

**ERDEMLİ-SİLİFKE ARASININ KARST
HİDROJEOLOJİSİ VE KARST COĞRAFI BİLGİ
SİSTEMİ OLUŞTURULMASI**

MURAT AKGÖZ

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ
ANA BİLİM DALI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MERSİN

TEMMUZ – 2007

**ERDEMLİ-SİLİFKE ARASININ KARST HİDROJEOLOJİSİ VE
KARST COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ OLUŞTURULMASI**

MURAT AKGÖZ

**Mersin Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Jeoloji Mühendisliği
Ana Bilim Dalı**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Tez Danışmanı
Doç. Dr. Muhsin EREN**

**MERSİN
Temmuz - 2007**

Bu tezin gerek bilimsel içerik, gerekse elde edilen sonuçlar açısından tüm gerekleri sağladığı kanaatine ulaşan ve aşağıda imzaları bulunan biz jüri üyeleri, sunulan tezi oy çokluğu (oy birliği) ile Yüksek Lisans Tezi olarak kabul ediyoruz.

Tez Danışmanı
Doç. Dr. Muhsin EREN

Jüri Üyesi
Doç. Dr. Sedat TÜRKMEN

Jüri Üyesi
Yrd. Doç. Dr. Cüneyt GÜLER

Bu tezin Fen Bilimleri Enstitüsü yazım kurallarına uygun olarak yazıldığı Enstitü Yönetim Kurulu'nun/...../.....tarih ve/..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr.Mahir TURHAN
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün bilgiler, şekil, çizelge ve fotoğraflardan kaynak göstermeden alıntı yapmak 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu hükümlerine tabidir.

ÖZ

Erdemli-Silifke (Mersin) yöresinde yapılan bu çalışmada, bölgenin karst yapısı, karstlaşma mekanizması ve karst potansiyeli değerlendirilmeye çalışılmıştır. İlk olarak bölgenin jeoloji haritası hazırlanarak bölgede karstlaşmaya uygun litolojiler belirlenmiştir. Arazi çalışmalarıyla karstik yüzey şekilleri ve bölgede bulunan çok sayıda mağara belirlenmiş, bunlardan bazılarının araştırılması ve haritalanması yapılmıştır.

Bölgenin Karst Coğrafi Bilgi Sisteminin (CBS) oluşturulması amacıyla 8 adet 1/25.000 ölçekli topografya haritası bilgisayar ortamına aktarılarak raster formatına dönüştürülmüştür. Daha sonra koordinatlandırma yapılarak CBS ortamında vektör formatına dönüştürülerek sayısallaştırma işlemi tamamlanmıştır. Çalışma amacına uygun olarak farklı katmanlar oluşturularak bölgeye ait CBS veritabanı oluşturulmuştur.

Çalışma alanında karstlaşmayı denetleyen parametrelerin ve karstlaşma mekanizmasının anlaşılabilmesi amacıyla bölgede bulunan kaynaklardan, tüm bölgeyi kapsadığı düşünülen 9 noktadan su örnekleri alınarak su kimyası analizleri yapılmıştır. Su kimyası analiz sonuçları Piper ve Schoeller diyagramlarında değerlendirilerek suların genel olarak karbonatlı sular sınıfına ait olduğu sonucuna varılmıştır.

CBS ortamında sayısallaştırılan eş yükselti eğrilerinden sayısal yükseklik modeli oluşturulmuş ve oluşturulan modelde çizgisellikler belirlenmiştir. Bu çizgiselliklerden hazırlanan gül diyagramının yorumlanması ve bölgenin neotektonik evrimi göz önünde bulundurularak, bölgede kırıkların genel olarak KD-GB doğrultulu, sol yanal doğrultu atımlı fay mekanizmasına bağlı olarak oluştuğu sonucuna varılmıştır. Bölgede karstlaşmanın, özellikle subatan ve mağaraların gelişimlerinin sol yanal doğrultu atımlı fay mekanizmasına bağlı olarak genelde KD-GB doğrultusunda geliştiği, ancak fay mekanizmasına bağlı olarak ortaya çıkan KB-GD doğrultulu çizgiselliklerden dolayı bölgede karstlaşmanın, özellikle de karstik boşalımların kesintiye uğradığı sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Karst, mağara, subatan, CBS, Erdemli-Silifke (Mersin).

ABSTRACT

In this study, the Erdemli-Silifke region has been evaluated concerning to karst structure, karstification mechanism and karst potential. At first, geological map of the study area was prepared and favourable lithologies for karstification have been determined. During the field work, numerous cave location and karstic surface features have been determined and some of them have been investigated and mapped.

For establishment of GIS in the area, nine topographic maps in scale of 1:25.000 were carried to computerized environment by scanning and they are converted to raster data. After this, has been established digitization when their coordinating was finished and they were converted to it data in GIS. Concerning to goal of the study was GIS of the area constructed by forming different layers.

In the study area water chemistry analyses have been done on the samples taken different nine locations which characterize all area for understanding karstification and their parameters. Results of chemical have been plotted on the Piper and Schoeller diagrams indicating carbonate enriched water.

By using GIS software digital elevation model of the area digitization of contour model and was formed lineaments were delineated on this model. It is determined that these cracks were oriented on NE and SW directions and formed by under the sinistral strike slip fault mechanism based on interpretation of these lineaments on the rose diagram and considering of the neotectonic development of the region. In this area, karstic features especially sinkholes and caves has been oriented NE and SW direction a result of sinistral strike slip fault mechanism but especially karstic discharges were oriented NW and SE by under the same mechanism.

