

# Mağara Araştırma ve Haritalama Yöntemleri

**Mağaralar, tarihin birçok döneminde zorlu hava koşullarından korunma alanları, su temin edebileceği alanlar, yiyeceklerin bozulmadan saklanabileceği alanlar ya da ölüleri gömmek için mezar alanları gibi farklı birçok amaçlarla insanlar tarafından kullanılmıştır. Günümüzde de mağaraların turizm, depolama alanı, mantar yetiştiriciliği, içme suyu kaynağı gibi çok çeşitli kullanım alanları bulunmaktadır. Ancak mağaraların diğer birçok canlı tarafından da kullanıldığı, oluşumlarının on binlerce yıl sürdüğü unutulmamalıdır. Bu nedenle mağaralar sahip olduğu kendine özgü özellikleri nedeniyle çok disiplinli bilimsel çalışma yöntemlerine göre araştırılmalıdır.**

**Dr. Emrah PEKKAN**  
Anadolu Üniversitesi, Yer ve Uzay  
Bilimleri Enstitüsü, İki Eylül Kampüsü,  
Eskişehir

epekk@anadolu.edu.tr

**M**ağaralar yaşadığımız dış Dünyadan farklı özelliklere sahip ve daha da önemlisi alışık olmadığımız ortamlardır. Mağaralar kelimenin tam anlamıyla “karanlıktır”. Eğer mağara içerisinde yolunuzu aydınlayabilecek bir ışığa sahip değilseniz mağaradan çıkabilmeniz mümkün değildir. Diğer bir deyişle ışıksızlık, mağarada tehlikenin ana kaynağıdır. Bu ortama, zarar görmeden, güvenli bir şekilde girip

çıkabilmek için her türlü mağaracılık etkinlikleri kapsamında uyulması zorunlu bazı temel kurallar belirlenmiş ve teknikler geliştirilmiştir. Bu teknikler ve kurallar, uzun ve özverili çabalarla belirlenmiş olup, eğitim programlarıyla devamlı güncellenmektedir. Mağaracılık etkinliklerine katılan amatör/profesyonel tüm insanların bu kurallar ve teknikler konusunda bilgilerinin, eğitim programları ve sürekli antrenmanlarla güncel olması sağlanmaktadır. Diğer taraftan, onbinlerce ve hatta milyonlarca yıllık gelişimlerini sürdüren; bölgesel jeolojik, jeomorfolojik, hidrolojik-hidrojeolojik ve ekolojik oluşum ve gelişim özelliklerini karakterize eden şekil ve yapılarla sahip olan mağaraların araştırılması; koruma ve kullanım yöntemlerinin belirlenmesi ve sunumları son derece önemli bir konudur (1).

Farklı özellikler taşıyan mağaralara giriş yöntemleri ve bunlarla ilgili eğitim programları birbirinden farklıdır. Bu özellikleri 4 başlıkta tanımlamak mümkündür. Bunlar, yatay mağara girişi, sulu mağara girişi, dikey mağara girişi (Şekil 1) ve mağara dalışıdır. Tahmin edileceği gibi mağaranın özelliklerine göre teknikler de değişmektedir (Şekil 2). Birçok özelliği bir arada taşıyan mağaralar için ise ihtiyaç duyulan ekipman miktarı artmakta, araştırma süresi uzamakta ve daha fazla kişi içeren ekipler oluşturularak, kapsamlı organizasyon planları yapılmaktadır. Bazı durumlarda günlerce mağaralarda kalınabileceği için mağaranın içerisinde uygun bölgelere mağaracıların dinlenebilmesi ve mağarada ilerlenebilmesi amacıyla ara kamplar kurulmaktadır. Diğer taraftan insanoğlunun keşfetme içgüdüğü, mağaralara inebilmek için insanları yeni teknikler geliştirmeye zorlamaktadır. Mağara keşif teknikleri, zorluk ve eğitim seviyesine göre sıralanabilir. Bu nedenle Türkiye’de faaliyet gösteren dernek ve kulüplerin bir araya gelmesi ile oluşturulmuş, Türkiye Mağaracılık Federasyonu tarafından mağaracı eğitim seviyeleri tanımlanmıştır. Bu tür eğitim çalışmaları, Türkiye’deki daha çok sportif mağaracılık eğitimlerini bir standarda sokmak ve ağırlıklı olarak sportif amaçla yapılan mağaracılık faaliyetlerini daha güvenli hale getirmeyi amaçlamaktadır.



