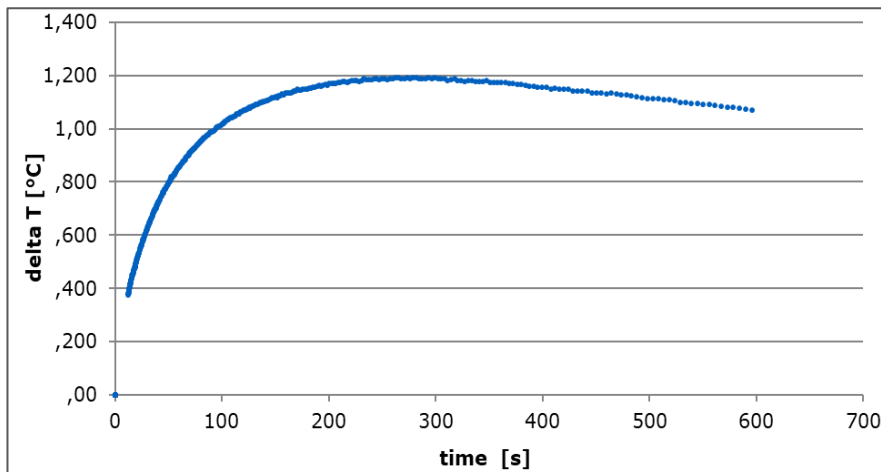
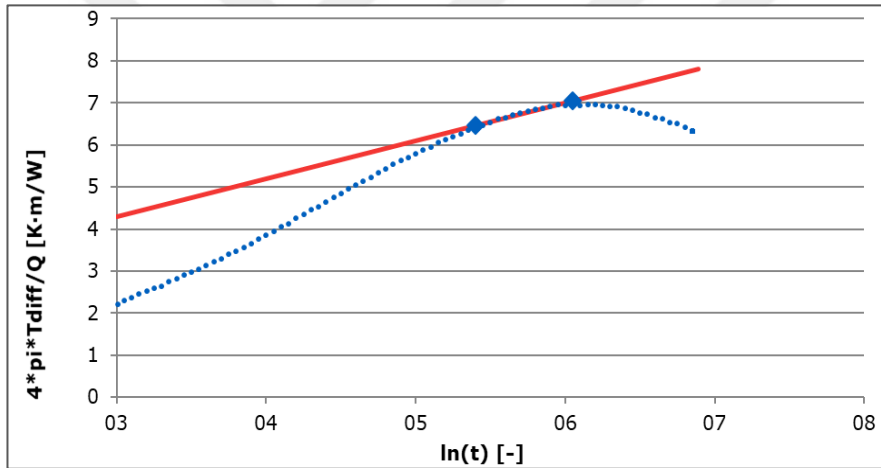
MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE						
Program 2022 - Version 5.0						
Anter Corporation 2008 (C)						
2022 Conductivity Test						
Run Id:	16-H-7564 (H8-b)					
File Name:	16-H-7564 (H8-b)					
Test Number:	833					
Operator:	GUNNUR					
Date:	Wed Nov 23 09:14:03 2016					
Calibration						
Run Id:	likromcal					
File:	likromcal.20x					
Segment	Setpoint	Stack	HFM Calibration	Interfacial	Rmin	Rmax
.	(C)	delta	Factor	Resistance	m²K/W	m²K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002						
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002						
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002						
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002						
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						
Mean Sample Temperature:			36.62	(C)		
Sample Thermal Conductivity:			1.081	(W/mK)		
			7.492	(BTU in/h ft² F)		

EK 74-H28-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE						
Program 2022 - Version 5.0						
Anter Corporation 2008 (C)						
2022 Conductivity Test						
Run Id:	16-H-7558 (H28)					
File Name:	16-H-7558 (H28)					
Test Number:	828					
Operator:	GUNNUR					
Date:	Mon Nov 21 12:17:50 2016					
Calibration						
Run Id:	likromcal					
File:	likromcal.20x					
Segment	Setpoint	Stack	HFM Calibration	Interfacial	Rmin	Rmax
.	(C)	delta	Factor	Resistance	m²K/W	m²K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002						
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002						
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002						
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002						
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						
Mean Sample Temperature: 37.58 (C)						
Sample Thermal Conductivity: 1.105 (W/mK)						
7.662 (BTU in/h ft² F)						

EK 75-Z13-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

results	
lambda	1,105 [W/(m·K)]
thermal resistivity	0,91 [(m·K)/W]
std lambda	0,0851 [W/(m·K)]
used parameters	
experiment date	3.Eyl.16 [dd-mm-yy]
experiment time	14:50:30 [hh:mm:ss]
heat time	600 [s]
heater resistance measurement input	76 [Ω/m]
heater resistance data analysis input	76 [Ω/m]
start interval	134,3 [s]
end interval	257,2 [s]
length of time interval	122,9 [s]
measurement details	
heating power Q	2,1 [W/m]
average sensitivity	[mV/°C]
temperature at start of heating	30,2 [°C]
total sample temperature rise	1,19 [°C]
total T rise in interval	0,1 [°C]



EK 76-F29-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

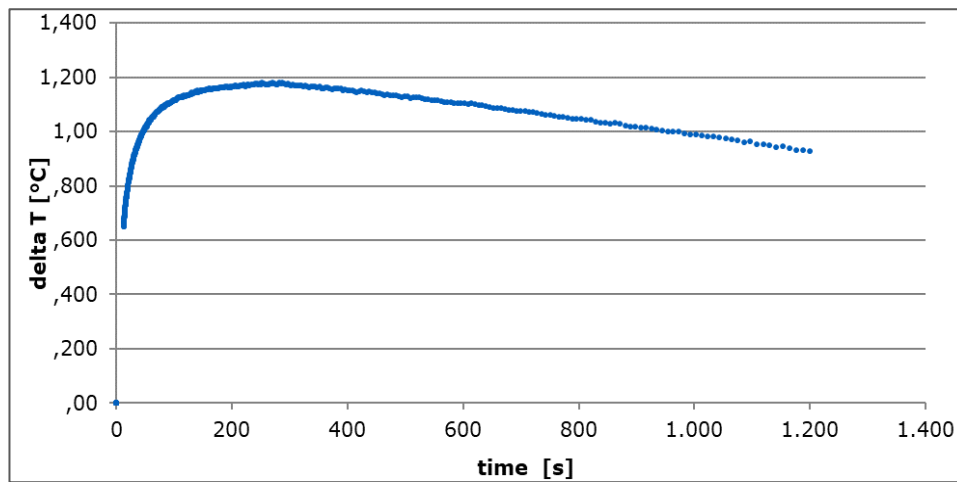
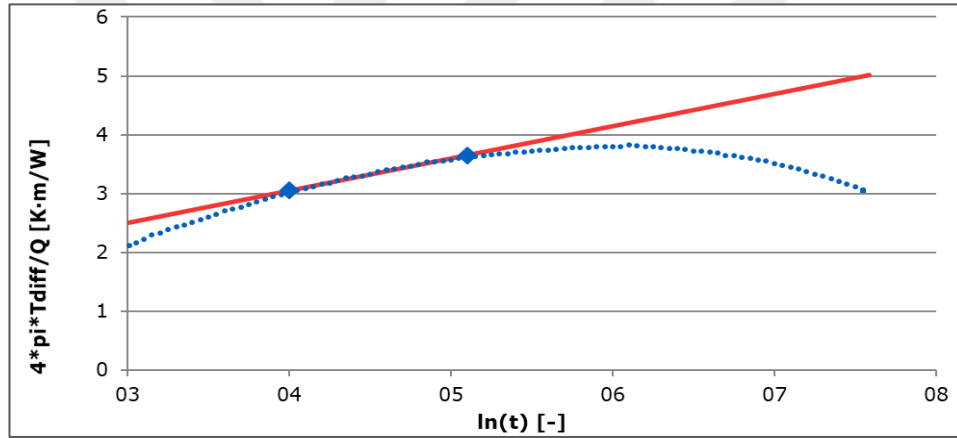
MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE						
Program 2022 - Version 5.0						
Anter Corporation 2008 (C)						
2022 Conductivity Test						
Run Id:	16-H-6498 (F29)					
File Name:	16-H-6498 (F29)					
Test Number:	772					
Operator:	GUNNUR					
Date:	Thu Oct 06 16:04:08 2016					
Calibration						
Run Id:	likromcal					
File:	likromcal.20x					
Segment	Setpoint (C)	Stack delta	HFM Calibration Factor	Interfacial Resistance	Rmin m ² K/W	Rmax m ² K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002						
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002						
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002						
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002						
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						
Mean Sample Temperature:			35.34	(C)		
Sample Thermal Conductivity:			1.156	(W/mK)		
			8.012	(BTU in/h ft ² F)		

EK 77-G3-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

15-H-5840-G3.rsd						
MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE						
Program 2022 - Version 5.0						
Anter Corporation 2008 (C)						
2022 Conductivity Test						
Run Id:	15-H-5840-G3					
File Name:	15-H-5840-G3					
Test Number:	719					
Operator:	G.EROL					
Date:	Mon Nov 23 15:41:19 2015					
Calibration						
Run Id:	likromcal					
File:	likromcal.20x					
Segment	Setpoint (C)	Stack delta	HFM Calibration Factor	Interfacial Resistance	Rmin m ² K/W	Rmax m ² K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002						
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002						
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002						
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002						
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						
Mean Sample Temperature:			37.79	(C)		
Sample Thermal Conductivity:			1.073	(W/mK)		
			7.438	(BTU in/h ft ² F)		

EK 78-G3-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

results	
lambda	1,824 [W/(m·K)]
thermal resistivity	0,55 [(m·K)/W]
std lambda	0,2061 [W/(m·K)]
used parameters	
experiment date	22.Eyl.15 [dd-mm-yy]
experiment time	17:53:20 [hh:mm:ss]
heat time	1200 [s]
heater resistance measurement input	76 [Ω/m]
heater resistance data analysis input	76 [Ω/m]
start interval	33,1 [s]
end interval	99,5 [s]
length of time interval	66,4 [s]
measurement details	
heating power Q	3,9 [W/m]
average sensitivity	[mV/°C]
temperature at start of heating	32,2 [°C]
total sample temperature rise	1,18 [°C]
total T rise in interval	0,2 [°C]



EK 79-Z5-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

16-H-5842-Z5						
MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE						
Program 2022 - Version 5.0						
Anter Corporation 2008 (C)						
2022 Conductivity Test						
Run Id:	16-H-5842-Z5					
File Name:	16-H-5842-Z5					
Test Number:	746					
Operator:	GEROL					
Date:	Thu Aug 25 13:06:16 2016					
Calibration						
Run Id:	likromcal					
File:	likromcal.20x					
Segment	Setpoint	Stack	HFM Calibration	Interfacial	Rmin	Rmax
.	(C)	delta	Factor	Resistance	m²K/W	m²K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002						
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002						
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002						
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002						
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						
Mean Sample Temperature:			37.36	(C)		
Sample Thermal Conductivity:			1.267	(W/mK)		
			8.784	(BTU in/h ft² F)		

