

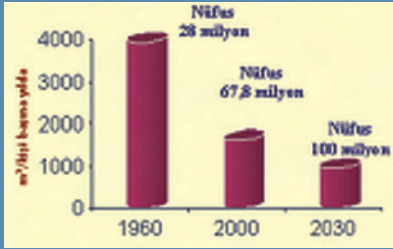


## YERALTI SULARI

Tek bir yerküre var ve varlığımız ona bağlı. Dahası, insanın Dünya üzerindeki baskın konumu nedeniyle, yerküre üzerindeki yaşamın korunması sorumluluğu da bize ait. Buna karşın, bütün bilimsel araştırmalar, ölçümler ve doğrudan gözlediğimiz değişimler, Dünyamızın yaşanılır olmaktan hızla uzaklaştığını gösteriyor. Son yıllardaki yerüstü ve yeraltı sularının azalması ve büyük kentlerdeki su sıkıntıları bunun basit örnekleridir. Ne yapıp edip yerküre ve yerkürenin yaşam üzerindeki rolü toplumlara anlatılmalıdır. Birleşmiş Milletler (BM) bu nedenle Uluslararası Yer Yılı'nı organize etmiştir. 2007-2009 arasındaki üç yıl boyunca her ülke kendi toplumunu eğitecektir. Aynı amaç doğrultusunda, UNESCO Türkiye Milli Komisyonu Yerbilimleri İhtisas Komitesi, TÜBİTAK'ın desteğiyle Yer Yılı organizasyonunun belirlediği on temel konuda eğitici yayınlar yapmaktadır. Asıl amaç sorunlara yönelik kamuoyunda "farkındalık" yaratmaktır. Uluslararası Yer Yılı'nın ana temalarından biri de yeraltısulardır.

## Kimin Ne Suyu Var?

Dünya'nın %70'i suyla kaplı, ancak bunun %97,5'i okyanuslardaki ve denizlerdeki tuzlu sudan oluşuyor. Geriye kalan %2,5'lik tatlı suyun %1,5'i kutup bölgelerinde ve buzullarda bulunuyor. İnsanların doğrudan yararlanabileceği yerüstü ve yeraltı tatlı su rezervi Dünya su rezervinin yalnızca %1'i kadar. Ülkeler de su varlıklarına göre gruplara ayrılıyor. Kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı yılda 1000 m<sup>3</sup>'ten az olan ülkelere su fakiri, 2000 m<sup>3</sup>'ten az olanlara su azlığı çeken ve 8000-10.000 m<sup>3</sup>'ten daha çok olanlarsa su zengini deniyor.



Türkiye'nin nüfus artışına bağlı yılda kişi başına düşen su miktarındaki azalış  
(<http://www.dsi.gov.tr>)

Ülkemiz 2000 yılında 67,8 milyon nüfusuyla "su azlığı" yaşayan ülkeler arasındayken, nüfusun 100 milyon olması durumunda "su fakiri" sınıfındaki ülkelere girme adaydır. Bu nedenle var olan su kaynaklarından, akılcı yaklaşım ve bilimsel yöntemlerle, koruma alanları belirlenerek, kirletilmeden ve uygun verimde, aşırı işletmeye gitmeden yararlanılmalıdır.

Türkiye toprakları (780.000 km<sup>2</sup>) yılda ortalama 643 mm yağış alıyor. Bu veriye göre, toplam yıllık yağış miktarının 501.109 m<sup>3</sup> olacağı, bunun 274.109 m<sup>3</sup>'ünün buharlaştığı, 186.109 m<sup>3</sup>'ünün yüzeysel akış haline geldiği, 41.109 m<sup>3</sup>'ünün de yeraltına süzüldüğü tahmin ediliyor. Kullanılabilir yüzey suyu miktarı 98.109 m<sup>3</sup> ve yıllık çekilebilir yeraltı suyu da 14.109 m<sup>3</sup>. Sonuç olarak yıllık toplam kullanılabilir su miktarı net 112.109 m<sup>3</sup> olarak hesaplanıyor.

Türkiye'de tatlı suların %72'si tarımda, %18'i evlerde, %10'u da sanayide kullanılıyor. Avrupa'daysa

bu oran sulamada %33, sanayide %51 ve içme ve kullanımda %16 olarak dağılım gösteriyor. Kişi başı yıllık tüketim ABD'de 380 litre, Almanya'da 129 litre, Türkiye'deyse 111 litre'dir.