**Şekil 1:** Dikey Mağara girişi Tek ip tekniğine örnek (Dağlı Kuylucu, Kastamonu, Foto Emrah Pekkan)



Mağaracılık Teknikleri	Eğitim	Ekipman
Yatay Mağara Teknikleri	Kampçılık Temel Eğitimi 1. Aşama Mağaracılık Eğitimi	Temel Kampçılık Ekipmanı, Temel Mağaracılık Ekipmanı
Sulu Mağara Teknikleri	Bot Kullanımı	Bot, Kişisel ekipman
Dikey Mağara Teknikleri	2. Aşama Mağaracılık Eğitimi	Tek İp Tekniği Malzemeleri
Mağara Dalışı Teknikleri	Mağara Dalışı Eğitimi	Mağara Dalışı Ekipmanı

**Şekil 2:** Mağara özelliğine göre alınması önerilen eğitimler

Ekipmanın dışında, mağaracılık ile uğraşan kişilerin, mağaranın girişine ulaşabilmesi için iyi bir dağcı, kendisinin ve grubun doğada uzun süre desteksiz yaşayabilmesinin sağlayabilmesi için iyi bir kampçı, mağaranın içerisinde ve dışarısında kaya üzerinde hareket etmesini sağlayacağı teknikleri bilmesi gerektiğinden iyi bir kaya tırmanışçısı, uzun yıllar boyunca göl tabanına çökmüş taneleri havalandırarak suyu bulandırmadan mağaradaki suya dalabilmesi için iyi bir dalgıç, iyi bir koşucu, iyi bir yüzücü ve de ekip içerisinde birlikte uyumlu çalışma özelliğine sahip, sorumluluk alabilecek bir karaktere sahip olması gerekir. Bir kişi ipi taşıırken diğer bir kişi mağaranın daha ilerisinde gereken botları taşıyor olabilir. Bu nedenle mağara içerisinde grubun bütünlüğünün sağlanması; grubun güvenliği ve etkinliğin amacına ulaşması açısından çok önemlidir.

Mağaraların özelliklerine ve kullanılacak tekniklere göre ekipmanlar değişiklik gösterse de temel ekipman, kask, ışık kaynağı, iç giysi, dış giysi (mağara tulumu) ve mağara çizmesidir (Şekil 3).



**Şekil 3** Bir mağaracı üzerinde bulunan bazı temel ekipmanlar (Aladağlar, Mağara Ar. Gezisi Foto Koray Törk)

### Mağara Araştırma Yöntemleri

Önceleri sadece yatay mağaralarda ilkel ışıklandırma yöntemleriyle mağara araştırmaları yapılırken günümüzde, dikey iniş ve çıkış araçlarının geliştirilmesiyle mağara araştırmaları da hız kazanmıştır. Teknolojilerin gelişimi ile teknikler de gelişmiş; sportif anlamda büyük ekspedisyenler (keşif

gezileri) ve mağara araştırmaları, pratik eğitimler sonucu yapılabilir hale gelmiştir. Mağara araştırma aşamaları; Mağara konumlarının bulunması için yapılan, topoğrafik ve jeolojik haritaların incelenmesi ve yzey araştırmaları ile başlamaktadır. Mağara konumları, bđlgede yaşayan kişilerin bildirimlerinin değerlendirilmesi ile de bulunabilmektedir. Konum belirleme aşamasını mağara araştırma çalışmaları izlemektedir. Mağara araştırmalarından elde edilen bilgilere gđre mağaranın kullanım biçimi tanımlanarak, koruma, kullanım ve risk ızellikleri belirlenmektedir (2). Son olarak uygulama ve koruma projeleri hazırlanarak, koruma planı ve koruma derecesi oluşturulmaktadır (Şekil 4).