Keywords: Karst, cave, sinkhole, CBS, Erdemli-Silifke (Mersin)

TEŞEKKÜR

Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanan bu çalışma Mersin Üniversitesi Araştırma Fonunca BAP-FBE JM (MA) 2006-1 YL no'lu proje kapsamında desteklenmiştir. Bu tezin ortaya çıkmasında gerek önerileri gerekse olumlu eleştirileriyle katkıda bulunan danışman hocam sayın Doç. Dr. Muhsin EREN'e teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmamın ilk aşamalarında beni yönlendiren, ilgi ve desteğini esirgemeyen sayın Doç. Dr. Zeynel A. DEMİREL'e, çalışmamın farklı aşamalarında ve arazi çalışmalarında büyük katkıları olan sayın Doç. Dr. Sedat TÜRKMEN'e teşekkür ederim. Çalışmalarım esnasında CBS ile ilgili bölümlerde bilgilerini ve desteğini esirgemeyen Sayın Yrd. Doç. Dr. Cüneyt GÜLER'e teşekkür ederim.

Çalışmam sırasında ihtiyaç duyduğum anda benden destek ve yardımlarını esirgemeyen Mersin Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü değerli hocalarına ve araştırma görevlisi arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Hayatım boyunca olduğu gibi tez çalışmam esnasında da bana en büyük desteği ve sabrı gösteren sevgili annem, kardeşim ve babama, hayatı paylaştığım ve en sıkıntılı dönemlerimde bile hep yanımda olan sevgili arkadaşım Zeynep ÖZPINAR'A en içten teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZ.....	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
TABLolar DİZİNİ	vii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
2.1. COĞRAFI BİLGİ SİSTEMİ (CBS)	3
2.1.1. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Kısa Tarihçesi.....	3
2.1.2. Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS)'nin Bileşenleri	4
2.1.2.1. Donanım	4
2.1.2.2. Yazılım	4
2.1.2.3. Veri	5
2.1.2.4. Yöntem	5
2.1.2.5. İnsan	5
2.1.3. Coğrafi Veri Modelleri	5
2.1.3.1. Vektör Veri.....	5
2.1.3.2. Raster Veri.....	5
2.1.4. Veri Girişi.....	6
2.2. COĞRAFI BİLGİ SİSTEMİ (CBS) İLE İLGİLİ ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	8
2.3. BÖLGE JEOLojİSİ İLE İLGİLİ ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	10
3. MATERYAL VE METOT	12
3.1. MATERYAL	12
3.2. METOD	12
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	16
4.1. BÖLGESEL JEOLojİ	16
4.1.1. Karagedik Formasyonu	16
4.1.2. Cehennemdere Formasyonu	17
4.1.3. Mersin Ofiyoliti.....	18
4.1.4. Gildirli Formasyonu	18
4.1.5. Kaplankaya Formasyonu.....	18
4.1.6. Karaisalı Kireçtaşı.....	19
4.1.7. Alüvyon	19
4.2. KARSTLAŞMA	20
4.2.1. Karstik Yapılar.....	20
4.2.1.1. Mağaralar.....	20
4.2.1.1.1. Mağara Çökelleri.....	24
4.2.1.1.2. Karstik Yüzey Şekilleri.....	27
4.2.1.1.2.1. Subatanlar (Sinkhole)	28

4.2.1.2.2. Karren.....	29
4.2.2. Karstlaşmayı Denetleyen Parametreler	30
4.2.2.1. Jeolojik Faktörler	30
4.2.2.2. Hidroloji	36
4.2.2.2.1. Akarsular	36
4.2.2.2.2. Kaynaklar	37
4.2.2.2.3. Yağış	37
4.2.2.3. Hidrojeoloji.....	38
4.2.2.4. Su Kimyası	40
4.3. KARST COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ.....	43
4.3.1. Verilerin CBS'ne Aktarılması	44
4.3.2. Erdemli-Silifke Arasının Karst Coğrafi Bilgi Veri Tabanı	45
4.3.2.1. Topografya Haritası	45
4.3.2.2. Akarsu Ve Kaynak Haritası	46
4.3.2.3. Subatan Haritası	47
4.3.2.4. Mağara Lokasyon Haritası.....	47
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	48
KAYNAKLAR	51
ÖZGEÇMİŞ.....	56

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Çalışma alanının yer bulduru haritası.	2
Şekil 2.1. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin temel bileşenleri	4
Şekil 2.2. Verilerin raster ve vektör veri modelleri ile gösterimi	6
Şekil 2.3. Aynı koordinat sistemindeki farklı katmanların çakıştırılması	7
Şekil 3.1. Çalışma alanına ait 6 adet paftadaki eşyüksekti eğrilerinin sayısallaştırılmış görüntüsü	14
Şekil 4.1. Erdemli-Silifke (Mersin) bölgesinin tektono-stratigrafik dikme kesiti	17
Şekil 4.2. Türkiye karst haritası	21
Şekil 4.3. Yüzey suları ile karbondioksit etkileşiminin şematik gösterimi	22
Şekil 4.4. Mağara oluşumunun şematik gösterimi	23
Şekil 4.5. Dağlı Köyü'nün (Elvanlı) kuzeydoğusunda bulunan geçit konumlu Mezarlık Mağarası.	24
Şekil 4.6. Otokton çökelinin ilk aşaması olan sarkıt ve dikitin birleşerek sütun oluşturmasının şematik gösterimi	26
Şekil 4.7. Dağlı Köyü'nün (Elvanlı) kuzeydoğusunda bulunan Nalçalı Mahaltesinde yer alan Sandalseki Mağarasındaki sarkıt ve dikitler	27
Şekil 4.8. Erime tipi ve çökme tipi subatan oluşumunun şematik gösterimi	28
Şekil 4.9. Yağmurdan önce ve sonra subatanların görünüşleri	28
Şekil 4.10. Esenpınar (Erdemli) yakınlarında bulunan Büyükçukur karstik çöküntü alanı	29
Şekil 4.11. Küçük, eriyebilir çukurlar, karren	29
Şekil 4.12. Esenpınar (Erdemli) yakınlarında Jura-Kretase yaşlı Cehennemdere Formasyonuna ait kireçtaşlarında gelişen lapyalar	30
Şekil 4.13. Narlıkuyu'da (Silifke) bulunan KB-GD doğrultuda gelişmiş askıda kalmış geçit konumlu (conduit) bir mağara	33
Şekil 4.14. Çalışma alanının sayısal yükseklik modeli	34
Şekil 4.15. Çalışma alanının rölyef kazandırılmış sayısal yükseklik modeli ve ayırt edilen çizgisellikler	35
Şekil 4.16. Çalışma alanına ait rölyef kazandırılmış sayısal yükseklik modelinden çıkarılmış çizgiselliklere ait gül diyagramı	36