Ülkemiz için yukarıda verilen bilgilerin güncellenerek yeniden değerlendirilmesi ve suların kullanımı için bir plan yapılması gerekiyor. Akdeniz Bölgesi kıyılarında (Özellikle Antalya ve Mersin dolayları) doğrudan denize boşalan çok sayıda denizaltı tatlı su kaynağı bulunuyor. Derin tatlı su akiferlerimizin (yeraltı sularını taşıyan geçirimsiz katman) durumu henüz net olarak bilinmiyor. Bu akiferlerde araştırma sondajları yapılarak su potansiyelini belirlemeye yönelik veriler elde edilmelidir. Ayrıca akarsu ve akiferlerimizden sınır aşan sularımızın varlığı da denetimimiz altında olmalıdır. Bütün bunlar ve burada değinilmeyen başka kaynaklar da değerlendirildiğinde, ülkemizin kişi başına düşen su miktarında kayda değer bir artış beklenebilir.

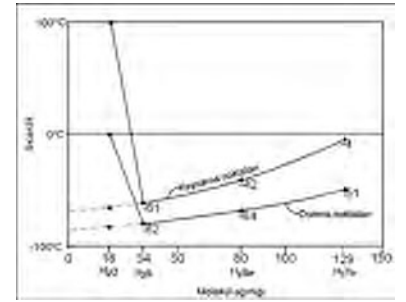
## Doğada Suyun Dönüşümü - Hidrolojik Çevrim

Doğadaki suyun miktarı değişmemekle birlikte, suyun bulunduğu ortam ve fiziksel yapısı değişebilir. Okyanuslardan, denizlerden ve akarsulardan atmosfer koşullarına bağlı olarak buharlaşan, su ve bitkilerden terlemeyle atmosfere yükselen su buharı atmosferde yoğunlaşarak yağmur ve kar olarak yeniden yeryüzüne düşer. Yüksek bölgelerde kar ve buz şeklinde depolanma olurken, daha düşük bölgelerde yağmurlar doğrudan akışa geçebilir. Kar ve buzların erimesiyle oluşan sularla yağmur sularının bir bölümü yüzeysel akış yapar, bir bölümü buharlaşır ve bir bölümü de süzülür. Geçirimsiz kuşaklardan süzülen suların bir bölümü yeraltı su-

yuna ulaşabilir. Yeraltında depolanan akım halindeki bu canlı sular, tatlı su kaynakları olarak kendilerini gösterebilecekleri gibi doğrudan bir acı/tatlı su gölüne ya da denize de ulaşabilir. Bu şekilde hidrolojik döngü tamamlanmış olur.



Doğada suyun dönüşümü (hidrolojik çevrim)



Bileşiklerin molekül ağırlığı-sıcaklık ilişkisi

## Uluslararası Yer Yılı Kimin Eseri?

Fikir olarak başlangıcı Uluslararası Jeolojik Bilimler Birliği'nin (IUGS) 2001'de yaptığı Uluslararası Yer Yılı oluşturma çağrısına dayanıyor.

Öneri BM tarafından hemen benimsenmiş ve UNESCO-IUGS ortak girişimi haline getirilerek desteklenmiştir.



## Suyun Yapısı Çok Basit AmaŞaşırtıcı

Su molekülü (H<sub>2</sub>O) doğal koşullar altında gaz halinde bulunan hidrojen ve oksijen elementlerinden oluşur. İki hidrojen atomu ortada yer alan oksijen atomuna 104,5°lik bir açıyla bağlandığından su molekülünün asimetrik bir yapısı vardır. Su molekülleri birbirlerine tutunarak su molekül zincirlerini oluşturur. Ayrıca hidrojen atomlarının güçlü çekim kuvveti nedeniyle, su kendisine eşdeğer büyüklükteki moleküllerin hepsinden daha geniş bir sıcaklık aralığında sıvı

halde kalabilir. Normal koşullar altında (25°C) sıvı halde bulunan suyun donma noktası 0°C, kaynama noktası da 100°C'dur. Su molekülünün molekül ağırlığı H<sub>2</sub>S, H<sub>2</sub>Se ve H<sub>2</sub>Te bileşiklerinden daha düşük olmasına karşın, yapısı nedeniyle donma ve kaynama noktaları bunlardan daha yüksektir. Ayrıca iki değer arasındaki fark daha büyüktür. Su, molekül yapısı nedeniyle yerküre üzerinde her sıcaklıkta buharlaşır ve üç halde de (sıvı, katı, gaz) bulunabilir.