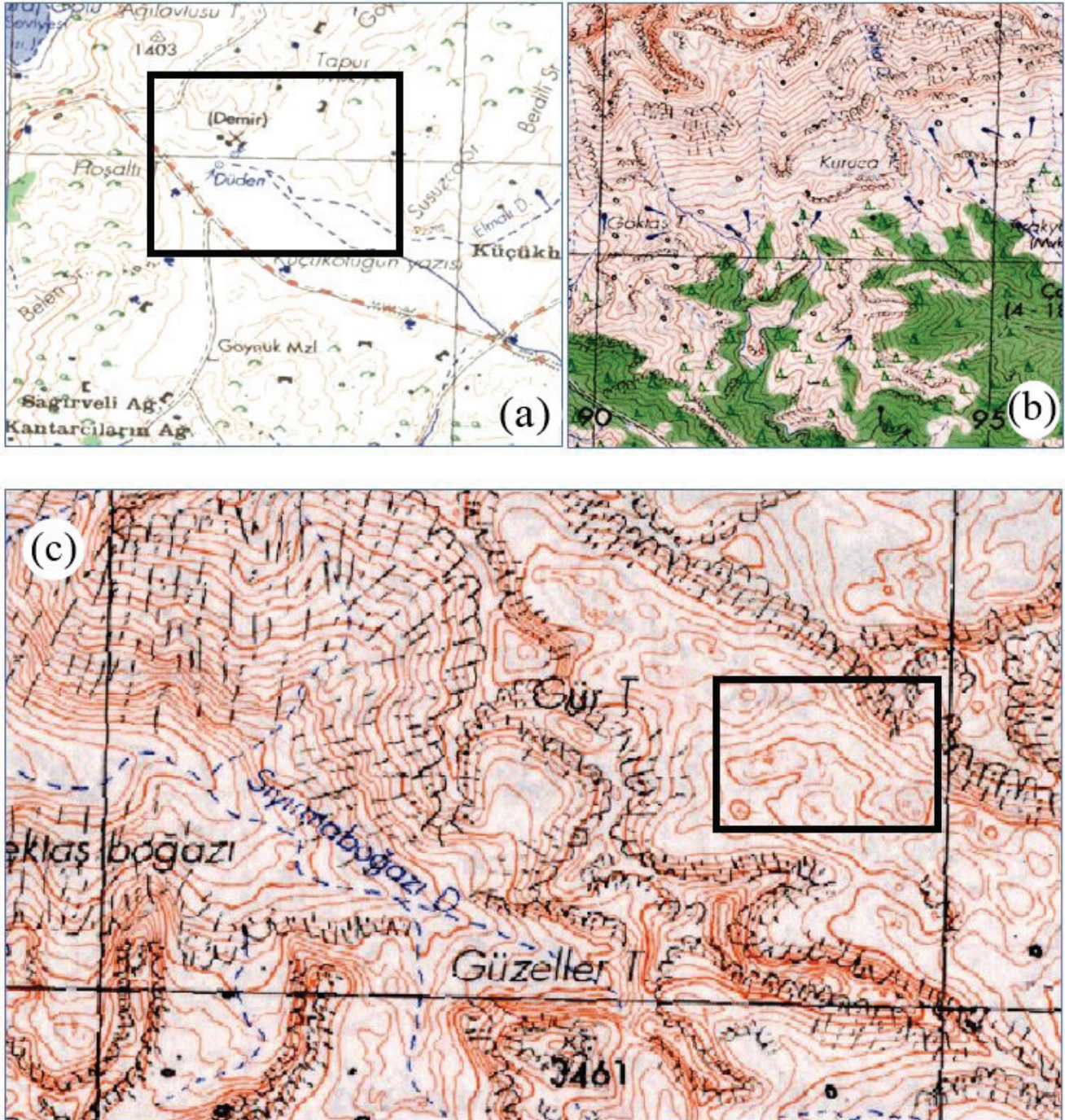


**Şekil 4:** Mağara Araştırma Aşamaları ( 2) den değiştirilmiştir)

Topoğrafik ve jeolojik haritaların detaylı incelenmesi, mağaraların konumları hakkında ızemli bilgiler verir. Olası mağara konumlarının belirlenmesi masa başında topoğrafik ve jeolojik haritaların incelenmesi ile başlar. Birçok 1/25.000 ۆlekli topoğrafik harita, kđr vadileri, yerebatan nehirleri,



büyük düdenleri gösterecek detaydadır. Mağaraların oluşumunda suyun etkin rolü olduğundan topoğrafik haritalarda ilk bakılacak özellikler kör vadiler ve yerebatan nehirler, düdenler (subatanlar) ve kaynaklardır (Şekil 5). Yüzeydeki bu jeomorfolojik özellikler, olası mağara konumları hakkında bilgi veren başlıca masa başı kaynaklarıdır.



**Şekil 5:** (a) Düden/Subatanlar, (b) Kaynaklar, (c) Kör vadiler mağara varlığına işaret ederler

Jeolojik haritalarda ise karbonatlı kaya (örneğin kireçtaşı, dolomit, dolomitik kireçtaşı) birimlerinin kiltası, marn, çamurtaşı gibi ince taneli birimler arasındaki sınırlarda, tabakaların konumlarına göre mağaralardan boşalan kaynaklar da bulunabilmektedir. Bu kaynaklar karst akiferinin boşalım noktaları olurken, karstik alanın yüksekte bulunan kısımları karst akiferinin beslenme alanlarını oluştururlar. Karst akiferinin beslenme ve boşalım noktaları potansiyel birer mağara girişleridir (Şekil 6).





**Şekil 6:** Karst akiferinin boşalım noktasına örnek, Kapuzbaşı şelaleleri (Aladağlar Kayseri, Foto Emrah Pekkan)

Olası mağara alanları belirlendikten sonra yapılacak yüzey araştırması, eğlencenin asıl başladığı yerdir (Şekil 7). Bu aşamada sadece, muhtemel mağara konumlarının belirlenmesi amaçlanır. Arazi- de dolaşmanın yanında bölgedeki insanlardan bilgi almak oldukça yararlıdır. Bu kişilerin yardımıyla daha önce araştırılmamış mağaraların konumları kolaylıkla belirlenebilir.