Şekil 4.17. Silifke (Mersin) bölgesinin 2005 yılına ait yağış- evapotranspirasyon ilişkisi	38
Şekil 4.18. Litolojik birimlerin geçirimsizlik sınıflaması	39
Şekil 4.19. Erdemli-Silifke bölgesinin göreceli geçirimsizlik haritası	40
Şekil 4.20. Çalışma alanından alınan su örneklerine ilişkin Piper diyagramı	43
Şekil 4.21. Çalışma alanından alınan su örneklerine ilişkin Schoeller diyagramı	44
Şekil 4.22. Sayısallaştırılmış topografya haritası	47
Şekil 4.23. Sayısallaştırılmış akarsu ve kaynak haritası	48
Şekil 4.24. Sayısallaştırılmış subatan haritası	49
Şekil 4.25. Sayısallaştırılmış mağara lokasyon haritası	49

TABLULAR DİZİNİ

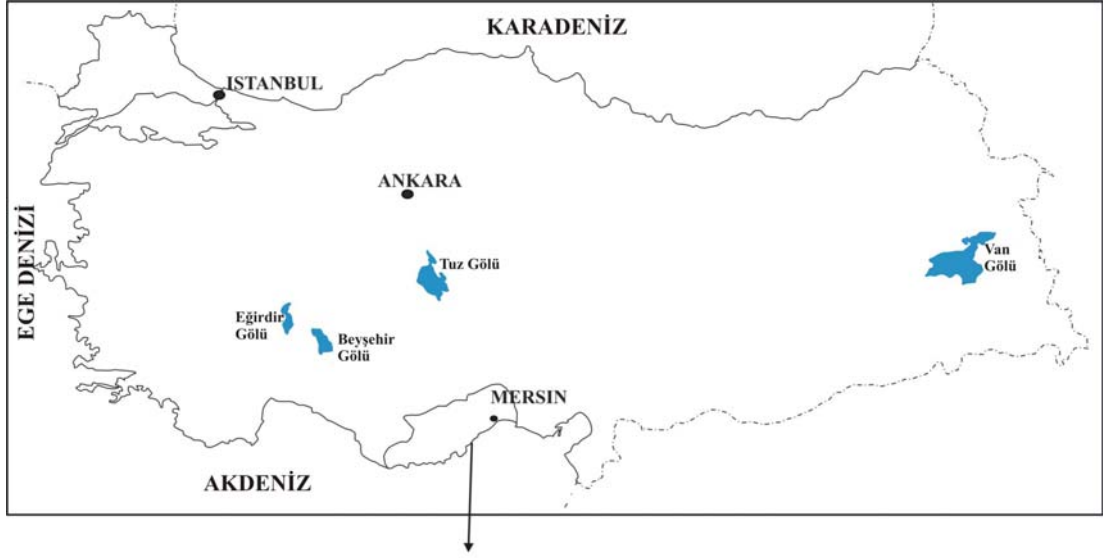
Tablo 4.1. Silifke (Mersin) bölgesinin 2005 yılına ait sıcaklık-yağış verilerinin Thorntwaite yöntemine göre hesaplanmış su bütçe bilançosu.	38
Tablo 4.2. Çalışma alanından alınan numunelerin kimyasal bileşimleri (ana iyonlar)	42

1. GİRİŞ

Torosların eteklerinde Mersin ilinin Erdemli – Silifke ilçeleri arasını kapsayan bu çalışma 1/25.000 ölçekli Silifke O31c3, O32c1, O32c4, O32d3, O32d4, P31b2, P32a1 ve P32a2 paftaları içerisinde yaklaşık 3250 km²'lik bir alanı kapsamaktadır (Şekil 1.1).

Bu çalışma Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır. Çalışmanın amacı Erdemli – Silifke arasındaki bölgenin karst potansiyelinin ortaya çıkarılması ve bölgenin karst coğrafi bilgi sisteminin oluşturulmasıdır.

Bu amaçla 8 adet 1/25.000 ölçekli topografik haritadan ArcGIS yazılımı kullanılarak eşyükselti eğrileri sayısallaştırılmış ve bölgenin sayısal yükseklik modeli (DEM) oluşturulmuştur. Oluşturulan DEM görüntüsü üzerinde çizgisellik analizi yapılmış ve bölgedeki karstik yüzey şekillerinden en belirginlerinden biri olan ve karstlaşmanın gelişim mekanizmasını yansıtan subatanlarla birlikte; yine karstlaşmanın en belirgin özelliklerinden biri olan mağaraların incelenmesi sonucu bölgenin karstlaşma mekanizması ve karst potansiyeli ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır. Bu amaca yönelik olarak bölgedeki kaynaklardan su numuneleri alınarak bu numunelerin kimyasal analizleri yapılmıştır.