EK 80-H32-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE						
Program 2022 - Version 5.0						
Anter Corporation 2008 (C)						
2022 Conductivity Test						
Run Id:	16-H-7562 (H32)					
File Name:	16-H-7562 (H32)					
Test Number:	831					
Operator:	GUNNUR					
Date:	Tue Nov 22 11:54:03 2016					
Calibration						
Run Id:	likromcal					
File:	likromcal.20x					
Segment	Setpoint	Stack	HFM Calibration	Interfacial	Rmin	Rmax
.	(C)	delta	Factor	Resistance	m²K/W	m²K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002						
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002						
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002						
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002						
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						
Mean Sample Temperature: 37.46 (C)						
Sample Thermal Conductivity: 1.270 (W/mK)						
8.802 (BTU in/h ft² F)						

EK 81-L3-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

17-H-6638-RAPOR

MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE
Program 2022 - Version 5.0
Anter Corporation 2008 (C)

2022 Conductivity Test

Run Id: 17-H-6638
File Name: 17-H-6638
Test Number: 982
Operator: OBAYRAM
Date: Fri Oct 27 16:54:01 2017

Calibration
Run Id: likromcal
File: likromcal.20x

Segment	Setpoint (C)	Stack delta	HFM Calibration Factor	Interfacial Resistance	Rmin m²K/W	Rmax m²K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002						
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002						
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002						
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002						
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						

Mean Sample Temperature: 30.94 (C)
Sample Thermal Conductivity: 1.277 (W/mK)
8.856 (BTU in/h ft² F)

EK 82-F21-b Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE						
Program 2022 - Version 5.0						
Anter Corporation 2008 (C)						
2022 Conductivity Test						
Run Id:	16-H-6496 (F21-B)					
File Name:	16-H-6496 (F21-B)					
Test Number:	770					
Operator:	GUNNUR					
Date:	Thu Oct 06 11:57:22 2016					
Calibration						
Run Id:	likromcal					
File:	likromcal.20x					
Segment	Setpoint	Stack	HFM Calibration	Interfacial	Rmin	Rmax
.	(C)	delta	Factor	Resistance	m²K/W	m²K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002						
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002						
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002						
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002						
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						
Mean Sample Temperature:			35.67	(C)		
Sample Thermal Conductivity:			1.283	(W/mK)		
			8.897	(BTU in/h ft² F)		

EK 83-L2-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

17-H-6643-RAPOR

MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE
Program 2022 - Version 5.0
Anter Corporation 2008 (C)

2022 Conductivity Test

Run Id: 17-H-6643
File Name: 17-H-6643
Test Number: 977
Operator: OBAYRAM
Date: Thu Oct 26 15:04:46 2017

Calibration
Run Id: likromcal
File: likromcal.20x

Segment	Setpoint (C)	Stack delta	HFM Calibration Factor	Interfacial Resistance	Rmin m²K/W	Rmax m²K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002						
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002						
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002						
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002						
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						

Mean Sample Temperature: 30.62 (C)
Sample Thermal Conductivity: 1.329 (W/mK)
9.216 (BTU in/h ft² F)

EK 84-O6-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE						
Program 2022 - Version 5.0						
Anter Corporation 2008 (C)						
2022 Conductivity Test						
Run Id:	16-H-6738 (O6)					
File Name:	16-H-6738 (O6)					
Test Number:	793					
Operator:	GUNNUR					
Date:	Mon Oct 24 14:14:54 2016					
Calibration						
Run Id:	likromcal					
File:	likromcal.20x					
Segment	Setpoint	Stack	HFM Calibration	Interfacial	Rmin	Rmax
.	(C)	delta	Factor	Resistance	m²K/W	m²K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002						
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002						
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002						
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002						
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						
Mean Sample Temperature:			36.44	(C)		
Sample Thermal Conductivity:			1.338	(W/mK)		
			9.275	(BTU in/h ft² F)		

EK 85-F41-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

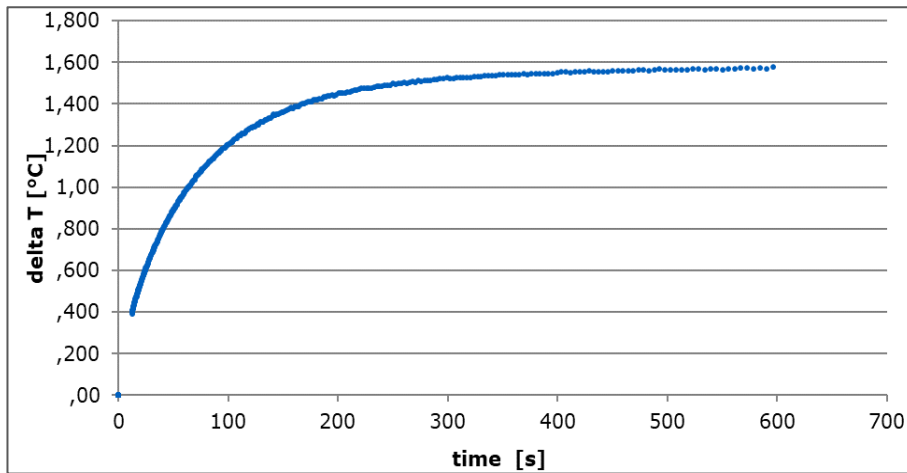
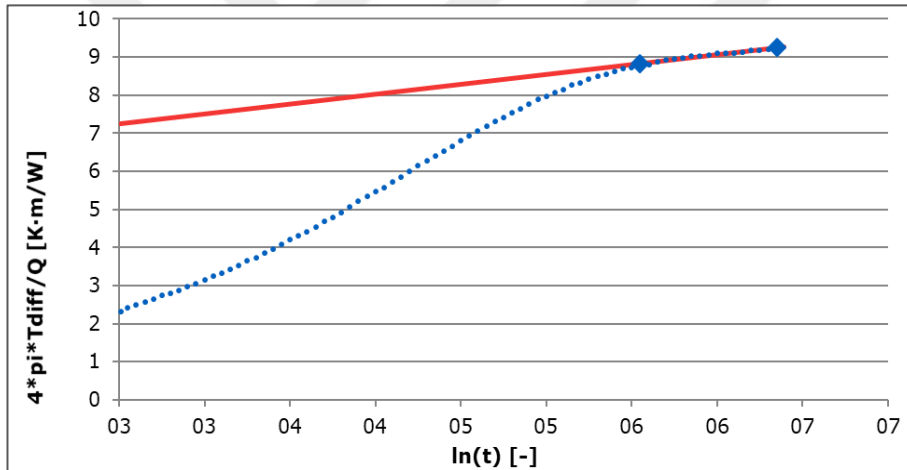
MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE						
Program 2022 - Version 5.0						
Anter Corporation 2008 (C)						
2022 Conductivity Test						
Run Id: 16-H-6737 (F41)						
File Name: 16-H-6737 (F41)						
Test Number: 792						
Operator: GUNNUR						
Date: Mon Oct 24 12:20:13 2016						
Calibration						
Run Id: likromcal						
File: likromcal.20x						
Segment	Setpoint	Stack	HFM Calibration	Interfacial	Rmin	Rmax
.	(C)	delta	Factor	Resistance	m²K/W	m²K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002						
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002						
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002						
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002						
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						
Mean Sample Temperature:			36.41	(C)		
Sample Thermal Conductivity:			1.388	(W/mK)		
			9.625	(BTU in/h ft² F)		

EK 86-L1-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

17-H-6651-RAPOR						
MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE						
Program 2022 - Version 5.0						
Anter Corporation 2008 (C)						
2022 Conductivity Test						
Run Id: 17-H-6651						
File Name: 17-H-6651						
Test Number: 969						
Operator: OBAYRAM						
Date: Tue Oct 24 17:21:56 2017						
Calibration						
Run Id: likromcal						
File: likromcal.20x						
Segment	Setpoint	Stack	HFM	Interfacial	Rmin	Rmax
.	(C)	delta	Calibration	Resistance	m²K/W	m²K/W
.	.	.	Factor	.	.	.
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002						
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002						
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002						
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002						
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						
Mean Sample Temperature:			31.01	(C)		
Sample Thermal Conductivity:			1.402	(W/mK)		
			9.723	(BTU in/h ft² F)		

EK 87-Z13-2-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

results	
lambda	1,913 [W/(m·K)]
thermal resistivity	0,52 [(m·K)/W]
std lambda	0,2552 [W/(m·K)]
used parameters	
experiment date	3.Eyl.16 [dd-mm-yy]
experiment time	13:46:35 [hh:mm:ss]
heat time	600 [s]
heater resistance measurement input	76 [Ω/m]
heater resistance data analysis input	76 [Ω/m]
start interval	257,2 [s]
end interval	572,5 [s]
length of time interval	315,3 [s]
measurement details	
heating power Q	2,1 [W/m]
average sensitivity	[mV/°C]
temperature at start of heating	25,1 [°C]
total sample temperature rise	1,58 [°C]
total T rise in interval	0,1 [°C]



EK 88-F36-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE						
Program 2022 - Version 5.0						
Anter Corporation 2008 (C)						
2022 Conductivity Test						
Run Id:	16-H-6724 (F36)					
File Name:	16-H-6724 (F36)					
Test Number:	781					
Operator:	GUNNUR					
Date:	Wed Oct 19 12:04:31 2016					
Calibration						
Run Id:	likromcal					
File:	likromcal.20x					
Segment	Setpoint	Stack	HFM Calibration	Interfacial	Rmin	Rmax
.	(C)	delta	Factor	Resistance	m²K/W	m²K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002						
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002						
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002						
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002						
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						
Mean Sample Temperature:			37.26	(C)		
Sample Thermal Conductivity:			1.953	(W/mK)		
			13.538	(BTU in/h ft² F)		

EK 89-OF1-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

OF1	3.000	λ (W/mK)	2.0877	2.3126	2.4613
		T_m (°C)	27	29	31
			Ölçüm 4	Ölçüm 5	Ölçüm 6
		λ (W/mK)	2.5687	2.6494	2.6508
		T_m (°C)	31	31	31
		Ortalama (W/mK)	2.4551		

EK 90-OF2-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu İYTE

OF2	3.000	λ (W/mK)	2.0969	2.0681	2.1545
		T_m (°C)	25	28	29
			Ölçüm 4	Ölçüm 5	Ölçüm 6
		λ (W/mK)	2.0499	2.0779	2.0291
		T_m (°C)	29	31	32
		Ortalama (W/mK)	2.0794		

EK 91-S10-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE						
Program 2022 - Version 5.0						
Anter Corporation 2008 (C)						
2022 Conductivity Test						
Run Id:	17-H-6636					
File Name:	17-H-6636					
Test Number:	984					
Operator:	OBAYRAM					
Date:	Mon Oct 30 12:40:18 2017					
Calibration						
Run Id:	likromcal					
File:	likromcal.20x					
Segment	Setpoint	Stack	HFM Calibration	Interfacial	Rmin	Rmax
.	(C)	delta	Factor	Resistance	m²K/W	m²K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002						
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002						
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002						
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002						
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						
Mean Sample Temperature: 30.02 (C)						
Sample Thermal Conductivity: 0.969 (W/mK)						
6.719 (BTU in/h ft² F)						