Yüzey araştırmasında bölgede dikkat edilecek yerler, delikler, subatanlar, çöküntü alanları, açığa çıkan kireçtaşı birimleri ve jeolojik sınırları, yerebatan nehirler, su yutanlar, kaynaklar, kuru nehir yatakları ve kayaların yarıklarından gelen serin hava akımlarıdır. Özellikle yaz mevsiminde mağaraların üst kotlarındaki yoğun ve serin hava derinlere doğru inerek alçak kotlarda kayaların yarıklarından yer yüzeyine boşalır. Dolayısıyla, serin hava “üfleyen” yarıklar/delikler yüksek kotlara uzanan mağara sistemlerinin belirteçlerdir.

Bir mağara bulunduğunda yapılacak ilk iş belirlenen yerlerin konumlarının GPS ile veya harita üzerine kaydedilmesidir. İlk bulunan mağaraların girişleri genellikle aniden yıkılmaya eğilimli kayalardan oluşan molozla kısmen tıkanmış durumda olmaktadır. Bu durumda yapılması gereken ilk iş, mağara girişini güvenli hale getirmektir.

Genellikle mağaraların haritalanması, haritalama ekibinin işi olarak tanımlanır. Mağara girişinin güvenli hale getirilmesi ve gerekirse ip döşeme işleri tamamlandıktan sonra haritalama ekibi mağaraya girer ve haritalamayı tamamlar. Ancak ayrı bir ekibin olmadığı ve küçük gruplar ile yapılan mağaracılık çalışmalarında, mağaranın bulunması ile birlikte (mağaranın özelliğine, ekibin yetkinliğine göre) haritalama işlemi de yapılabilir.

Bulunan mağaralarda, yapılacak çalışmalar mağara dışı ve içi olmak üzere ikiye ayrılmaktadır (2). Mağara dışı çalışmaları mağaranın gelişim özelliğini tanımlayan çevrenin jeolojik, jeomorfolojik, hidrolojik ve iklimsel gelişim özelliklerinin belirlenmesi çalışmalarını içermektedir. Jeoloji ve kırık hari-



**Şekil 7:** Kaş Yaylası yüzey araştırması, Anamur (Foto Emrah Pekkan)

talari, arazi çalışması ve hava fotoğrafları ile uydu görüntüleri kullanılarak hazırlanır. Bu haritalardan edinilen bilgiler ile jeolojik kesitler hazırlanarak aşınma ya da çökme yapıları ile önemli görülen diğer özellikler kesitler üzerinde gösterilir.

Mağara içi çalışmalar, mağaranın gelişimine ışık tutacak jeolojik, jeomorfolojik, hidrolojik – hidrojeolojik ve klimatolojik (mağaranın içindeki havanın sıcaklık, nem ve gaz karışım oranları ve hava akımı) özelliklerinin belirlenmesi çalışmalarını içermektedir (1). Bazı durumlarda jeomorfolojik haritalama ile mağara haritalaması aynı sırada yapılabilir. Mağara geçitlerinin konum ve doğrultuları, mağara dışı çalışmalardan edinilen kırık ve çatlak konumları kullanılarak elde edilen gül diyagramları ile karşılaştırılır (3). Bu veriler üzerinde yoğunluk analizleri yapılarak, mağaranın gelişiminde etkin olan tabakalanma ve kırık-çatlak setlerinin konumları belirlenir (3).

Ayrıca mağara araştırmaları, mağaranın her yönü ile kullanım ve koruma yöntemlerinin belirlenmesini amaçladığından, bir çok bilim dalını (arkeoloji, biyoloji, jeoloji, jeomorfoloji, hidroloji, hidrojeoloji, klimatoloji vb) içeren çok disiplinli bir çalışma anlayışını gerektirmektedir. Özellikle biyospeleolojik araştırmalar, mağara habitatlarının, mağara biyoçeşitliliğinin, mağara tür popülasyonlarının, potansiyel ve aktif tehlikelerinin ve koruma ölçümlerinin belirlenmesi amacıyla gereklidir (4). Diğer taraftan, mağaralar, doğal güzelliklerinin yanında paleontolojik ve arkeolojik değerleri açısından da belgelenmeli ve korunmalıdır (4).

Elde edilen bilgilere göre Uygulama, Koruma ve Risk Projesi aşaması sonucu Koruma Planı ve Derecesi belirlenmiş olmaktadır. Tüm bilgiler bir araştırma raporu şeklinde sunulmalıdır. Mağara Araştırma raporu, araştırmalardan edinilen tüm bilgilerin bir arada sunulmasını amaçlamaktadır. Söz konusu mağara ile ilgili yapılan tüm çalışmaları içerdiğinden bu raporu araştırmanın son aşaması olarak tanımlamak mümkündür.