Şekil 1.1. Çalışma alanının yer bulduru haritası.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Coğrafi Bilgi Sistemi (Cbs)

İngilizce Geographical Information Systems (GIS)'in Türkçe karŐılıđı olan Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), belirli bir konum ve biçimi olan nesnelere ait grafik ve grafik olmayan bilgilerin toplanması, depolanması, işlenmesi, sorgulanması, analiz ve görüntülenmesine yönelik donanım, yazılım, yöntem ve insan bileŐenlerini içeren bir bilgi sistemidir [1].

2.1.1. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Kısa Tarihçesi

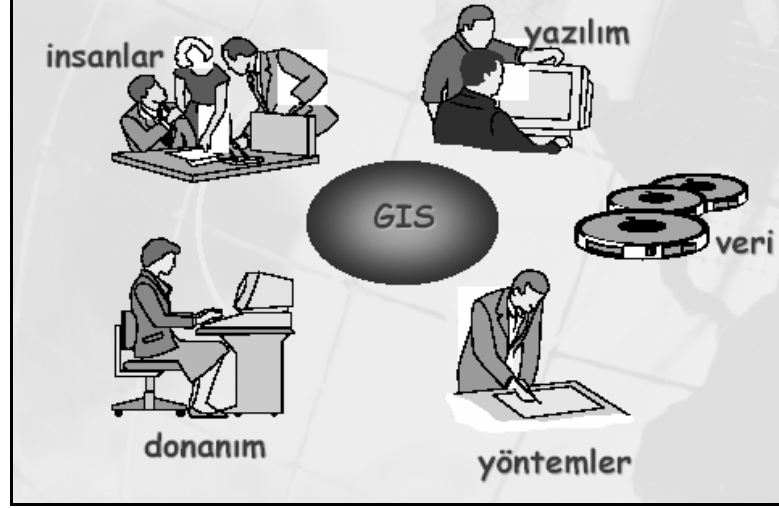
20. yy'ın ikinci yarısında bilgisayar teknolojilerinde ve matematik alanında meydana gelen geliŐmelere paralel olarak, verilerin depolanması, işlenmesi, güncellenmesi, paylaŐımı ve analizi olanakları hızlı bir Şekilde geliŐmiŐtir. Mevcut verinin doğru ve güvenilir bir biçimde depolanmasının dışında en son bilgi sistemleri sayesinde verilere bağlı olarak detaylı modelleme, araştırma ve analiz yapma olanağı dođmuŐtur.

Coğrafi Bilgi Sistemleri; 1960'ların baŐında Kanada ve İngiltere'deki deneysel kartografi ünitelerinde yapılan ilk operasyonel sistem ile hayata geçirilmiŐtir. 1970'lerde CBS'nin çekirdeğini oluşturan alıŐmalar Harvard grafik laboratuvarında yapılmış ve ilk ticari sistemler 1980'lerin baŐında ortaya çıkmıŐtır. CBS bilgisayar destekli tasarım (CAD), bilgisayar destekli kartoğrafya (CAAD/CAM), uzaktan algılama ve veri tabanı yönetimi (DBMS) disiplinlerindeki teknik ve kavramsal sürecin bütünleŐtirilmesi ile ortaya çıkmıŐtır [2].

Bilgi akıŐının hızlı olması, iş verimliliğini ve baŐarısını artırması, mevcut veriye ulaŐımı kolaylaŐtırması, verilerin kolaylıkla güncellenebilmesi, mevcut kaynak ve verilere bağlı olarak etkili ve doğru analiz yapılabilmesi gibi avantajlara sahip olan CBS günümüzde oldukça yaygın bir kullanım alanına sahiptir.

2.1.2. Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS)'nin Bileşenleri

Coğrafi Bilgi Sistemlerinin (CBS) temel işlevlerinin yerine getirilebilmesi için CBS bileşenleri olarak tanımlanan donanım, yazılım, veri, yöntem ve insan (kullanıcı) gibi 5 ana elemanın bir arada bulunması gerekmektedir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin temel bileşenleri [3].

2.1.2.1. Donanım

CBS'nin kullanımını mümkün kılan bilgisayar ve bilgisayar çevre birimleri donanım (hardware) olarak adlandırılır. Günümüzde CBS yazılımları tek kullanıcı veya ağ bağlantılı olarak çalışan bilgisayarlar gibi birçok farklı donanım türleriyle birlikte çalışabilmektedir.

2.1.2.2. Yazılım

Yazılım (software), kullanıcıya coğrafi bilgileri depolama, analiz etme ve görüntüleme olanağı sağlayan ve ticari amaçlı firmalarca geliştirilip üretilmiş veya üniversite ve benzeri araştırma kurumlarında eğitim ve araştırmaya yönelik geliştirilmiş programlardır. Bu yazılım programlarından en yaygın kullanılanlarına örnek olarak ArcGIS, MapInfo ve Arc Info verilebilir.

CBS yazılımlarında aranan temel özelliklerden bazıları şunlardır [2]:

- Coğrafi veri/bilgi girişi ve işlemi için gerekli araçları bulundurması,
- Bir veri tabanı yönetim sistemine sahip olması,

- Konumsal sorgulama, analiz ve görüntülemeyi desteklemesi,
- Ek donanımlar ile olan bağlantılar için ara-yüz desteği olması.