EK 92-O7-1-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE						
Program 2022 - Version 5.0						
Anter Corporation 2008 (C)						
2022 Conductivity Test						
Run Id: 16-H-6726 (07-1)						
File Name: 16-H-6726 (07-1)						
Test Number: 783						
Operator: GUNNUR						
Date: Wed Oct 19 16:57:33 2016						
Calibration						
Run Id: likromcal						
File: likromcal.20x						
Segment	Setpoint	Stack	HFM Calibration	Interfacial	Rmin	Rmax
.	(C)	delta	Factor	Resistance	m²K/W	m²K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002						
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002						
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002						
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002						
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						
Mean Sample Temperature:			36.06	(C)		
Sample Thermal Conductivity:			1.146	(W/mK)		
			7.943	(BTU in/h ft² F)		

EK 93-O10-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE						
Program 2022 - Version 5.0						
Anter Corporation 2008 (C)						
2022 Conductivity Test						
Run Id:	16-H-6718	[O10]				
File Name:	16-H-6718	[O10]				
Test Number:	775					
Operator:	GUNNUR					
Date:	Mon Oct 17 15:30:21	2016				
Calibration						
Run Id:	likromcal					
File:	likromcal.20x					
Segment	Setpoint	Stack	HFM Calibration	Interfacial	Rmin	Rmax
.	(C)	delta	Factor	Resistance	m²K/W	m²K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002						
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002						
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002						
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002						
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						
Mean Sample Temperature:			36.30	(C)		
Sample Thermal Conductivity:			1.319	(W/mK)		
			9.143	(BTU in/h ft² F)		

EK 94-S8-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE						
Program 2022 - Version 5.0						
Anter Corporation 2008 (C)						
2022 Conductivity Test						
Run Id:	17-H-6650					
File Name:	17-H-6650					
Test Number:	972					
Operator:	OBAYRAM					
Date:	Wed Oct 25 14:58:48	2017				
Calibration						
Run Id:	likromcal					
File:	likromcal.20x					
Segment	Setpoint	Stack	HFM Calibration	Interfacial	Rmin	Rmax
.	(C)	delta	Factor	Resistance	m²K/W	m²K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002						
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002						
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002						
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002						
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						
Mean Sample Temperature:			30.96	(C)		
Sample Thermal Conductivity:			1.336	(W/mK)		
			9.260	(BTU in/h ft² F)		

EK 95-S6-2-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

17-H-6647-RAPOR						
MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE						
Program 2022 - Version 5.0						
Anter Corporation 2008 (C)						
2022 Conductivity Test						
Run Id:	17-H-6647					
File Name:	17-H-6647					
Test Number:	976					
Operator:	OBAYRAM					
Date:	Thu Oct 26 12:55:22 2017					
Calibration						
Run Id:	likromcal					
File:	likromcal.20x					
Segment	Setpoint	Stack	HFM Calibration	Interfacial	Rmin	Rmax
.	(C)	delta	Factor	Resistance	m²K/W	m²K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						
Mean Sample Temperature:			31.39	(C)		
Sample Thermal Conductivity:			1.709	(W/mK)		
			11.846	(BTU in/h ft² F)		

EK 96-O5-2-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE						
Program 2022 - Version 5.0						
Anter Corporation 2008 (C)						
2022 Conductivity Test						
Run Id:	16-H-6741 (05-2)					
File Name:	16-H-6741 (05-2)					
Test Number:	796					
Operator:	GUNNUR					
Date:	Tue Oct 25 13:04:42 2016					
Calibration						
Run Id:	likromcal					
File:	likromcal.20x					
Segment	Setpoint	Stack	HFM Calibration	Interfacial	Rmin	Rmax
.	(C)	delta	Factor	Resistance	m²K/W	m²K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002						
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002						
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002						
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002						
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						
Mean Sample Temperature: 36.84 (C)						
Sample Thermal Conductivity: 1.715 (W/mK)						
11.890 (BTU in/h ft² F)						

EK 97-S7-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

17-H-6637-RAPOR						
MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE						
Program 2022 - Version 5.0						
Anter Corporation 2008 (C)						
2022 Conductivity Test						
Run Id:	17-H-6637					
File Name:	17-H-6637					
Test Number:	983					
Operator:	OBAYRAM					
Date:	Mon Oct 30 10:38:28 2017					
Calibration						
Run Id:	likromcal					
File:	likromcal.20x					
Segment	Setpoint (C)	Stack delta	HFM Calibration Factor	Interfacial Resistance	Rmin m²K/W	Rmax m²K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						
Mean Sample Temperature: 31.50 (C)						
Sample Thermal Conductivity: 1.809 (W/mK)						
12.545 (BTU in/h ft2 F)						

EK 98-S13-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

17-H-6648-RAPOR						
MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE						
Program 2022 - Version 5.0						
Anter Corporation 2008 (C)						
2022 Conductivity Test						
Run Id:	17-H-6648					
File Name:	17-H-6648					
Test Number:	970					
Operator:	OBAYRAM					
Date:	Wed Oct 25 10:39:19 2017					
Calibration						
Run Id:	likromcal					
File:	likromcal.20x					
Segment	Setpoint (C)	Stack delta	HFM Calibration Factor	Interfacial Resistance	Rmin m²K/W	Rmax m²K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						
Mean Sample Temperature: 31.77 (C)						
Sample Thermal Conductivity: 2.094 (W/mK)						
14.517 (BTU in/h ft² F)						

EK 99-Z6-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

16-H-5844-Z6

MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE
Program 2022 - Version 5.0
Anter Corporation 2008 (C)

2022 Conductivity Test

Run Id: 16-H-5844-Z6
File Name: 16-H-5844-Z6
Test Number: 756
Operator: GEROL
Date: Fri Sep 02 11:53:44 2016

Calibration
Run Id: likromcal
File: likromcal.20x

Segment	Setpoint (C)	Stack delta	HFM Calibration Factor	Interfacial Resistance	Rmin m ² K/W	Rmax m ² K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002						
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002						
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002						
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002						
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						

Mean Sample Temperature: 38.61 (C)
Sample Thermal Conductivity: 2.243 (W/mK)
15.552 (BTU in/h ft² F)

EK 100-S2-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

17-H-6649-RAPOR						
MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE						
Program 2022 - Version 5.0						
Anter Corporation 2008 (C)						
2022 Conductivity Test						
Run Id:	17-H-6649					
File Name:	17-H-6649					
Test Number:	971					
Operator:	OBAYRAM					
Date:	Wed Oct 25 12:42:14 2017					
Calibration						
Run Id:	likromcal					
File:	likromcal.20x					
Segment	Setpoint (C)	Stack delta	HFM Calibration Factor	Interfacial Resistance	Rmin m²K/W	Rmax m²K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002						
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002						
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002						
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002						
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						
Mean Sample Temperature:			32.03	(C)		
Sample Thermal Conductivity:			2.243	(W/mK)		
			15.549	(BTU in/h ft² F)		

```

17-H-6640-RAPOR

MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE
Program 2022 - Version 5.0
Anter Corporation 2008 (C)

2022 Conductivity Test

Run Id:      17-H-6640
File Name:   17-H-6640
Test Number: 980
Operator:    OBAYRAM
Date:        Fri Oct 27 12:50:14 2017

Calibration
Run Id:      likromcal
File:        likromcal.20x

Segment Setpoint Stack HFM Calibration Interfacial Rmin Rmax
. (C) delta Factor Resistance m²K/W m²K/W
1 12.12 23.09 7.6742e-003 1.5415e-003 1.2952e-003
2.5123e-002
2 24.76 30.37 6.9290e-003 9.9141e-004 1.2649e-003
2.4892e-002
3 44.78 30.27 6.6058e-003 8.2241e-004 1.2347e-003
2.4636e-002
4 64.61 30.47 6.4125e-003 7.5275e-004 1.2061e-003
2.4385e-002
5 84.47 30.75 6.0582e-003 5.3483e-004 1.1794e-003
2.4139e-002

Mean Sample Temperature: 31.41 (C)
Sample Thermal Conductivity: 1.738 (W/mK)
12.053 (BTU in/h ft² F)

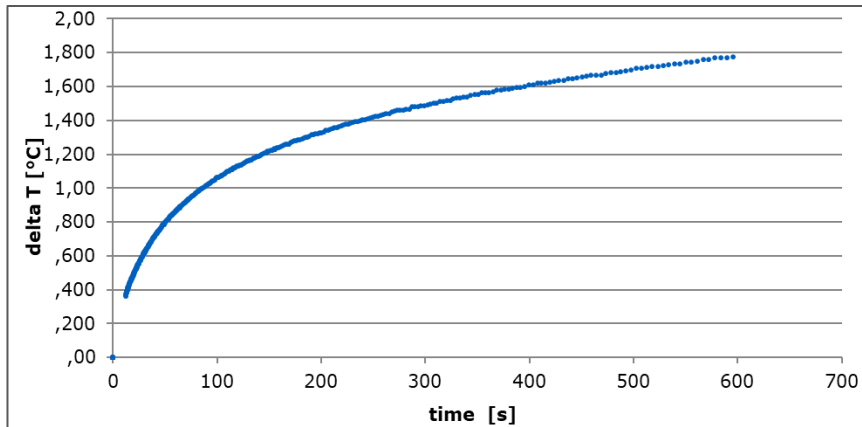
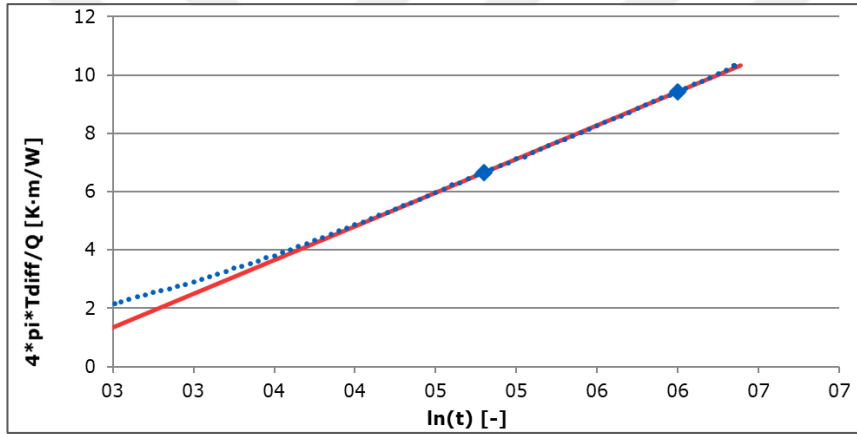
```

results	
lambda	0,364 [W/(m·K)]
thermal resistivity	2,74 [(m·K)/W]
std lambda	0,0092 [W/(m·K)]
used parameters	
experiment date	13.Eyl.15 [dd-mm-yy]
experiment time	16:58:49 [hh:mm:ss]
heat time	1200 [s]
heater resistance measurement input	76 [Ω/m]
heater resistance data analysis input	76 [Ω/m]
start interval	298,9 [s]
end interval	572,5 [s]
length of time interval	273,6 [s]
measurement details	
heating power Q	2,1 [W/m]
average sensitivity	[mV/°C]
temperature at start of heating	37,8 [°C]
total sample temperature rise	2,72 [°C]
total T rise in interval	0,3 [°C]