İskilip Taybi Ovası'ndan Kızılırmak



Sakarya Nehri (Beyazarı güneyi)

## Sürdürülebilir Kalkınma

Sürdürülebilir kalkınma kavramı, ekonomik arz politikalarıyla doğal kaynakların sürekliliğini ve birlikteliğini isteyen bir gelişme sürecini tanımlar. Bu kavram, çevrenin sürdürülebilirliği ve korunması politikalarını destekleyenlerle ekonomik kalkınmaya öncelik verenler arasındaki mücadeleden doğmuştur. Çevreciler, ekonomik kalkınmanın gerekli olduğunu kabul eder ancak çevreye karşı bir ekonomik kalkınmayı benimsememez. Ayrıca ekonomik durgunluğun var olan çevresel koruma çabalarını da olumsuz etkilediğini vurgularlar.

Ekonomik kalkınmayı savunanlarsa, sürdürülebilir bir ekonomi için çevresel varlıkların korunmasıyla sermayenin korunması arasında paralellik görür. Yaşayabilir bir ekonomi ya da ekonominin yaşaması, sermayede zamanla azalmaya yol açmaksızın devam etmesine bağlıdır. Benzer biçimde nüfus, ekonominin bir çeşit sermayesidir, ancak ekosistemin kaldırabileceği bir büyüklükte olmalıdır. Yeraltı ve yerüstü sularıysa sürdürülebilir kalkınmanın temel taşlarıdır.



Yeşilirmak (Amasya'dan)



Kireçtaşlarında lapyalar (Seydişehir)



Devrek Çayı

## Tatlı Sular



Mayıs 1999 ManavgatŞelalesi



Ağustos 2005 ManavgatŞelalesi

Doğal su kaynaklarını, yeraltı suyunun yüzeye ulaşmış bölümü sayarsak, kullanılabilir tatlı su kaynaklarının başlıcası akarsulardır diyebiliriz. Türkiye sınırları içinde çok sayıda akarsu vardır. Bunlar Karadeniz, Akdeniz, Marmara ve Ege denizlerine boşalır. Türkiye sınırları içinde toplam 26 farklı drenaj havzası (su tutma havzası) yer alır. Bunlar arasında en önemlileri Kızılırmak, Yeşilirmak, Fırat, Ceyhan, Konya ve Van Gölü kapalı havzalarıdır. Havzalara düşen yağış yıldan yıla değiştiği gibi, havzadan havzaya da farklılık gösterir. Doğu Karadeniz Bölgesi'ndeki yağış yılda 2500 mm'dir; İç Anadolu Bölgesi'nde ise yılda 300 mm gibi çok düşük bir değerdedir. Türkiye'nin, Avrupa ülkelerine göre yüksek bir hidroelektrik gücü vardır. Hidroelektrik enerji potansiyelimiz 125.000 GWh/yıl, kurulu kapasitemiz de 35.000 MW'tır.

Ankara'ya içme ve kullanma suyu sağlamak amacıyla ilk olarak 1936'da Çubuk-I barajı kurulmuştur. Ülkemizin en uzun akarsuyu olan Kızılırmak üzerinde 8 baraj bulunur. 2007'de Ankara'da yaşanan su sorunu nedeniyle Kızılırmak'tan Ankara'ya su getirme çalışmaları acilen başlatıldı ve bu yıl Mayıs ayında proje yürürlüğe girdi. Ne var ki Ankara'da Kızılırmak'ın su kalitesiyle ilgili çekinceler yaşanıyor. Gün geçtikçe bununla ilgili sorunlar ortaya

çıkabilir. Bir başka tehlikeyse, Kızılırmak'tan su çekilmesi nedeniyle ırmağın debisinin azalacak, akış rejiminin değişecek ve bazı çevresel sorunların ortaya çıkacak olmasıdır. Yüzeysel suları yeraltı sularıyla çok yakından ilişkilidir. Debinin azalması akarsuyun daha kolay kirlenmesine ve yeraltı sularını besleyemez hale gelmesine ya da daha az beslemesine neden olabilir.