2.1.2.3. Veri

CBS için harcanan emek, zaman ve maliyetin %80'nin veri olduğu göz önüne alındığında veri (data) CBS'nin en önemli bileşeni konumundadır. Bilimsel çalışmalar kapsamında toplanan verilerin büyük bir kısmı coğrafik kapsamda analiz edilebilir niteliktedir [2].

2.1.2.4. Yöntem

Çalışmanın amacına ve kuruma bağlı olarak CBS'nin başarısı çok iyi tasarlanmış bir plana ve iş kuralına bağlıdır.

2.1.2.5. İnsan

CBS kullanıcıları, sistemleri tasarlayanlarla birlikte iş verimini artırmak amacıyla bu sistemleri kullanan kişilerden oluşan geniş bir kitledir.

2.1.3. Coğrafi Veri Modelleri

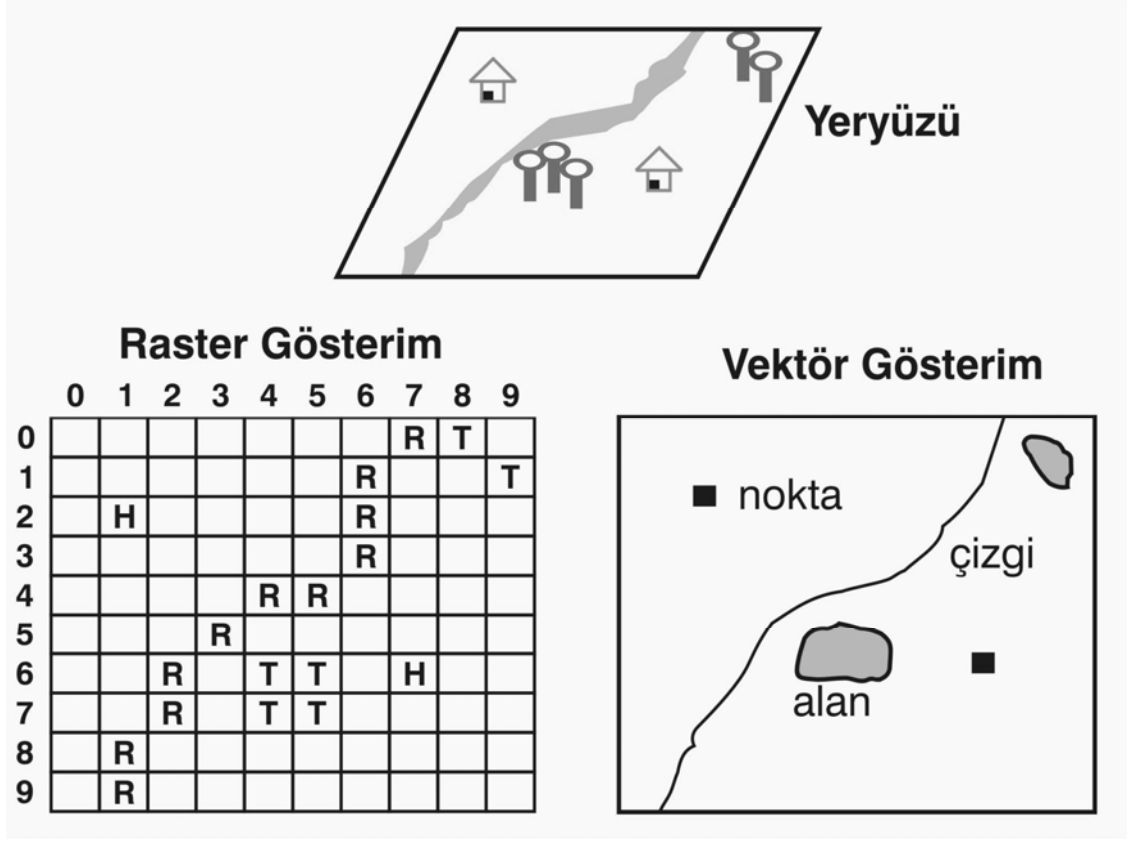
Coğrafi veri modelleri “vektör” (vector) ve “hücresele” (raster) veri olarak iki grupta toplanmaktadır. Bu veri modellerinden biri çalışmanın amacına uygun olarak CBS uygulama biçimine göre seçilmesine karşın günümüzde her iki veri modeli de birlikte kullanılabilir.

2.1.3.1. Vektör Veri

Vektör veri modelinde nokta, çizgi ve poligonlar (x,y) koordinat değerleriyle ile temsil edilir (Şekil 2.2). Veri yapısı karmaşık olmakla birlikte gerçek durumu daha iyi yansıtır.