EK 103-O4-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

results	
lambda	0,433 [W/(m·K)]
thermal resistivity	2,31 [(m·K)/W]
std lambda	0,0131 [W/(m·K)]
used parameters	
experiment date	9.Eki.16 [dd-mm-yy]
experiment time	13:24:38 [hh:mm:ss]
heat time	600 [s]
heater resistance measurement input	76 [Ω/m]
heater resistance data analysis input	76 [Ω/m]
start interval	121,5 [s]
end interval	403,4 [s]
length of time interval	281,9 [s]
measurement details	
heating power Q	2,1 [W/m]
average sensitivity	[mV/°C]
temperature at start of heating	14,3 [°C]
total sample temperature rise	1,78 [°C]
total T rise in interval	0,5 [°C]



EK 104-H14-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE						
Program 2022 - Version 5.0						
Anter Corporation 2008 (C)						
2022 Conductivity Test						
Run Id:	16-H-7556 (H14)					
File Name:	16-H-7556 (H14)					
Test Number:	827					
Operator:	GUNNUR					
Date:	Mon Nov 21 09:21:20 2016					
Calibration						
Run Id:	likromcal					
File:	likromcal.20x					
Segment	Setpoint	Stack	HFM Calibration	Interfacial	Rmin	Rmax
.	(C)	delta	Factor	Resistance	m²K/W	m²K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002						
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002						
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002						
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002						
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						
Mean Sample Temperature:	35.75		(C)			
Sample Thermal Conductivity:	0.723		(W/mK)			
	5.012		(BTU in/h ft² F)			

EK 105-O2-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE						
Program 2022 - Version 5.0						
Anter Corporation 2008 (C)						
2022 Conductivity Test						
Run Id: 16-H-6740 (O2)						
File Name: 16-H-6740 (O2)						
Test Number: 795						
Operator: GUNNUR						
Date: Tue Oct 25 10:02:43 2016						
Calibration						
Run Id: likromcal						
File: likromcal.20x						
Segment	Setpoint	Stack	HFM Calibration	Interfacial	Rmin	Rmax
.	(C)	delta	Factor	Resistance	m²K/W	m²K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002						
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002						
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002						
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002						
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						
Mean Sample Temperature:			35.23	(C)		
Sample Thermal Conductivity:			1.091	(W/mK)		
			7.565	(BTU in/h ft² F)		

EK 106-C7-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

15-H-5874-C7.rsd

MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE *EK 7*
Program 2022 - Version 5.0
Anter Corporation 2008 (C)

2022 Conductivity Test

Run Id: 15-H-5874-C7
File Name: 15-H-5874-C7
Test Number: 716
Operator: SERHAN
Date: Fri Nov 20 10:55:11 2015

Calibration
Run Id: likromcal
File: likromcal.20x

Segment	Setpoint (C)	Stack delta	HFM Calibration Factor	Interfacial Resistance	Rmin m ² K/W	Rmax m ² K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002						
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002						
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002						
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002						
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						

Mean Sample Temperature: 30.02 (C)
Sample Thermal Conductivity: 1.215 (W/mK)
8.423 (BTU in/h ft2 F)

EK 107-Z5-2-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

16-H-5836-Z5-2

MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE
Program 2022 - Version 5.0
Anter Corporation 2008 (C)

2022 Conductivity Test

Run Id: 16-H-5836-Z5-2
File Name: 16-H-5836-Z5-2
Test Number: 744
Operator: GEROL
Date: Wed Aug 24 11:33:07 2016

Calibration
Run Id: likromcal
File: likromcal.20x

Segment	Setpoint (C)	Stack delta	HFM Calibration Factor	Interfacial Resistance	Rmin m²K/W	Rmax m²K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002						
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002						
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002						
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002						
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						

Mean Sample Temperature: 37.23 (C)
Sample Thermal Conductivity: 1.327 (W/mK)
9.202 (BTU in/h ft2 F)

EK 108-O7-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE						
Program 2022 - Version 5.0						
Anter Corporation 2008 (C)						
2022 Conductivity Test						
Run Id:	16-H-6735 (07)					
File Name:	16-H-6735 (07)					
Test Number:	791					
Operator:	GUNNUR					
Date:	Mon Oct 24 10:16:36 2016					
Calibration						
Run Id:	likromcal					
File:	likromcal.20x					
Segment	Setpoint (C)	Stack delta	HFM Calibration Factor	Interfacial Resistance	Rmin m²K/W	Rmax m²K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002						
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002						
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002						
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002						
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						
Mean Sample Temperature: 36.57 (C)						
Sample Thermal Conductivity: 1.667 (W/mK)						
11.558 (BTU in/h ft² F)						

EK 109-Z6-2-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

16-H-5847-Z6-2						
MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE						
Program 2022 - Version 5.0						
Anter Corporation 2008 (C)						
2022 Conductivity Test						
Run Id:	16-H-5847-Z6-2					
File Name:	16-H-5847-Z6-2					
Test Number:	751					
Operator:	GEROL					
Date:	Mon Aug 29 17:08:54 2016					
Calibration						
Run Id:	likromcal					
File:	likromcal.20x					
Segment	Setpoint (C)	Stack delta	HFM Calibration Factor	Interfacial Resistance	Rmin m²K/W	Rmax m²K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002						
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002						
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002						
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002						
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						
Mean Sample Temperature: 37.41 (C)						
Sample Thermal Conductivity: 1.395 (W/mK)						
9.668 (BTU in/h ft² F)						

EK 110-F4-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE						
Program 2022 - Version 5.0						
Anter Corporation 2008 (C)						
2022 Conductivity Test						
Run Id:	16-H-6721 (F4)					
File Name:	16-H-6721 (F4)					
Test Number:	778					
Operator:	GUNNUR					
Date:	Tue Oct 18 14:29:48 2016					
Calibration						
Run Id:	likromcal					
File:	likromcal.20x					
Segment	Setpoint (C)	Stack delta	HFM Calibration Factor	Interfacial Resistance	Rmin m ² K/W	Rmax m ² K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002						
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002						
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002						
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002						
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						
Mean Sample Temperature: 36.85 (C)						
Sample Thermal Conductivity: 1.665 (W/mK)						
11.541 (BTU in/h ft ² F)						

EK 111-ZO2-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE						
Program 2022 - Version 5.0						
Anter Corporation 2008 (C)						
2022 Conductivity Test						
Run Id:	16-H-6729 (F4-1(ZO2))					
File Name:	16-H-6729 (F4-1(Z					
Test Number:	817					
Operator:	GUNNUR					
Date:	Wed Nov 09 10:20:13 2016					
Calibration						
Run Id:	likromcal					
File:	likromcal.20x					
Segment	Setpoint (C)	Stack delta	HFM Calibration Factor	Interfacial Resistance	Rmin m ² K/W	Rmax m ² K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002						
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002						
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002						
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002						
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						
Mean Sample Temperature: 36.83 (C)						
Sample Thermal Conductivity: 1.758 (W/mK)						
12.189 (BTU in/h ft ² F)						

EK 112-Z8-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

16-H-5845-Z8						
MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE						
Program 2022 - Version 5.0						
Anter Corporation 2008 (C)						
2022 Conductivity Test						
Run Id: 16-H-5845-Z8						
File Name: 16-H-5845-Z8						
Test Number: 752						
Operator: GEROL						
Date: Wed Aug 31 11:21:47 2016						
Calibration						
Run Id: likromcal						
File: likromcal.20x						
Segment	Setpoint	Stack	HFM Calibration	Interfacial	Rmin	Rmax
.	(C)	delta	Factor	Resistance	m²K/W	m²K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002						
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002						
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002						
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002						
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						
Mean Sample Temperature: 38.49 (C)						
Sample Thermal Conductivity: 1.946 (W/mK)						
13.493 (BTU in/h ft² F)						

EK 113-H35-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

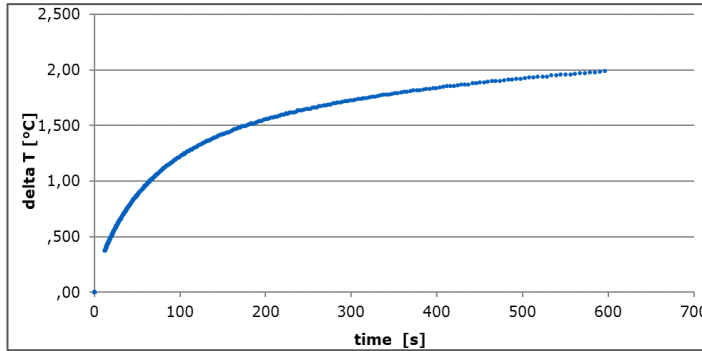
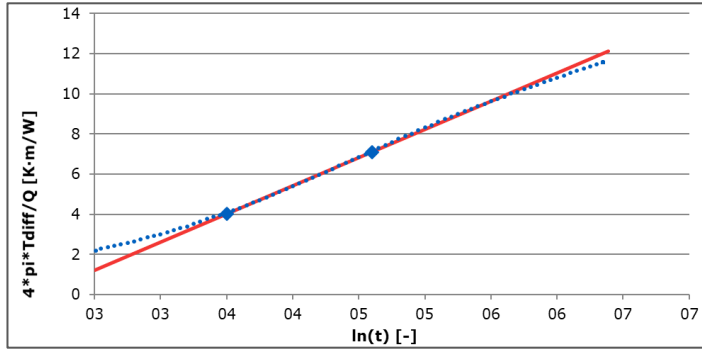
MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE						
Program 2022 - Version 5.0						
Anter Corporation 2008 (C)						
2022 Conductivity Test						
Run Id:	16-M-7566 (H35)					
File Name:	16-M-7566 (H35)					
Test Number:	835					
Operator:	GUNNUR					
Date:	Mon Nov 28 13:05:18 2016					
Calibration						
Run Id:	likromcal					
File:	likromcal.20x					
Segment	Setpoint	Stack	HFM Calibration	Interfacial	Rmin	Rmax
.	(C)	delta	Factor	Resistance	m²K/W	m²K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002						
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002						
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002						
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002						
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						
Mean Sample Temperature: 38.55 (C)						
Sample Thermal Conductivity: 2.119 (W/mK)						
14.689 (BTU in/h ft² F)						

EK 114-HY-2-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

Örnek Adı	I (Watt)	Ölçüm birimi	Ölçüm 1	Ölçüm 2	Ölçüm 3
HY2	4.000	λ (W/mK)	2.7468	2.8376	2.8221
		T_m (°C)	28	29	30
			Ölçüm 4	Ölçüm 5	Ölçüm 6
		λ (W/mK)	2.7978	2.8075	2.8249
		T_m (°C)	31	32	33
		Ortalama (W/mK)	2.8061		

EK 115-O5-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

results	
lambda	0,356 [W/(m·K)]
thermal resistivity	2,81 [(m·K)/W]
std lambda	0,0088 [W/(m·K)]
used parameters	
experiment date	9.Eki.16 [dd-mm-yy]
experiment time	14:22:24 [hh:mm:ss]
heat time	600 [s]
heater resistance measurement input	76 [Ω/m]
heater resistance data analysis input	76 [Ω/m]
start interval	33,1 [s]
end interval	99,5 [s]
length of time interval	66,4 [s]
measurement details	
heating power Q	2,1 [W/m]
average sensitivity	[mV/°C]
temperature at start of heating	20,7 [°C]
total sample temperature rise	1,99 [°C]
total T rise in interval	0,5 [°C]