Irmaklarımızın genel durumuna bir göz atacak olursak ilginç tablo- larla karşılaşırız. Kızılırmak ve Sakarya gibi akarsular, İç Anadolu Bölgesi'nin evaporitik kayaların (deniz suyunun buharlaşması sonucunda çökelen tuz kayaları) yıkanmasıyla gelen acı ve tuzlu suları da içerir. Bu nedenle su kaliteleri de düşük olabilir. Ayrıca zaman zaman bu ırmakların, kentlerin kanalizasyon ve sanayi atıklarıyla kirlenmesi, insan kaynaklı kirlenmelerle de kirlenmesine yol açıyor.

Yeşilirmak Köse Dağları'ndan doğar ve Tokat ile Amasya illerinden geçerek Çarşamba Deltası'ndan (Samsun) Karadeniz'e dökülür. Karadeniz'e dökülen bir başka ırmağımız da Devrek Çayı'dır.

Manavgat Irmağı Toros Dağları'nın güney eteklerinden karstik kaynaklarla doğar ve Akdeniz'e boşalır. Bu kaynaklardan biri olan Dumanlı Kaynağı dünyanın tek noktadan boşalan en büyük karstik kay-

nağıdır . Bu ırmak üzerinde Oymapınar ve Manavgat Barajları yer alır.

Sınır aşan akarsularımızdan Fırat üzerinde ülkemizin en önemli barajlarından olan Atatürk Barajı yer alır. 1995 yılında kurulan bu barajın kurulu gücü 2400 MW'tır ve yılda 8900 GWh enerji üretir. Çevresel problemler zaman zaman Fırat ırmağını da tehdit etmiş, bulanık akmasına neden olmuştur. Bu sorunların giderilmesi için Fırat havzasında çok disiplinli çalışmaların yapılması gerekir.

Akarsularımızın üzerinde doğal güzellikler ve elaleler dışında tarihi kalıntılar da bulunur. Tarih boyunca Anadolu'da yerleşmiş olan medeniyetler su kullanımı nedeniyle akarsu kenarlarını yeğlemişlerdir.



Erzincan'da Fırat Nehri



## Yeraltı Suları

Yeraltı suyu taşıyan geçirimli kayalara akifer denir. Akiferler sıg ve derin konumda olabilir. Yüzeysel sularıyla doğrudan ilişkili olan yağış sularının süzöldüğü kuşaklarda serbest akiferler yer alır. Üzeri geçirimsiz tabakalarla örtölü olan, basınçlı su içeren akiferlere basınçlı akifer denir. Kayaç türüne bağılı olarak yeraltı suyu içeren ve Türkiye’de yaygın olan iki tip akifer bulunur. Bunlar alüvyon ovalardaki akiferlerle karstik kireçtaşılarının bulunduğu alanlardaki akiferlerdir. Karstik kireçtaşıları Türkiye yüzey alanının yaklaşık 1/3’ünü kapsar. Karstik kireçtaşılarından yüksek debide kaynaklar boşalır. Kaynakların boşalımı düşük bölgelerde olabildiğı gibi, Akdeniz kıyıları boyunca bazı noktalarda denizaltı kaynağı olarak da yer alır.



Dipsiz Gölü çevresinde oluşan dolin



Kemaliye çıkışında Fırat Nehri



Pompaj kuyuları (P1, P2)

## Yeraltı Sularında seviye Düşümü

Eskiden insanlar yüzey sularını içme ve kullanma amaçlı tüketirken, ülkemizde cumhuriyetin ilanından sonra yeraltı suyu kullanımı yaygınlaşmış, buna paralel olarak da sondajcılık gelişmiştir. Günümüzdeyse kontrolsüz kuyu açılması, kuyulardan aşırı su çekimi, iklim şartlarındaki değı-

şim, yüzey sularında meydana gelen kirlenme gibi nedenlerle yeraltı suyu kullanımı artmıştır. Konya Obruklar bölgesi ve Niğde Sazlıca bölgesi gibi bazı su havzalarında aşırı çekim ve bölgelerin hidrojeolojik yapısı nedeniyle çevresel sorunlar da baş göstermeye başlamıştır.