2.1.3.2. Raster Veri

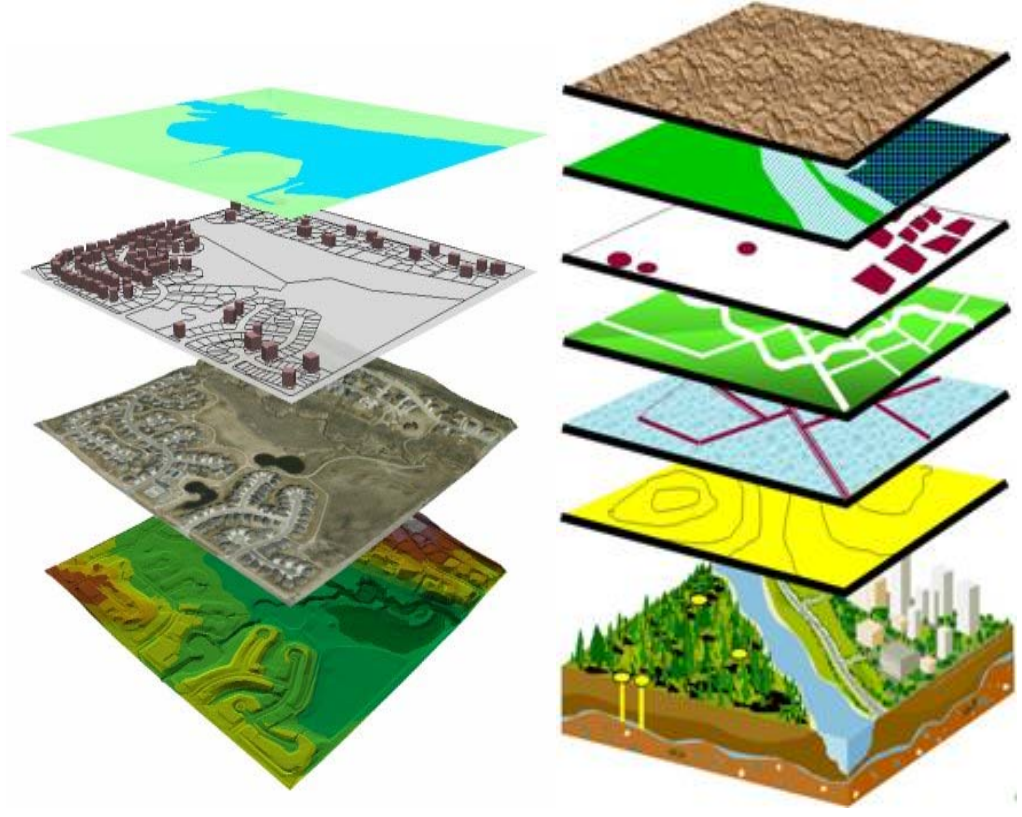
Çalışma alanını düzgün kareler ağına böler ve daha çok sürekliliği olan coğrafi özellikler için kullanılır (Şekil 2.2). Vektör veriye göre veri yapısı daha basittir.



Şekil 2.2. Verilerin raster ve vektör veri modelleri ile gösterimi [2].

2.1.4. Veri Girişi

Coğrafik verilerin toplanarak, harita ortamından bilgisayara aktarılması işlemine sayısallaştırma denilmektedir. Elde edilen bu raster harita CBS’de kullanımı amacıyla koordinatlama işlemi yapıldıktan sonra vektör veriye çevrilir. Çalışma amacına uygun olarak oluşturulan farklı katmanların isteğe bağlı olarak çakıştırılmasıyla CBS ile hazırlanan harita ve diğer grafikler görsel hale getirilir (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. Aynı koordinat sistemindeki farklı katmanların çakıştırılması [2].

2.2. Coğrafi Bilgi Sistemi (Cbs) İle İlgili Önceki Çalışmalar

Florea ve ark. [3], ArcView yazılımı kullanarak Kentucky karst haritası ve subatan dağılımını belirlemiştir.

Szukalski [4], CBS kullanarak mağara ve birçok farklı karstik yapıların bir arada değerlendirilebileceğini, yüksek çözünürlüklü karst haritalarının oluşturulabileceğini ve mağaraların 3 boyutlu olarak modellenebileceğini bildirmiştir.

Aydın ve ark. [5], Harmanköy-Beyyayla (Bilecik) bölgesinde karstik alanlardaki morfolojik yapıların CBS ile sayısal analizini yaparak hidrojeoloji açısından değerlendirmiştir.

Meriç ve Tezcan [6], karstik alanlarda CBS'den yararlanarak yeraltı suyu akım modellemesi oluşturmak amacıyla topografya tabanlı üç boyutlu bir yeraltı suyu akım modeli geliştirmişler ve geliştirilen bu modeli Antalya-Kırkgözler ve traverten platosu karst akifer sistemine uygulayarak bölgenin yeraltı suyu akım modelini oluşturmuşlardır.

Hung ve Batelaan [7], uzaktan algılama ve CBS'den yararlanarak Vietnam'ın tropikal karst alanlarında yeraltı su boşalım noktalarını ve deşarj alanlarını belirlemiştir.

Kazemi [8], uzaktan algılama ve CBS kullanarak Lar havzasında (İran) karst potansiyel haritası oluşturmuştur.

Plan ve ark. [9], Hochschwab (Viyana, Avusturya) bölgesinde CBS kullanarak oluşturdukları DEM (digital elevation model) görüntüsüyle karstik beslenme havzalarında subatan risk haritası oluşturmuşlardır.

Hyland ve ark. [10], kuzey Shenandoah vadisinde (Virginia, ABD) subatan duraylılık analizleri yaparak CBS ile subatan risk haritası oluşturmuşlardır.

Walz ve Spoelman [11], Wind Cave ulusal parkında CBS kullanarak mağara ve karst potansiyel haritası oluşturarak büyük mağara sistemlerini ortaya çıkarmaya çalışmışlardır.

Mihaylova ve ark. [12], Bulgaristan'da yaptıkları çalışmada yeraltı sularını jeoloji ve yaş açısından sınıflamışlar ve CBS kullanarak yeraltı su haritası oluşturmuşlardır.

Mullane ve Nelson [13], güneybatı Florida'da yaptıkları çalışmada CBS kullanarak subatanlar ile akiferler arasındaki ilişkiyi incelemiş ve karst duraylılık haritası oluşturmuşlardır.