EK 116-O1-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

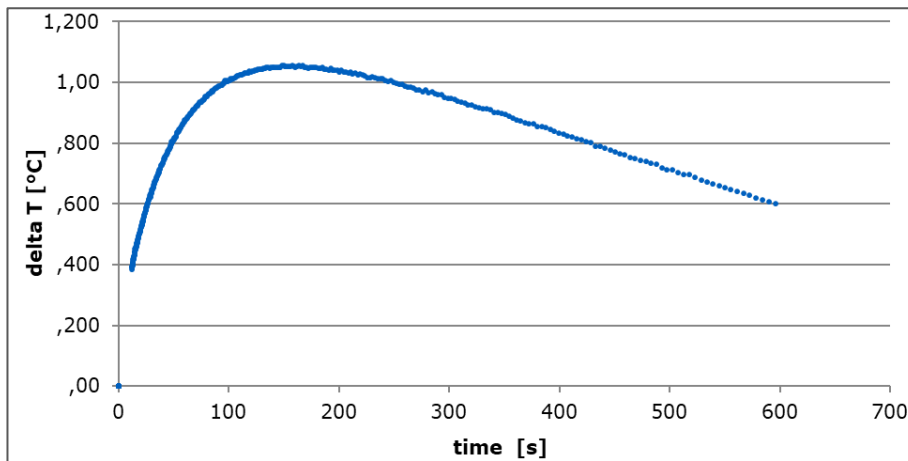
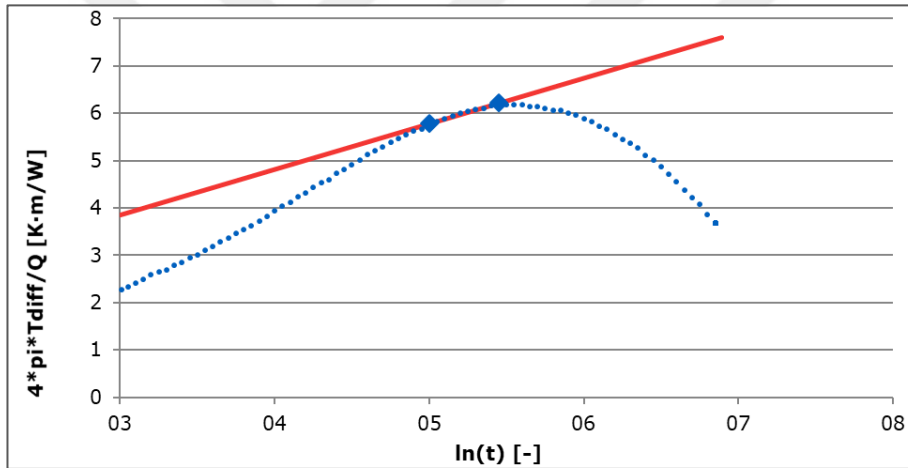
MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE						
Program 2022 - Version 5.0						
Anter Corporation 2008 (C)						
2022 Conductivity Test						
Run Id:	16-M-6739 (01)					
File Name:	16-M-6739 (01)					
Test Number:	794					
Operator:	GUNNUR					
Date:	Mon Oct 24 16:46:52 2016					
Calibration						
Run Id:	likromcal					
File:	likromcal.20x					
Segment	Setpoint	Stack	HFM Calibration	Interfacial	Rmin	Rmax
.	(C)	delta	Factor	Resistance	m²K/W	m²K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002						
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002						
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002						
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002						
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						
Mean Sample Temperature:			35.24	(C)		
Sample Thermal Conductivity:			0.852	(W/mK)		
			5.909	(BTU in/h ft² F)		

EK 117-O8-1-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE						
Program 2022 - Version 5.0						
Anter Corporation 2008 (C)						
2022 Conductivity Test						
Run Id:	16-H-6717 (08-1)					
File Name:	16-H-6717 (08-1)					
Test Number:	774					
Operator:	GUNNUR					
Date:	Mon Oct 17 12:25:10 2016					
Calibration						
Run Id:	likromcal					
File:	likromcal.20x					
Segment	Setpoint	Stack	HFM Calibration	Interfacial	Rmin	Rmax
.	(C)	delta	Factor	Resistance	m²K/W	m²K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002						
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002						
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002						
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002						
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						
Mean Sample Temperature:			35.49	(C)		
Sample Thermal Conductivity:			0.993	(W/mK)		
			6.887	(BTU in/h ft² F)		

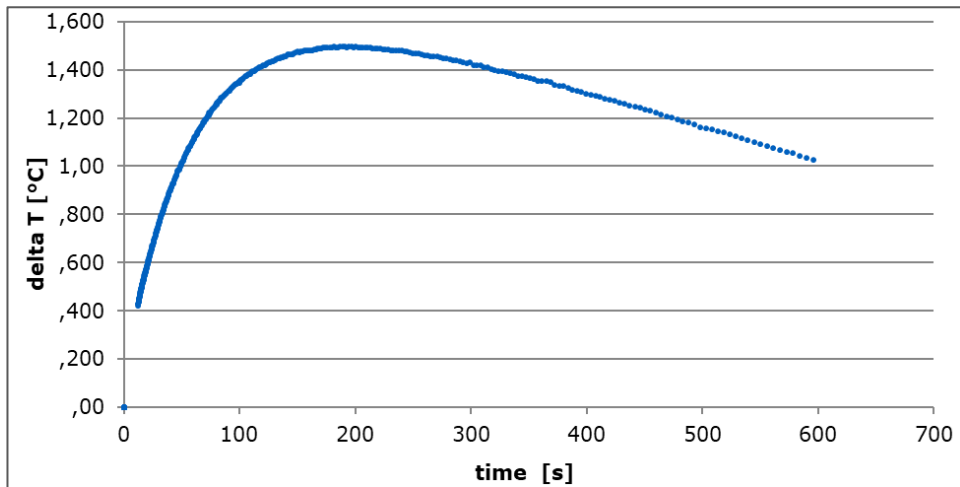
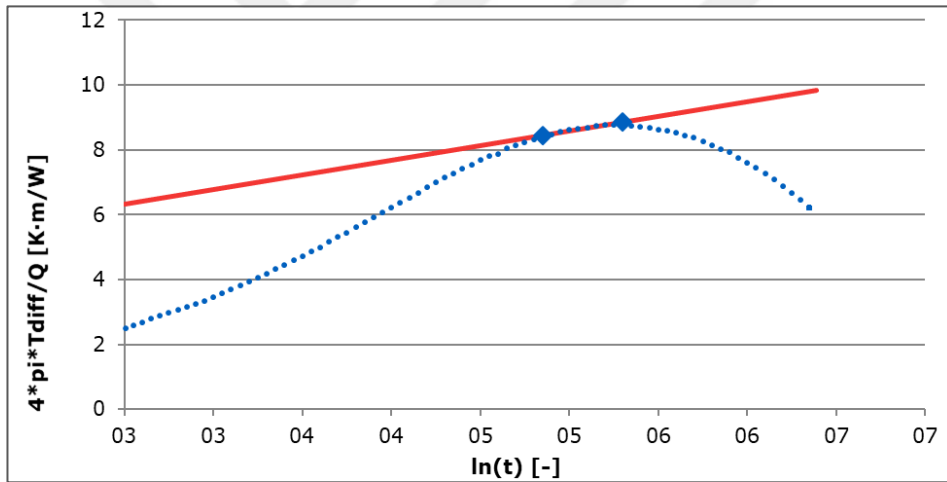
EK 118-Z15-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

results	
lambda	1,038 [W/(m·K)]
thermal resistivity	0,96 [(m·K)/W]
std lambda	0,0752 [W/(m·K)]
used parameters	
experiment date	3.Eyl.16 [dd-mm-yy]
experiment time	20:23:20 [hh:mm:ss]
heat time	600 [s]
heater resistance measurement input	76 [Ω/m]
heater resistance data analysis input	76 [Ω/m]
start interval	90,0 [s]
end interval	141,2 [s]
length of time interval	51,2 [s]
measurement details	
heating power Q	2,1 [W/m]
average sensitivity	[mV/°C]
temperature at start of heating	36,9 [°C]
total sample temperature rise	1,06 [°C]
total T rise in interval	0,1 [°C]



EK 119-Z19-1-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

results	
lambda	1,109 [W/(m·K)]
thermal resistivity	0,90 [(m·K)/W]
std lambda	0,0858 [W/(m·K)]
used parameters	
experiment date	3.Eyl.16 [dd-mm-yy]
experiment time	18:16:56 [hh:mm:ss]
heat time	600 [s]
heater resistance measurement input	76 [Ω/m]
heater resistance data analysis input	76 [Ω/m]
start interval	127,7 [s]
end interval	200,3 [s]
length of time interval	72,6 [s]
measurement details	
heating power Q	2,1 [W/m]
average sensitivity	[mV/°C]
temperature at start of heating	38,7 [°C]
total sample temperature rise	1,50 [°C]
total T rise in interval	0,1 [°C]



EK 120-H34-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE						
Program 2022 - Version 5.0						
Anter Corporation 2008 (C)						
2022 Conductivity Test						
Run Id:	16-H-7559 (H34)					
File Name:	16-H-7559 (H34)					
Test Number:	829					
Operator:	GUNNUR					
Date:	Mon Nov 21 14:55:03 2016					
Calibration						
Run Id:	likromcal					
File:	likromcal.20x					
Segment	Setpoint	Stack	HFM Calibration	Interfacial	Rmin	Rmax
.	(C)	delta	Factor	Resistance	m²K/W	m²K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002						
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002						
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002						
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002						
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						
Mean Sample Temperature:			38.09	(C)		
Sample Thermal Conductivity:			1.239	(W/mK)		
			8.590	(BTU in/h ft² F)		

EK 121-H13-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE						
Program 2022 - Version 5.0						
Anter Corporation 2008 (C)						
2022 Conductivity Test						
Run Id:		16-H-7570 (H13)				
File Name:		16-H-7570 (H13)				
Test Number:		837				
Operator:		GUNNUR				
Date:		Tue Nov 29 09:06:55 2016				
Calibration						
Run Id:		likromcal				
File:		likromcal.20x				
Segment	Setpoint	Stack	HFM Calibration	Interfacial	Rmin	Rmax
.	(C)	delta	Factor	Resistance	m²K/W	m²K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002						
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002						
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002						
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002						
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						
Mean Sample Temperature:			37.79	(C)		
Sample Thermal Conductivity:			1.359	(W/mK)		
			9.423	(BTU in/h ft2 F)		

EK 122-L6-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

17-H-6641-RAPOR						
MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE						
Program 2022 - Version 5.0						
Anter Corporation 2008 (C)						
2022 Conductivity Test						
Run Id:	17-H-6641					
File Name:	17-H-6641					
Test Number:	981					
Operator:	OBAYRAM					
Date:	Fri Oct 27 14:52:10 2017					
Calibration						
Run Id:	likromcal					
File:	likromcal.20x					
Segment	Setpoint	Stack	HFM Calibration	Interfacial	Rmin	Rmax
.	(C)	delta	Factor	Resistance	m²K/W	m²K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002						
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002						
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002						
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002						
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						
Mean Sample Temperature: 30.95 (C)						
Sample Thermal Conductivity: 1.359 (W/mK)						
9.425 (BTU in/h ft2 F)						