## Mağara Haritalama Yöntemleri

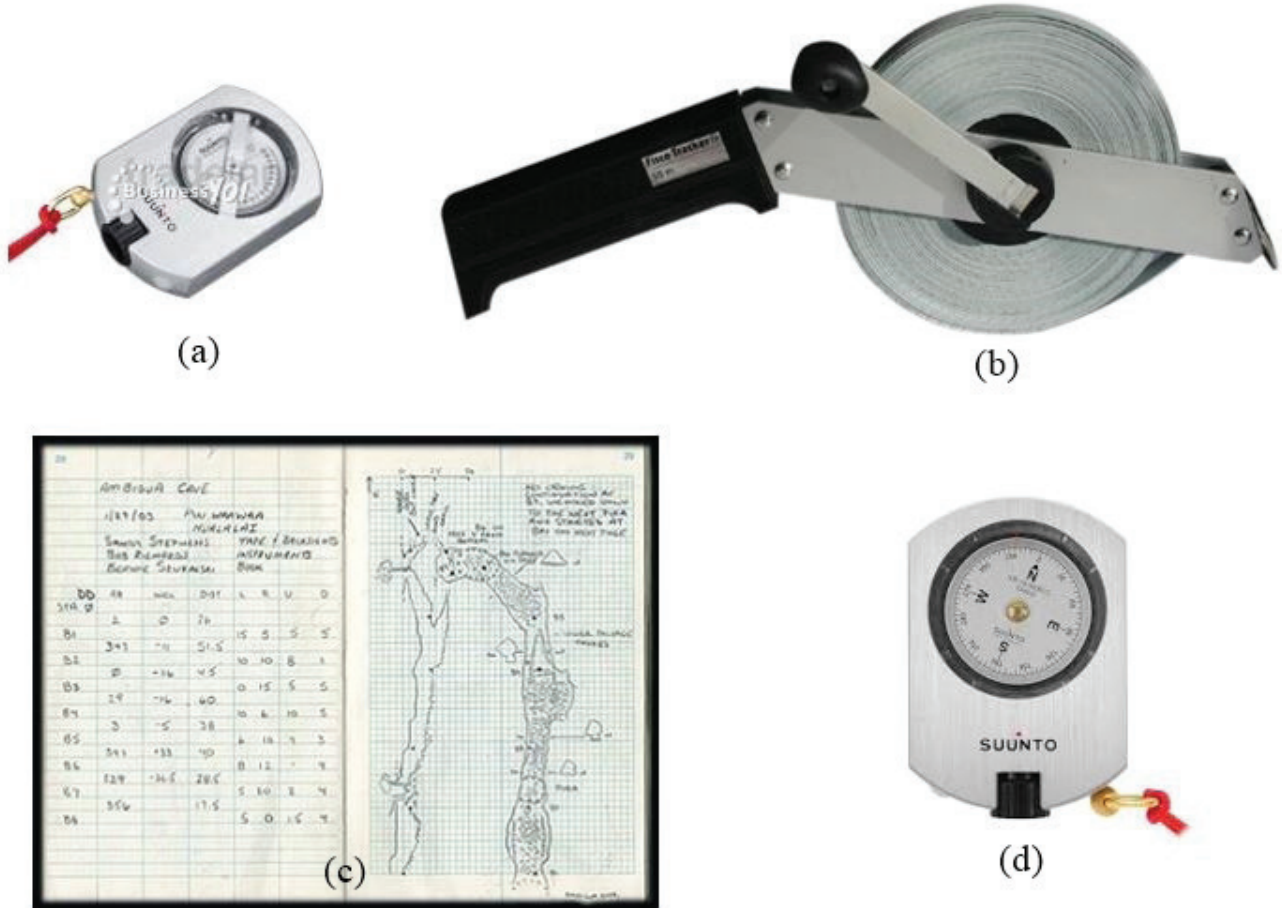
Mağara haritası; en az bir insanın girebileceği büyüklükte olan yeraltı boşluklarının çeşitli optik aletler vasıtası ile ölçülerek elde edilmiş sayısal verilerin, teknik çizim kurallarına göre ve belli bir ölçek dâhilinde hazırlanmış özel bir haritadır. İngiliz Mağara Araştırma Birliği (British Cave Research Association, BCRA) mağara ölçümlerindeki farklılıkları değerlendirebilmek için iki özelliği kullanmak-



tadır. Birincisi mağaranın gerçek orta hattan ne kadar saptığı, ikincisi ise mağaralardaki (oluşum, litolojik birim, yükseklik ve genişlik gibi) özelliklerin detayıdır. Mağara haritalama standartlarının ayrıntılarına internet üzerinden ulaşmak mümkündür (5).

Mağara haritalaması, mağarada ölçümlerin alınması ve ölçümlerin ölçekli olarak kâğıda aktarılması işlemleri olmak üzere iki aşamada gerçekleştirilir. Bu işlemlerin ilk kısmı mağara içerisinde, ikinci kısmı ise masa başında gerçekleştirilir.

Mağara içerisinde kullanılan temel haritalama ekipmanı, pusula, klinometre (eğimölçer), şeritmetre ya da lazer metre, ölçüm karnesi, not defteri, kalem ve silgiden oluşur (Şekil 8).