Klimchouk ve ark. [14], Aladağlar'da (Niğde) yaptıkları mağara araştırmalarında CBS kullanarak karst ve mağara haritası oluşturmuşlardır.

Campbell [15], Kentucky'de (ABD) yapmış olduğu çalışmada subatanların yoğun olduğu bölgede CBS kullanarak sel risk haritası oluşturmuştur.

Gemalmaz ve ark. [16], CBS ve uzaktan algılama tekniklerini uygulayarak erozyon riski taşıyan alanların belirlenmesi amaçlı çalışmalarında Konya-Karapınar bölgesine ait erozyon riski taşıyan alanları belirlemişlerdir.

2.3. Bölge Jeolojisi İle İlgili Önceki Çalışmalar

Mersin ilinin jeolojisi hakkında birçok çalışma olmakla birlikte Erdemli – Silifke arasında kalan bölgede karstlaşma ile ilgili detaylı çalışma son derece azdır.

Ekmekçi (17), Akdeniz'e kıyısı olan ülkeler arasında Türkiye'nin karstlaşma açısından tür, hidroloji ve boyut açısından daha zengin olduğunu ve bu farkın jeolojik yapıdan daha ziyade tektonik evrim ve aynı döneme ait paleocoğrafik gelişimden kaynaklandığını belirtmiştir.

Eroskay ve Günay (18), Türkiye'yi Toroslar, Orta Anadolu, Güney Anadolu, Kuzeydoğu Anadolu ve Trakya olarak karst bölgelerine ayırmış ve Torosları en önemli ve en büyük karstik alan olarak tanımlayarak bölgedeki önemli mağaraların kireçtaşı ve ofiyolitik melanj dokanağında geliştiğini belirtmişlerdir.

Demirel ve Güler (19), Erdemli'nin batısını kapsayan bir bölgede kıyı akiferlerinde yeraltı suyunun hidrokimyasal evrimini incelemişlerdir.

Yüce (20), Lamas havzasında (Erdemli) karstik kaynakların tuzluluk derecesini ve beslenme alanlarını belirlemeye yönelik yaptığı çalışmada $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^2\text{H}$ izotop verilerine dayanarak bu kaynakların yüksek rakımlardan beslendiğini ortaya koymuş ve bölgedeki yeraltı sularını beslenme ve sirkülasyon koşullarını yansıtan 3 grupta toplamıştır.

Katalin ve Attila (21), Silifke ve civarında bulunan mağaraları speleolojik açıdan incelemişlerdir.

Hatipoğlu (22), Mersin – Tarsus kıyı akiferinin hidrojeokimyasını çalışmış ve oksijen-18 ve trityum izotop değerlerine dayanarak kıyı akiferinde yeraltı suyu besleniminin Toroslardan kaynaklandığını belirtmiştir.

Hatipoğlu ve Bayarı (23), Mersin-Tarsus kıyı ve yamaç akiferlerinin yeraltı suyu örneklerinin genel olarak Ca-HCO₃ fasiyesinde olduğunu belirtmiştir.

Atalay (24), Kuvaterner'deki iklim değişimlerini inceleyerek Akdeniz'de meydana gelen seviye değişimlerini belirtmiştir.

3. MATERYAL ve METOT

3.1. Materyal

Çalışma alanı Mersin ilinin Erdemli ve Silifke ilçeleri arasında kalan bölgeyi kapsamaktadır. Bölgenin karst coğrafi bilgi sisteminin oluşturulması amacıyla tez çalışması kapsamında kullanılan en önemli materyaller 1/25.000 ölçekli topografik haritalar ile yaygın olarak kullanılan CBS yazılımlarından olan ArcGIS 8.3'tür.

İnceleme alanında bulunan kaynaklardan alınan su numunelerinde yerinde pH, EC (elektriksel iletkenlik) ve tuzluluk ölçümleri için pH/Cond 340i WTW metre cihazı kullanılmıştır.

3.2. Metod

Yüksek lisans tezi olarak hazırlanan bu çalışma 1/25.000 ölçekli Silifke O31c3, O32c1, O32c4, O32d3, O32d4, P31b2, P32a1 ve P32a2 paftaları içerisindeki yaklaşık 3250 km²'lik bir alanı kapsamaktadır. Bu çalışma saha öncesi çalışmaları, saha çalışmaları, laboratuvar çalışmaları ve büro çalışmaları olmak üzere dört aşamada gerçekleştirilmiştir.

Saha Öncesi Çalışmalar

Çalışma alanı ile ilgili literatür taranarak sahaya ait veriler toplanmış, bu amaçla MTA (Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü) ve üniversitelerin kütüphaneleri ve internet üzerinden abone olunan veri tabanları taranmıştır. Çalışma alanı ile ilgili makale, tez, bildiri, rapor ve proje gibi kaynaklar derlenmiş, çalışma alanı ve yakın çevresine ilişkin yapılmış jeolojik haritalar incelenmiştir.