## Konya Obruklar Bölgesi

İç Anadolu bölgesi Konya havzasında, önceki yıllara göre yeraltı suyu düzeyi çok düştü. Obruklar bölgesinde (Kızören-Karapınar arası) sulu obrukların içindeki yeraltı suyu düzeyinin düştüğü açıkça görölebiliyor. Su düzeyindeki düşmenin doğal nedenleri olduğu gibi insan etkinliklerinden kaynaklanan nedenleri de olabiliyor. Obruk oluşumları sonucu toprak kaybı da azımsanmayacak kadar büyüktür. Bu obrukların yenileri günümüzde halen oluşumlarını sürdürürken önceden oluşanlar da olgunlaşmakta ve kenarları oturmuş hale gelmektedir. Karapınar yakınlarındaki Çoban Obruğı toprak kaybına en iyi örnek-

lerden biridir. Kenarına yaklaşmak son derece tehlikelidir. Obrukların çevresinde ziyaretçi güvenliği ve turizm açısından kapsamlı koruma alanları oluşturulmalıdır. Çıralı Obruğıysa, sulu obruklardan biri olup bölgedeki en büyük ve en çok ziyaret edilen obruktur.



Çıralı Obruğı (Eylöl 2006)

## Niğde-Sazlıca Bölgesi

Niğde’ye 8 km uzaklıkta yer alan Sazlıca kasabası çevresi de aşırı yeraltı suyu çekimi yapılan alanlardan biridir. Yeraltı suyunun birbirine çok yakın açılan kuyulardan aynı anda çekimi, bölgenin hidrojeolojik özelliğı nedeniyle çözünmeye bağılı çöküntülere yol açıyor. Çöküntülerin (dolün) oluşumu ve hızlı gelişmesinde aşırı yeraltı suyu çekimlerinin de rolü olduğu saptanmıştır.

Aynı bölgeye 11 yıl arayla yapılan arazi gezilerinde, bölgesel yeraltı suyu düzeyinin düştüğü Dipsiz Göl içinde de gözlenmiştir. Bu yoğun su

çekimleriyle göl çevresindeki dolünlerin (erime ve çökme sonucu oluşan çukurlar) oluşumunun hızlandığı saptanmıştır. Ayrıca bazı pompalama kuyuları, çevresindeki çöküntüler ve onların neden olduğu kuyu içinde suyla taşınan maddelerin birikmesi ve yatağın yükselmesi (siltlenme) nedeniyle kısa sürede terk edilmiştir.

Terkedilmiş kuyu ve yakınındaki çökme alanı



## Sıcak ve Mineralli Su Kaynakları

Sıcaklığı en az 20°C olan ve 1 litrede 1000 mg çözülmüş madde içeren sulara sıcak ve mineralli su denir. Sıcak ve mineralli su kaynakları, beslenmelerinden boşalmalarına kadar olan süreçte, yeraltında soğuk su kaynaklarına göre daha uzun süre kalır ve çeşitli doğal nedenlerle ısınır. Türkiye’de 1000 dolayında sıcak ve mineralli su kaynağı olduğu tahmin ediliyor.

Ege Bölgesi jeolojik ve genç tektonik yapısı ve hidrojeolojik özellikleri nedeniyle sıcak ve mineralli kaynakların yoğun bulunduğu bir alan. 1960’lı yıllarda Kızıldere’de (Denizli) jeotermal sondajlar yapılmıştır ve Türkiye’de ilk kez jeotermal akışkanlardan elektrik enerjisi elde edilmiştir. Günümüzde bu çalışmalar, taşıdığı potansiyel nedeniyle özellikle Ege Bölgesi’nde yoğun olarak sürdürülüyor.

Sıcak ve mineralli su kaynakları genellikle minerallerce doymduğundan, yeryüzüne çıktıklarında ortamda fizikokimyasal koşulların oluşmasıyla, Pamukkale’de olduğu gibi traverten çökeltilebilirler. Cihanbeyli’de olduğu gibi çok güzel traverten konileri oluşabilir. 1980’li yıllara kadar boşalımı gözlenen, günümüzde etkin olmayan Çoban Hamamı kaynağı çevresinde çok sayıda sondaj açılmış olup bu kuyuların suları boşa akıyor, ayrıca sondaj boruları korozyon nedeniyle kullanılmaz hale geliyor. Bu sularımız da yağışlarla beslendiğinden tükenebilir oldukları unutulmamalı, boşa akıtılmamalıdır.