EK 123-HY5-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

Örnek Adı	I (Watt)	Ölçüm birimi	Ölçüm 1	Ölçüm 2	Ölçüm 3
HY5	3.000	λ (W/mK)	1.4824	1.4533	1.4234
		T _m (°C)	28	28	30
			Ölçüm 4	Ölçüm 5	Ölçüm 6
		λ (W/mK)	1.4559	1.4664	1.478
		T _m (°C)	31	32	34
		Ortalama (W/mK)	1.4599		

EK 124-O8-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE						
Program 2022 - Version 5.0						
Anter Corporation 2008 (C)						
2022 Conductivity Test						
Run Id:	16-H-6719 (08)					
File Name:	16-H-6719 (08)					
Test Number:	776					
Operator:	GUNNUR					
Date:	Tue Oct 18 10:17:40 2016					
Calibration						
Run Id:	likromcal					
File:	likromcal.20x					
Segment	Setpoint	Stack	HFM Calibration	Interfacial	Rmin	Rmax
.	(C)	delta	Factor	Resistance	m²K/W	m²K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002						
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002						
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002						
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002						
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						
Mean Sample Temperature:			36.28	(C)		
Sample Thermal Conductivity:			1.619	(W/mK)		
			11.225	(BTU in/h ft² F)		

EK 125-H31-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE						
Program 2022 - Version 5.0						
Anter Corporation 2008 (C)						
2022 Conductivity Test						
Run Id: 16-H-7573 (H31)						
File Name: 16-H-7573 (H31)						
Test Number: 838						
Operator: GUNNUR						
Date: Tue Nov 29 11:05:52 2016						
Calibration						
Run Id: likromcal						
File: likromcal.20x						
Segment	Setpoint	Stack	HFM Calibration	Interfacial	Rmin	Rmax
.	(C)	delta	Factor	Resistance	m²K/W	m²K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002						
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002						
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002						
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002						
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						
Mean Sample Temperature:			38.51	(C)		
Sample Thermal Conductivity:			1.668	(W/mK)		
			11.562	(BTU in/h ft² F)		

EK 126-Z11-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

16-H-5850-Z11						
MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE						
Program 2022 - Version 5.0						
Anter Corporation 2008 (C)						
2022 Conductivity Test						
Run Id:	16-H-5850-Z11					
File Name:	16-H-5850-Z11					
Test Number:	754					
Operator:	GEROL					
Date:	Thu Sep 01 12:08:02 2016					
Calibration						
Run Id:	likromcal					
File:	likromcal.20x					
Segment	Setpoint (C)	Stack delta	HFM Calibration Factor	Interfacial Resistance	Rmin m²K/W	Rmax m²K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002						
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002						
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002						
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002						
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						
Mean Sample Temperature: 37.80 (C)						
Sample Thermal Conductivity: 1.695 (W/mK)						
11.752 (BTU in/h ft² F)						

EK 127-ZO3-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE						
Program 2022 - Version 5.0						
Anter Corporation 2008 (C)						
2022 Conductivity Test						
Run Id:	16-H-6736 (O-3 [ZO-3])					
File Name:	16-H-6736					
Test Number:	818					
Operator:	GUNNUR					
Date:	Wed Nov 09 12:08:15 2016					
Calibration						
Run Id:	likromcal					
File:	likromcal.20x					
Segment	Setpoint	Stack	HFM Calibration	Interfacial	Rmin	Rmax
.	(C)	delta	Factor	Resistance	m²K/W	m²K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002						
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002						
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002						
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002						
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						
Mean Sample Temperature:			37.15	(C)		
Sample Thermal Conductivity:			1.723	(W/mK)		
			11.948	(BTU in/h ft² F)		

EK 128-09-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE						
Program 2022 - Version 5.0						
Anter Corporation 2008 (C)						
2022 Conductivity Test						
Run Id: 16-M-6728 (09)						
File Name: 16-M-6728 (09)						
Test Number: 785						
Operator: GUNHUR						
Date: Thu Oct 20 12:46:52 2016						
Calibration						
Run Id: likromcal						
File: likromcal.20x						
Segment	Setpoint	Stack	HFM Calibration	Interfacial	Rmin	Rmax
.	(C)	delta	Factor	Resistance	m²K/W	m²K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002						
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002						
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002						
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002						
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						
Mean Sample Temperature:			37.13	(C)		
Sample Thermal Conductivity:			1.869	(W/mK)		
			12.958	(BTU in/h ft² F)		

EK 129-HY4-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

Örnek Adı	I (Watt)	Ölçüm birimi	Ölçüm 1	Ölçüm 2	Ölçüm 3
HY4	2.000	λ (W/mK)	2.0469	2.063	2.0129
		T_m (°C)	32	32	32
			Ölçüm 4	Ölçüm 5	Ölçüm 6
		λ (W/mK)	2.2061	2.0847	2.1704
		T_m (°C)	32	32	33
		Ortalama (W/mK)	2.0973		

EK 130-HY3-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

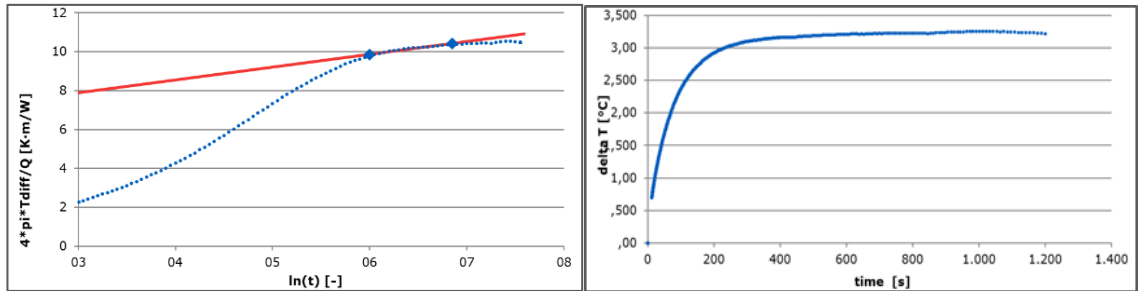
Örnek Adı	I (Watt)	Ölçüm birimi	Ölçüm 1	Ölçüm 2	Ölçüm 3
HY3	3.000	λ (W/mK)	2.1172	2.1622	2.1379
		T_m (°C)	26	28	29
			Ölçüm 4	Ölçüm 5	Ölçüm 6
		λ (W/mK)	2.1111	2.2049	2.2243
		T_m (°C)	29	30	31
		Ortalama (W/mK)	2.1596		

EK 131-KZ-1-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

Örnek Adı	I (Watt)	Ölçüm birimi	Ölçüm 1	Ölçüm 2	Ölçüm 3
KZ1	3.000	λ (W/mK)	2.1375	2.4187	2.5058
		T_m (°C)	27	30	31
			Ölçüm 4	Ölçüm 5	Ölçüm 6
		λ (W/mK)	2.5623	2.5506	2.5037
		T_m (°C)	32	33	33
		Ortalama (W/mK)	2.4464		

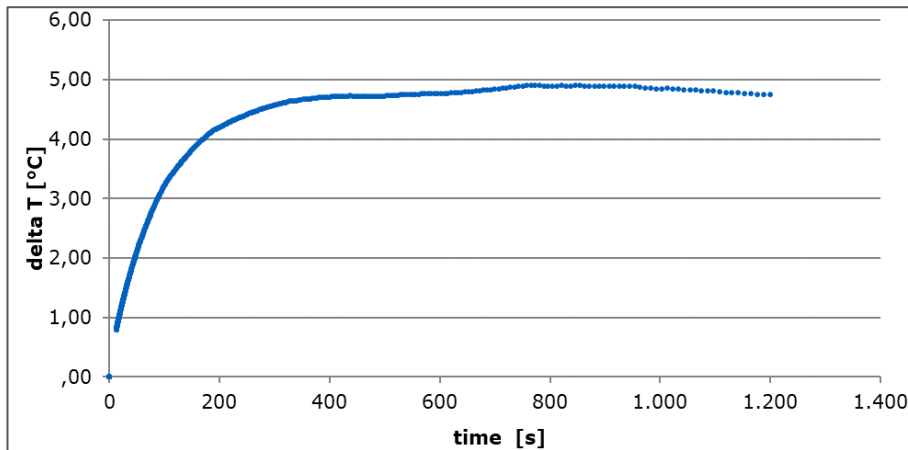
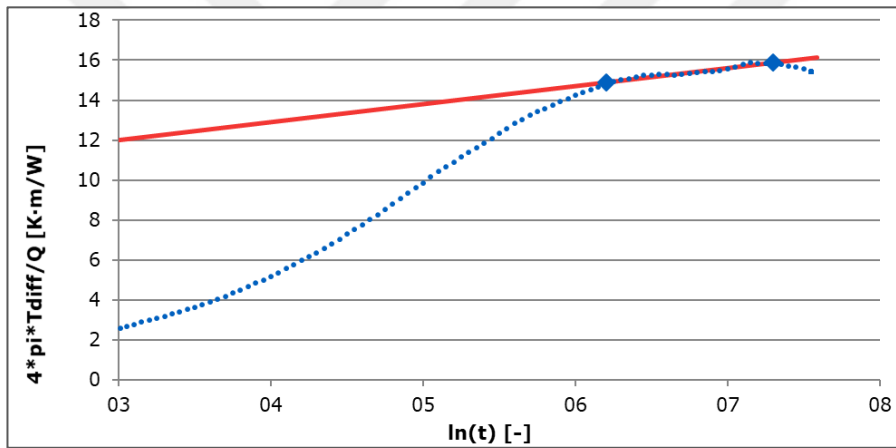
EK 132-12-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

results	
lambda	1,514 [W/(m·K)]
thermal resistivity	0,66 [(m·K)/W]
std lambda	0,1420 [W/(m·K)]
used parameters	
experiment date	27.Ağu.15 [dd-mm-yy]
experiment time	11:09:36 [hh:mm:ss]
heat time	1200 [s]
heater resistance measurement input	76 [Ω/m]
heater resistance data analysis input	76 [Ω/m]
start interval	244,7 [s]
end interval	572,5 [s]
length of time interval	327,8 [s]
measurement details	
heating power Q	3,9 [W/m]
average sensitivity	[mV/°C]
temperature at start of heating	29,2 [°C]
total sample temperature rise	3,26 [°C]
total T rise in interval	0,2 [°C]



EK 133-14-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

results	
lambda	1,104 [W/(m·K)]
thermal resistivity	0,91 [(m·K)/W]
std lambda	0,0755 [W/(m·K)]
used parameters	
experiment date	27.Ağu.15 [dd-mm-yy]
experiment time	12:11:39 [hh:mm:ss]
heat time	1200 [s]
heater resistance measurement input	76 [Ω/m]
heater resistance data analysis input	76 [Ω/m]
start interval	298,9 [s]
end interval	897,8 [s]
length of time interval	599,0 [s]
measurement details	
heating power Q	3,9 [W/m]
average sensitivity	[mV/°C]
temperature at start of heating	32,7 [°C]
total sample temperature rise	4,91 [°C]
total T rise in interval	0,3 [°C]