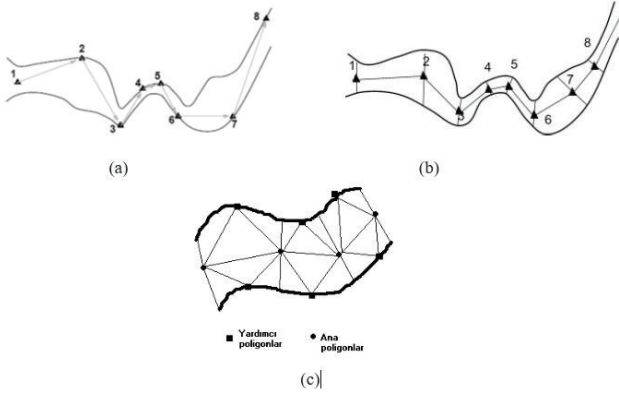


**Şekil 8:** Mağara içerisinde kullanılan temel haritalama ekipmanı (a) Klinometre (b) Şeritmetre (c) Ölçüm karnesi ve not defteri (d) Pusula

Haritalama işlemi, seçilen ölçüm noktaları arasındaki uzaklığın, azimutun ve eğimin ölçülmesi, her bir istasyondaki genişliğin ve yüksekliğin ölçülmesi ya da tahmin edilmesi ve bu özelliklerin ölçüm defterine kaydedilmesi işlemlerini içerir. Bu işlemleri yapabilmek için en az iki kişi gerekir.

Mağara haritalamasında ölçüm noktaları (istasyonlar) a) duvardan duvara, b) orta hat takibi ve c) poligon oluşturma tekniklerinden birisine uyan biçimde belirlenir (Şekil 9). Tekniğin seçiminde mağara koşulları ve öngörülen haritalama süresi de etkili olmaktadır.

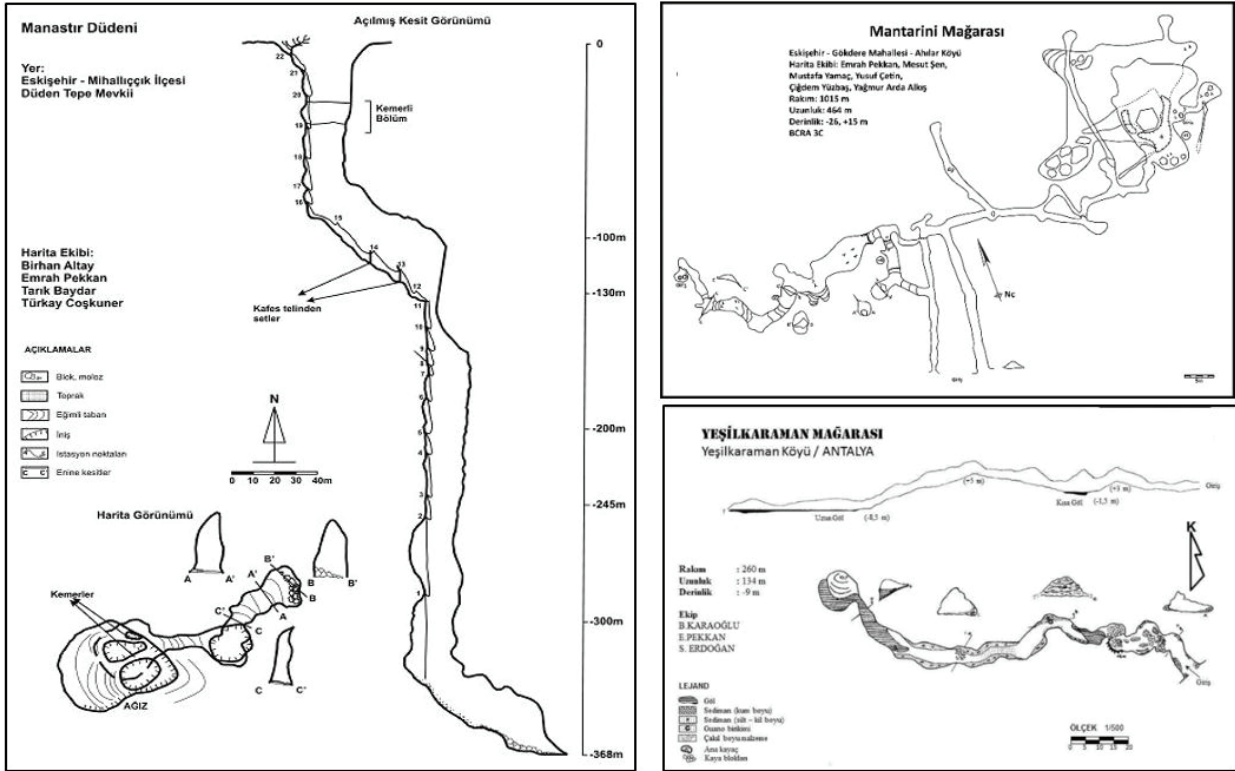




**Şekil 9:** Mağara haritalamasında uygulanan ölçüm teknikleri: a) Duvardan duvara b) Orta hat takibi c) Poligon oluşturma (1, 6)