Pamukkale travertenleri

mı kaynağı çevresinde çok sayıda sondaj açılmış olup bu kuyuların suları boşa akıyor, ayrıca sondaj boruları korozyon nedeniyle kullanılmaz hale geliyor. Bu sularımız da yağışlarla beslendiğinden tükenebilir oldukları unutulmamalı, boşa akıtılmamalıdır.

Sıcak ve mineralli su kaynakları mineral, gaz ve radyoaktif madde içerdiğinden, içmece, çamur, kaplıca, kür merkezleri, fizik-tedavi ve rehabilitasyon merkezlerinde kullanılır. Bunun dışında, ülkemizdeki jeotermal kaynakların yaklaşık %90’ının konut ısıtıcılığı için yeterli sıcaklığı olduğu biliniyor. Yüksek sıcaklıklı alanlarda jeotermal enerji üretimi amaçlı çalışmalar halen sürdürülüyor. Sıcak ve mineralli suların kullanıldıktan sonra çevreye bırakılmaları, reenjeksiyon kuyularıyla yeniden yeraltına enjekte edilmesi gerekiyor. Kurallara uyulduğunda “jeotermal” en temiz ve en ucuz enerji kaynaklarından biridir.



Jeotermal sondaj (Çoban Hamamı-Ayaş)



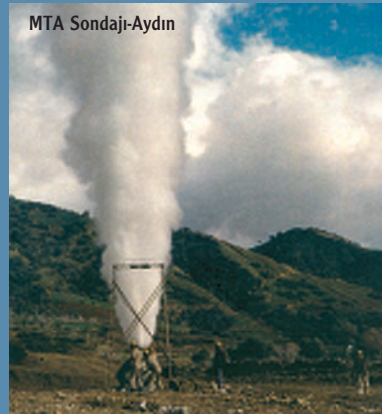
Korozyona uğramış jeotermal sondaj

Ulkemizde, bizlere ve gelecek kuşaklara yetecek kadar soğuk ve sıcak su kaynağı bulunuyor. Ancak bu kaynaklardan sağlıklı bir şekilde yararlanabilmemiz için koruma alanlarının belirlenmesi, bu alanların kirlenmeye karşı korunması ve sürdürülebilir su kullanımı ve yönetimiyle ilgili sağlıklı politikaların üretilmesi gerekiyor.

Ulkemizde, bizlere ve gelecek kuşaklara yetecek kadar soğuk ve sıcak su kaynağı bulunuyor. Ancak bu kaynaklardan sağlıklı bir şekilde yararlanabilmemiz için koruma alanlarının belirlenmesi, bu alanların kirlenmeye karşı korunması ve sürdürülebilir su kullanımı ve yönetimiyle ilgili sağlıklı politikaların üretilmesi gerekiyor.



Kızıldere (Denizli) jeotermal sondajları



MTA Sondajı-Aydın

### Kaynaklar:

- Çelik, M. and Afşin, M., 1998. The role of hydrogeology in solution-subsidence development and its environmental impacts; a case study for Sazlıca (Niğde, Turkey). *Environmental Geology*, 36 (3/4): 335-342.
- Dingman, S L., 2002. *Physical hydrology*. Second Edition, Prentice Hall, pp646, New Jersey.
- Karanjac, J. and Günay, G., 1980. Dumanlı Spring, Turkey-The Largest karstic spring in the World?. *Journal of Hydrology*, 45: 219-231.

- Kaygusuz, K. and Kaygusuz, A., 2004. Geothermal energy in Turkey: the sustainable future. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 8, 6, 545-563.
- Yazıcıgil, H. and Ekmekçi, M. 2003. Perspectives on Turkish ground water resources. *Groundwater*, 41(3):290-291.
- <http://www.dsi.gov.tr/topraksu.htm>
- <http://www.hasankeyf.gen.tr>
- [http://www.unesco.org/water/wwap/wwdr2/table\\_contents.shtml](http://www.unesco.org/water/wwap/wwdr2/table_contents.shtml)

Prof. Dr. Nizamettin Kazancı  
Unesco-Tr Yerbilimleri Hıtas Komitesi Koor.  
Prof. Dr. Koray Haktanır  
Yer Yılı Toprak Çalışma Grubu koordinatörü  
Prof. Dr. Mehmet Çelik  
Ar.Gör. Uğur Erdem Dokuz  
Ankara Üniversitesi