EK 134-Y1-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

16-H-5832-Y1

MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE
Program 2022 - Version 5.0
Anter Corporation 2008 (C)

2022 Conductivity Test

Run Id: 16-H-5832-Y1
File Name: 16-H-5832-Y1
Test Number: 759
Operator: GEROL
Date: Mon Sep 05 15:01:43 2016

Calibration
Run Id: likromcal
File: likromcal.20x

Segment	Setpoint (C)	Stack delta	HFM Calibration Factor	Interfacial Resistance	Rmin m²K/W	Rmax m²K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002						
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002						
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002						
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002						
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						

Mean Sample Temperature: 36.19 (C)
Sample Thermal Conductivity: 0.961 (W/mK)
6.660 (BTU in/h ft² F)

EK 135-Ka-2-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE						
Program 2022 - Version 5.0						
Anter Corporation 2008 (C)						
2022 Conductivity Test						
Run Id: 16-H-7567 (Ka-2)						
File Name: 16-H-7567 (Ka-2)						
Test Number: 836						
Operator: GUNNUR						
Date: Mon Nov 28 16:04:22 2016						
Calibration						
Run Id: likromcal						
File: likromcal.20x						
Segment	Setpoint	Stack	HFM Calibration	Interfacial	Rmin	Rmax
.	(C)	delta	Factor	Resistance	m²K/W	m²K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002						
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002						
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002						
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002						
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						
Mean Sample Temperature: 37.14 (C)						
Sample Thermal Conductivity: 0.970 (W/mK)						
6.725 (BTU in/h ft² F)						

EK 136-Y6-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

16-H-5831-Y6						
MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE						
Program 2022 - Version 5.0						
Anter Corporation 2008 (C)						
2022 Conductivity Test						
Run Id:	16-H-5831-Y6					
File Name:	16-H-5831-Y6					
Test Number:	755					
Operator:	GEROL					
Date:	Thu Sep 01 15:10:52 2016					
Calibration						
Run Id:	likromcal					
File:	likromcal.20x					
Segment	Setpoint (C)	Stack delta	HFM Calibration Factor	Interfacial Resistance	Rmin m²K/W	Rmax m²K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002						
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002						
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002						
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002						
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						
Mean Sample Temperature: 36.25 (C)						
Sample Thermal Conductivity: 1.018 (W/mK)						
7.059 (BTU in/h ft2 F)						

EK 137-Y8-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

16-H-5834-Y8						
MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE						
Program 2022 - Version 5.0						
Anter Corporation 2008 (C)						
2022 Conductivity Test						
Run Id:	16-H-5834-Y8					
File Name:	16-H-5834-Y8					
Test Number:	761					
Operator:	GEROL					
Date:	Thu Sep 08 13:15:55 2016					
Calibration						
Run Id:	likromcal					
File:	likromcal.20x					
Segment	Setpoint (C)	Stack delta	HFM Calibration Factor	Interfacial Resistance	Rmin m²K/W	Rmax m²K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002						
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002						
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002						
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002						
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						
Mean Sample Temperature:			36.62	(C)		
Sample Thermal Conductivity:			1.152	(W/mK)		
			7.984	(BTU in/h ft² F)		

EK 138-S11-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

17-H-6639-RAPOR						
MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE						
Program 2022 - Version 5.0						
Anter Corporation 2008 (C)						
2022 Conductivity Test						
Run Id:	17-H-6639					
File Name:	17-H-6639					
Test Number:	979					
Operator:	OBAYRAM					
Date:	Fri Oct 27 10:30:34 2017					
Calibration						
Run Id:	likromcal					
File:	likromcal.20x					
Segment	Setpoint (C)	Stack delta	HFM Calibration Factor	Interfacial Resistance	Rmin m²K/W	Rmax m²K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002						
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002						
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002						
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002						
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						
Mean Sample Temperature: 30.35 (C)						
Sample Thermal Conductivity: 1.233 (W/mK)						
8.552 (BTU in/h ft² F)						

EK 139-Ka-1-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE						
Program 2022 - Version 5.0						
Anter Corporation 2008 (C)						
2022 Conductivity Test						
Run Id:	16-H-7565 (Ka-1)					
File Name:	16-H-7565 (Ka-1)					
Test Number:	834					
Operator:	GUNHUR					
Date:	Mon Nov 28 09:22:01 2016					
Calibration						
Run Id:	likromcal					
File:	likromcal.20x					
Segment	Setpoint (C)	Stack delta	HFM Calibration Factor	Interfacial Resistance	Rmin m²K/W	Rmax m²K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002						
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002						
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002						
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002						
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						
Mean Sample Temperature: 37.23 (C)						
Sample Thermal Conductivity: 1.258 (W/mK)						
8.719 (BTU in/h ft² F)						

EK 140-Y7-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

16-H-5833-Y7

MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE
Program 2022 - Version 5.0
Anter Corporation 2008 (C)

2022 Conductivity Test

Run Id: 16-H-5833-Y7
File Name: 16-H-5833-Y7
Test Number: 749
Operator: GEROL
Date: Fri Aug 26 14:49:45 2016

Calibration
Run Id: likromcal
File: likromcal.20x

Segment	Setpoint (C)	Stack delta	HFM Calibration Factor	Interfacial Resistance	Rmin m²K/W	Rmax m²K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						

Mean Sample Temperature: 37.30 (C)
Sample Thermal Conductivity: 1.335 (W/mK)
9.254 (BTU in/h ft² F)

EK 141-S5-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

17-H-6642-RAPOR						
MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE						
Program 2022 - Version 5.0						
Anter Corporation 2008 (C)						
2022 Conductivity Test						
Run Id:		17-H-6642				
File Name:		17-H-6642				
Test Number:		978				
Operator:		OBAYRAM				
Date:		Thu Oct 26 17:15:07 2017				
Calibration						
Run Id:		likromcal				
File:		likromcal.20x				
Segment	Setpoint (C)	Stack delta	HFM Calibration Factor	Interfacial Resistance	Rmin m²K/W	Rmax m²K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						
Mean Sample Temperature:			31.80	(C)		
Sample Thermal Conductivity:			1.945	(W/mK)		
			13.484	(BTU in/h ft² F)		

EK 142-GR2-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

Örnek Adı	I (Watt)	Ölçüm birimi	Ölçüm 1	Ölçüm 2	Ölçüm 3
GR-2	4.000	λ (W/mK)	2.0896	2.1377	2.1615
		T_m (°C)	25	26	28
			Ölçüm 4	Ölçüm 5	Ölçüm 6
		λ (W/mK)	2.2459	2.3014	2.2706
		T_m (°C)	31	32	33

EK 143-Y5-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

16-H-5838-Y5						
MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE						
Program 2022 - Version 5.0						
Anter Corporation 2008 (C)						
2022 Conductivity Test						
Run Id:	16-H-5838-Y5					
File Name:	16-H-5838-Y5					
Test Number:	747					
Operator:	GEROL					
Date:	Thu Aug 25 15:04:10 2016					
Calibration						
Run Id:	likromcal					
File:	likromcal.20x					
Segment	Setpoint (C)	Stack delta	HFM Calibration Factor	Interfacial Resistance	Rmin m²K/W	Rmax m²K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						
Mean Sample Temperature:			39.24 (C)			
Sample Thermal Conductivity:			2.238 (W/mK)			
			15.515 (BTU in/h ft² F)			

EK 144-GR-4-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

Örnek Adı	I (Watt)	Ölçüm birimi	Ölçüm 1	Ölçüm 2	Ölçüm 3
GR-4	4.000	λ (W/mK)	2.7923	2.5869	2.6747
		T_m (°C)	32	30	31
			Ölçüm 4	Ölçüm 5	Ölçüm 6
		λ (W/mK)	3.0635	2.9304	2.9948
		T_m (°C)	33	30	30
		Ortalama (W/mK)	2.8404		

EK 145-İGN1-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

Örnek Adı	I (Watt)	Ölçüm birimi	Ölçüm 1	Ölçüm 2	Ölçüm 3
İgn-1	4.000	λ (W/mK)	2.7729	2.8014	2.8715
		T_m (°C)	26	28	29
			Ölçüm 4	Ölçüm 5	Ölçüm 6
		λ (W/mK)	3.0439	3.0555	2.9949
		T_m (°C)	30	30	31
		Ortalama (W/mK)	2.9234		

EK 146-GB1-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

Örnek Adı	I (Watt)	Ölçüm birimi	Ölçüm 1	Ölçüm 2	Ölçüm 3
GB-1	3.000	λ (W/mK)	1.858	2.1352	2.0385
		T_m (°C)	30	32	33
			Ölçüm 4	Ölçüm 5	Ölçüm 6
		λ (W/mK)	2.5629	2.4734	2.5232
		T_m (°C)	27	28	28
		Ortalama (W/mK)	2.2652		

EK 147-GR-1-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

Örnek Adı	I (Watt)	Ölçüm birimi	Ölçüm 1	Ölçüm 2	Ölçüm 3
GR-1	4.000	λ (W/mK)	3.4417	3.7397	3.7786
		T_m (°C)	29	31	30
			Ölçüm 4	Ölçüm 5	Ölçüm 6
		λ (W/mK)	3.934	3.9803	3.792
		T_m (°C)	31	31	31
		Ortalama (W/mK)	3.7777		

EK 148-TR-1-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

Örnek Adı	I (Watt)	Ölçüm birimi	Ölçüm 1	Ölçüm 2	Ölçüm 3
TR1	3.000	λ (W/mK)	1.588	1.6598	1.7204
		T_m (°C)	27	30	30
			Ölçüm 4	Ölçüm 5	Ölçüm 6
		λ (W/mK)	1.8738	1.8862	1.8603
		T_m (°C)	30	30	30
		Ortalama (W/mK)	1.7648		

EK 149-Y2-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

16-H-5839-Y2

MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE
Program 2022 - Version 5.0
Anter Corporation 2008 (C)

2022 Conductivity Test

Run Id: 16-H-5839-Y2
File Name: 16-H-5839-Y2
Test Number: 764
Operator: GEROL
Date: Mon Sep 19 13:12:40 2016

Calibration
Run Id: likromcal
File: likromcal.20x

Segment	Setpoint (C)	Stack delta	HFM Calibration Factor	Interfacial Resistance	Rmin m ² K/W	Rmax m ² K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002						
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002						
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002						
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002						
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						

Mean Sample Temperature: 36.01 (C)
Sample Thermal Conductivity: 1.004 (W/mK)
6.960 (BTU in/h ft² F)

EK 150-M1-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

Örnek Adı	I (Watt)	Ölçüm birimi	Ölçüm 1	Ölçüm 2	Ölçüm 3
M1	6.000	λ (W/mK)	2.7182	2.7735	2.8017
		T_m (°C)	24	27	28
			Ölçüm 4	Ölçüm 5	Ölçüm 6
		λ (W/mK)	2.8232	2.8237	2.844
		T_m (°C)	29	31	31
		Ortalama (W/mK)	2.7974		