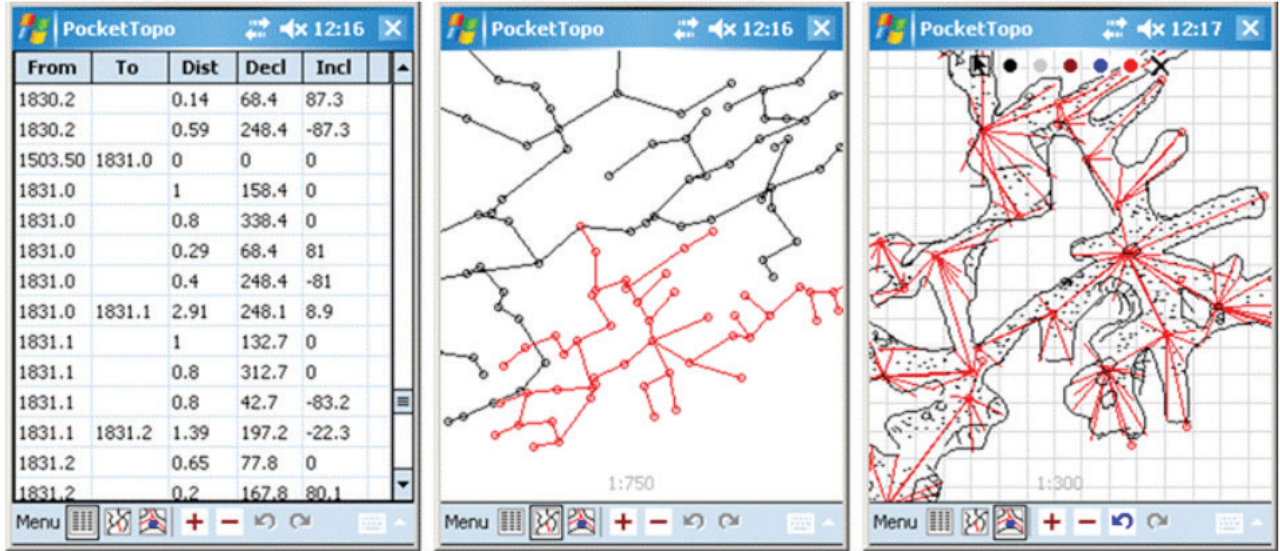
Haritalamada, ölçümlere mağara girişinin hemen dışındaki bir noktadan başlanır. Bu nokta başlangıç noktası olarak adlandırılmaktadır (6). Bu noktadan mağara içindeki diğer noktaya olan azimut (pusulanın kuzeyden yaptığı açı), eğim ve mesafe kaydedilir. Mağara içerisinde sürekli yeni bir nokta belirlenerek noktalar arasındaki azimut, eğim ve mesafe ölçülerek ölçüm karnesine işaretlenir. Diğer taraftan ölçümleri not alan kişi aynı zamanda ölçüm defterinin diğer sayfasına mağaranın planı çizilerek önemli görülen yerler belirtilir. Bu noktalar genellikle yükselti farkları, inişler çıkışlar, göller, büyük sarkıt ve dikitler gibi belirgin fiziksel değişimlerin olduğu yerlerdir.

Ölçümlerin ölçekli kâğıda aktarılması işlemi milimetrik kâğıda yapıp bilgisayara aktarılabilceği gibi, doğrudan bilgisayar ortamında da çeşitli yazılımlar vasıtasıyla çizilebilmektedir. Milimetrik kağıda yapılan çizimde açıölçer kullanılarak, mağarada alınan azimut ve eğimler gerekli trigonometrik dönüşümler yapılarak çizilir. Milimetrik kâğıda çizilen mağara haritası daha sonra taranarak bilgisayar ortamına aktarılabilir. Haritaların çizgisel ölçek taşınması nedeniyle bilgisayar ortamında çeşitli büyütme ya da küçültme işlemlerinin yapılması mümkündür. Şekil 10'da çeşitli mağara haritası örneklerini gösterilmiştir.



**Şekil 10:** Mağara haritalarından örnekler

Bu haritalama teknikleri zaman alıcı olmalarının yanısıra, elle veri toplama ve kayıt gerektirmelerinden dolayı insan kaynaklı hatalara da oldukça açıktır (7). Bilgisayar teknolojisinin gelişmesine paralel olarak, mağarada alınan ölçümlerin doğrudan mağara haritalama programlarına girilmesi ve bu verilerin bilgisayar ortamında ölçekli olarak birleştirilmesi sonucunda çok yüksek hassasiyete sahip mağara haritaları oluşturulabilmektedir. Kullanılan çeşitli mağara haritalama programlarına internet üzerinden ulaşmak mümkündür (8). Günümüzde tablet bilgisayarlara kurulan haritalama programları ve lazer metre ölçümleri ile mağarada yapılan ölçümleri not defterine aktarmaksızın mağaranın haritası bilgisayar ortamında hızlı ve yüksek hassasiyette çizilebilmektedir (Şekil 11). Birleştirilmiş sistemler olarak tanımlanan bu yöntem, lazer metreden kayıt cihazına verinin doğrudan transferini sağlayarak insan kaynaklı hataların birçoğunu ortadan kaldırmaktadır (9).



**Şekil 11: Not defteri kullanılmadan yapılan haritalamaya bir örnek (10)**

Günümüzde istasyon noktalarının arasında mesafelerin ölçümü için kullanılan lazer mesafe ölçerler, çelik şerit metrelerin yerini almış durumdadır (11). Son günlerde ise yersel lazer tarama, LİDAR (ışın yansımaları ile mesafe ölçümü) teknolojisi, birçok mağarada (örnek 12,13,14) yüksek çözünürlükte 3 boyutlu haritalar oluşturulması için kullanılmaya başlanmıştır. Bu teknoloji, taşınabilirliğinin zor olması nedeniyle yerini yavaş yavaş Mobil Lidar teknolojisine (13) bırakmaktadır.

Son söz olarak, "Mağaraları korumanın, mağaralarda hiçbir iz bırakmamanın" mağaracılığın en başında verilen öğretisi olduğunu vurgulamak gerekir. Bir mağaracı mağaranın erişilebilir kısımlarını haritalandırıp, belgelemenin yanısıra mağaranın korunması için gerekenleri yapmakla da sorumludur. Ne amaçla olursa olsun, tüm mağaracılık faaliyetlerinde en önemli etik ilke "çekilen fotoğraflardan başka hiç bir şeyin mağaradan çıkartılmaması, mağarada ayak izlerinden başka hiç bir şeyin bırakılmaması"dır.

## Teşekkür

Makalenin değerlendirilmesinde desteklerini esirgemeyen Yrd. Doç. Dr. Lütfi Nazik ve Prof. Dr. Serdar Bayarı'ya teşekkürlerimi sunarım.

## Değerlendirilen Belgeler

(1) Özgen, N., Karadoğan, S., Akköprü, E., Öner, E., Nazik, L., Ölgün, K., Öztürk, M.Z., Doğan, M., M.K., Erturaç, Çalışkan O., Günek, H., Kavak, M.T., Sönmez, M.E., Adıgüzel, F. ve Dölek, İ.,



2016. Fiziki Coğrafyada Araştırma Yöntemleri ve Teknikler, Pegem Akademi Yayıncılık, 416 s
- (2) Nazik, L., 2008. Mağaraların Araştırılması, Koruma ve Kullanım İlkeleri, MTA Yayını, Yerbilimleri ve Kültür Serisi, No.2, Ankara
- (3) Ballesteros, D., Jiménez-Sánchez, M., García-Sansegundo, J. and Giraldo, S., 2011. Carbonates and Evaporites, 26-1, 29-40
- (4) Ozimec, R., Polak, S., Bedek, J., Zakšek, V., 2011. Importance of Biospeleological Research for Protection of Cave Fauna and Their Habitats- Example Based on the Prjecete Karst Underground Protection on the Istrian Peninsula, Pressures and Protection of the Underground Karst □ Cases from Slovenia and Croatia, Karst Research Institute ZRC SAZU, Postojna
- (5) <http://bcra.org.uk/surveying/> (Erişim tarihi 01/03/2018)
- (6) Mağaracılıkta Ölçme ve Harita Bilgisi, Türkiye Mağaracılar Birliği, Eğitim Dokümanı. Özel Uzmanlık Alanı 3
- (7) Hunter, D., 2010. A field trial of common hand-held cave survey instruments and their readers, Bullita Cave System, July 2010: Caves Australia, no. 183, p. 10–12
- (8) <http://csg.bcra.org.uk/software.htm> (Erişim tarihi 01/03/2018)
- (9) Heeb, B., 2008. Paperless caving – an electronic cave surveying system, in Gonon, T., ed., Proceedings of the 4th European Speleological Congress, Vercors 2008: Lyon, Fe´de´ration franc\_aise de spe´le´ologie, Spelunca Me´moires 33, p. 130–133
- (10) <https://paperless.bheeb.ch/> (Erişim tarihi 01/03/2018)
- (11) Dryjanskii, M., 2010. The subterranean world of Easter Island: Geoinformatics, 13-1, 6-9.
- (12) Avdan, U., Pekkan, E. ve Comert, R., 2013. Mağara Ölçümlerinde Yersel Lazer Tarayıcıların Kullanılması (Tozman Mağarası Örneği). Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi, 5, 2, 16-28
- (13) McIntire, D., 2010. Laser scanning mushpot cave: The American Surveyor, 79, 18–27.
- (14) Zlot R., and Bosse, M., 2012. Three-dimensional mobile mapping of caves, Journal of Cave and Karst Studies, 76, 3, 191–206