EK 151-M2-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

Örnek Adı	I (Watt)	Ölçüm birimi	Ölçüm 1	Ölçüm 2	Ölçüm 3
M2	6.000	λ (W/mK)	2.8221	2.8497	2.7955
		T_m (°C)	26	28	30
			Ölçüm 4	Ölçüm 5	Ölçüm 6
		λ (W/mK)	2.8814	2.897	2.8336
		T_m (°C)	30	32	33
		Ortalama (W/mK)	2.8466		

EK 152-MR5-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

Örnek Adı	I (Watt)	Ölçüm birimi	Ölçüm 1	Ölçüm 2	Ölçüm 3
Mr5	6.000	λ (W/mK)	2.7909	2.8525	2.874
		T_m (°C)	26	28	30
			Ölçüm 4	Ölçüm 5	Ölçüm 6
		λ (W/mK)	2.9067	2.9602	2.8986
		T_m (°C)	31	32	34
		Ortalama (W/mK)	2.8805		

EK 153-MR6-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

Mr6	6.000	λ (W/mK)	2.9388	2.9356	2.9933
		T_m (°C)	27	29	30
			Ölçüm 4	Ölçüm 5	Ölçüm 6
		λ (W/mK)	2.7989	2.7745	2.8838
		T_m (°C)	25	28	29
		Ortalama (W/mK)	2.8875		

EK 154-MR7-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

Mr7	6.000	λ (W/mK)	2.5338	2.9832	3.1288
		T_m (°C)	27	32	34
			Ölçüm 4	Ölçüm 5	Ölçüm 6
		λ (W/mK)	3.0553	3.0327	3.1153
		T_m (°C)	31	32	33
		Ortalama (W/mK)	2.9749		

EK 155-M3-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

M3	6.000	λ (W/mK)	3.4981	3.4565	3.4481
		T_m (°C)	26	28	29
			Ölçüm 4	Ölçüm 5	Ölçüm 6
		λ (W/mK)	3.468	3.5362	3.5573
		T_m (°C)	29	30	30
		Ortalama (W/mK)	3.4940		

EK 156-Y3-b-Nolu Örnek Termal İletkenlik analiz sonucu

16-H-5841-Y3-Bp						
MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE						
Program 2022 - Version 5.0						
Anter Corporation 2008 (C)						
2022 Conductivity Test						
Run Id: 16-H-5841-Y3-Bp						
File Name: 16-H-5841-Y3-Bp						
Test Number: 745						
Operator: GEROL						
Date: Wed Aug 24 14:31:39 2016						
Calibration						
Run Id: likromcal						
File: likromcal.20x						
Segment	Setpoint	Stack	HFM Calibration	Interfacial	Rmin	Rmax
.	(C)	delta	Factor	Resistance	m²K/W	m²K/W
1	12.12	23.09	7.6742e-003	1.5415e-003	1.2952e-003	
2.5123e-002						
2	24.76	30.37	6.9290e-003	9.9141e-004	1.2649e-003	
2.4892e-002						
3	44.78	30.27	6.6058e-003	8.2241e-004	1.2347e-003	
2.4636e-002						
4	64.61	30.47	6.4125e-003	7.5275e-004	1.2061e-003	
2.4385e-002						
5	84.47	30.75	6.0582e-003	5.3483e-004	1.1794e-003	
2.4139e-002						
Mean Sample Temperature: 34.15 (C)						
Sample Thermal Conductivity: 0.505 (W/mK)						
3.502 (BTU in/h ft² F)						

EK 157-Ankara İli Kaya Termal İletkenlikleri Haritası



EK 158-İstanbul İli Kaya Termal İletkenlikleri Haritası



EK 159-Ankara İli Karşılaştırmalı Isı Değişim Potansiyeli Haritaları



EK 160-İstanbul İli Karşılaştırmalı Isı Değişim Potansiyeli Haritaları



**EK 161-Ankara İli Güncel Isıtma ve Soğutma Sezonu Isı Değişimi Potansiyel
Haritaları**



**EK 162-İstanbul İli Güncel Isıtma ve Soğutma Sezonu Isı Değişimi Potansiyel
Haritaları**



EK 163-Ankara İli Jeoloji Haritası



EK 164-İstanbul İli Jeoloji Haritası



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Ayşegül Emine Çetin

Doğum Yeri : Uluborlu/Isparta

Doğum Tarihi : 04.12.1964

Yabancı Dil:

- İngilizce (İleri Düzey)
- Hollandaca (A2)
- Fransızca (A1)

EĞİTİM DURUMU (Kurum-Yıl)

Lise : Ankara Atatürk Lisesi (1980)

Lisans : Dokuz Eylül Üniversitesi-Jeoloji Mühendisliği (1991)

Yüksek Lisans :

- Hacettepe Üniversitesi-Fen Bilimleri Enstitüsü-Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı (Hidrojeoloji) (2006)
- İşletme Yönetimi-Hasan Kalyoncu Üniversitesi (2012)

MESLEKİ DENEYİM

- 2020-2012 arası İller Bankası A.Ş. Üstyapı Uygulama Dairesi, Belediye ve kurum hizmet binalarının ısıtma ve soğutma ihtiyaçlarının “Yer Kaynaklı Isı Pompası” projelerinin uygulamasında tasarım ve kurulum kontrol mühendisliği. İller Bankası İstanbul-Ataşehir Bölge binası yer kaynaklı ısı pompası sistemi kurulumu tasarım ve kurulum kontrol mühendisliği.
- 2012-1997 İller Bankası A.Ş. Yeraltı Etütleri Dairesi. Belediyelerin jeotermal enerji taleplerinin karşılanması için çok sayıda jeotermal araştırma ve sondaj çalışmalarının yürütülmesi ve yeni sahaların bulunması.

Seçili çalışmalar:

- Alaşehir (Manisa), 2011, sıcaklık 250 °C, 20 m³/saat (buhar + sıcak su)
- Güre (Balıkesir), 2008, sıcaklık 55 °C, verim 30 l/s
- Seydişehir (Konya), 2006, sıcaklık 49 °C verim 200 l/s

Yeni Sahalar:

- Çamlıdere(Ankara), 2006, 42,3 °C, verim: 10 l/s,
- Kazan (Ankara), 2011, sıcaklık 47 °C, verim 20 l/s
- Uşak (Merkez)-Karaağaç, 2010, sıcaklık 48,2 °C, verim: 200 l
- Özbek köyü-Erzurum, 2011, sıcaklık 38 °C, verim 20 l/s

- 1990-1993 arası Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Türkiye’nin farklı bölgelerinde heyelan etütlerinin yapılması

- 1987-1990 arası AY-SON sondaj firması, hidrojeolojik değerlendirme raporlarının hazırlanması

YAYINLAR

Hakemli Dergiler

- **Çetin, A.** Apaydın, A., Paksoy, H.O, 2019. Groundwater thermal Energy Use: Technical and Legal Assesment of the situation in Europe and Turkey, Technical Bulletin of DSI, 2019 Shallow Geothermal Energy, Mining and Technical Exploration General Directorate Journal, 2019
- **Çetin, A.**,2019, Sığ Jeotermal Enerji, Doğal Kaynaklar Dergisi, Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü Journal, ISBN-978-605-9516-62-4
- **Çetin, A.**, Kadioglu, Y.K., 2018. Underground thermal heat storage and ground source heat pump activities in Turkey Web sitesi <https://doi.org/10.1016/j.solener.2018.12.055>
- **Çetin, A.** Kadioglu, Y., Paksoy, H.O, Iller Bank Atasehir Building Ground Source Heat Pump System And Thermal Response Test Case Study. Bulgarian Chemical Communications, 48(E), 27-30. Bulgaria, 2016
- **Çetin, A.**, Şimşek, Ş. Hydrogeology of Ayas, Karakaya, Ilıcakoy (Ayas) hot water, Applied Engineering, Hacettepe University, 2010

Hakemsiz Dergiler

- **Çetin, A.**, 2019, Bina Temellerinden Gelen Enerji, Iller Bank Dergisi, Sayı 32019 İller Bankası Dergisi (Only Turkish), 3. Sayı, 2019
- **Çetin, A.**, 2019, Sığ Jeotermal Sistemler, İller Bankası Dergisi, Sayı 1

Uluslararası Kongre Sunum

- **Çetin, A.**, 2010. Hydrogeology of Ayas, Karakaya, Ilıcakoy hot waters, World Geothermal Congress, Bali 2010
- **Çetin, A.**, Paksoy, H.O. 2013. Shallow Geothermal Applications in Turkey, EGE2013, Pisa, Italy,
- **Cetin, A.** 2019. Sığ Jeotermal Sistemler Dünya ve Türkiye Uygulamaları, International Scientific Congress Kocaeli University 2019

ULUSLAR ARASI PROJELER

- IEA-ECES Annex27-Enhancing Total Quality of The Borehole Heat Exchanger in Designing, Installing and Monitoring Stage-Tamamlandı
- IEA-ECES Annex34/55-Comfort and Climate Box-Devam ediyor
- IEA-ECES Annex38-Deicing and Snow melting with Ground source on infrastructures-Devam ediyor

SERTİFİKA PROGRAMLARI VE KURSLAR

Örgün

- Kaya düşmesi uygulamalarının bilgisayar programı ile analizi, JMO, Ankara, 2019
- Zemin etütleri sıvılaşma-bilgisayar programları ile analizi, JMO, Ankara, 2019
- Enerji Jeo-yapılarının Analizi ve Tasarımı, Ecole Polytechnique Federale Lausanne (EPFL), İsviçre, 2019
- Çatılara Güneş enerjisi kurulumu, GÜNDER, 2018
- Avrupa Birliği Proje Hazırlama ve Yazma Kursu, Şile, İstanbul, 2018
- Yenilenebilir Enerji Sistem Yatırımlarının Fizibilitesi, Dünya Enerji Türk Milli Komitesi, 2012
- Sığ Jeotermal Enerji Sistemlerinin Tasarımı, Brüksel, Belçika, 2011
- İller Bankasının Jeotermal Enerji Kapasitenin Artırılması Projesi- European Project- Exergia, Ankara, 2011
- Çevresel Etki Değerlendirmesi, Jeoloji Mühendisleri Odası (JMO), Ankara, 2006
- Arc-GIS-Coğrafi Bilgi Sistemi, 2006, Ankara
- Jeotermal Sondaj, JMO, 2006, Ankara, Türkiye, 2006
- Uygulamalı Hidrojeoloji, Ankara, Türkiye, 2005
- İngilizce, TÖMER, Ankara, Türkiye, 1997
- IBEM-Basic Bilgisayar Programlama, İzmir, Türkiye, 1990

Online

- HVAC Tasarım Temelleri-TTMD Online kurs, Mart 2020
- Learn Dutch Online-Udemy,2020
- What is an Energy Model, Heatspring, 2020
- Advanced English Upgrade, Udemy, 2020
- Coğrafi Bilgi Sistemleri (Arc-GIS, NetCAD), Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2019
- Profesyonel İngilizce konuşma, Georgia Technical University-Coursera-2019
- Finans ve Muhasebe, International Business and Management Institute, Almanya, 2019
- Jeotermal HVAC Tasarımı: Bina yüklerinden kuyu alanının tasarımına, Heatspring-2018
- Introduction Heat Transfer, Udemy, 2018
- English Grammer and Punctuation, Cousera, 2017
- İngilizce Konuşma, Konuşarak Öğren, 2010