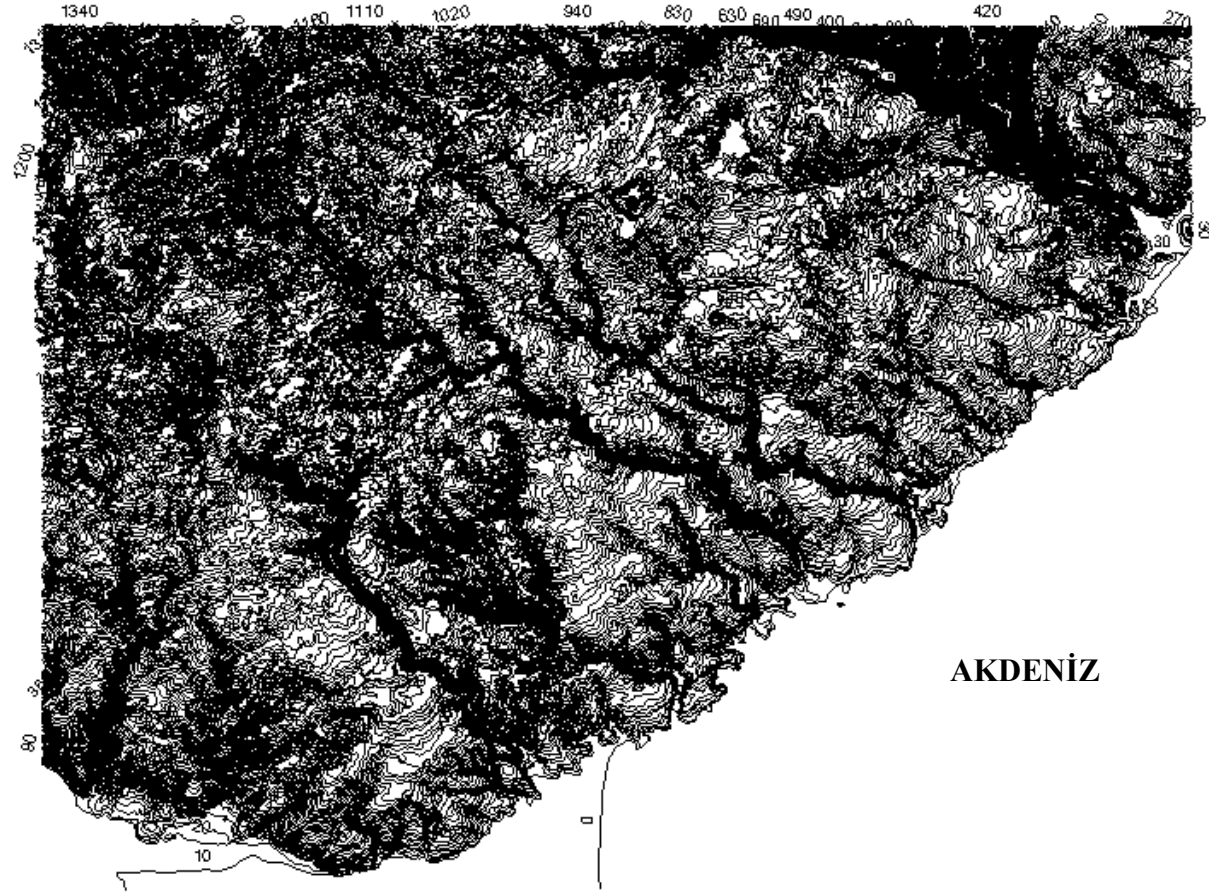
Saha Çalışmaları

Çalışma alanına ait 8 adet 1/25.000 ölçekli topografik haritaları ve MTA tarafından hazırlanmış 1/500.000 ölçekli Türkiye jeoloji haritası kullanılarak çalışma alanının jeoloji haritası hazırlanmış (Ek-1), bölgedeki formasyon sınırları belirlenmiş, birimlerin litolojik özellikleri açıklanmıştır. Bölgedeki karstik yüzey şekillerinde görülen farklılıklar incelenmiş ve fotoğraflanmıştır. Çalışma alanı sınırları içerisinde bulunan ve bugüne kadar tespit edilmiş yaklaşık 50 mağaranın 10'u araştırılmış, gelişim doğrultusunu ortaya çıkarmak amacıyla haritalaması yapılmıştır. Bölgedeki kaynakların su kimyasının belirlenmesi amacıyla bölgeyi genel olarak yansıttığı düşünülen 5 noktadan su numuneleri alınmıştır.

Laboratuvar Çalışmaları

Çalışma alanına ait 8 adet 1/25.000 ölçekli topografik haritalarından eşyüksekti eğrileri sayısallaştırılarak bölgenin sayısal yükseklik modeli oluşturulmuştur (Şekil 3.1). Elde edilen sayısal yükseklik modeline rölyef verilerek (Ek-2 ve 3) çalışma alanının üç boyutlu arazi modeli oluşturulmuştur. Jeoreferanslandırma işlemi yapılan görüntüye çalışma amacına uygun olarak seçilen ve CBS bölümünde detaylı olarak anlatılan subatan, mağara, kaynak ve çizgisellik gibi verilerin işlenmesiyle bölgeye ait karst coğrafi bilgi sistemi oluşturulmuştur.

Bölgedeki kaynaklardan alınan su numunelerin su kimyası analizleri Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Köy Hizmetleri 3. Bölge Müdürlüğü Toprak ve Su Analiz Laboratuvarı'nda yapılmıştır.



Şekil 3.1. Çalışma alanına ait 6 adet paftadaki eşyüksekti eğrilerinin sayısallaştırılmış görüntüsü.

Büro Çalışmaları ve Tez Yazımı

Saha çalışmalarından elde edilen veriler ve laboratuvar sonuçları kullanılarak;

- Çalışma alanının 1/25.000 ölçekli jeoloji haritası hazırlanmış, tez alanında bulunan yerleşim birimleri jeolojik harita (Ek-1) üzerine yerleştirilmiştir.
- CBS yazılımı kullanılarak çalışma sahasına ait DEM (sayısal yükseklik modeli) oluşturulmuştur.
- Tezin amacına uygun olarak bölgeye ait karstik yüzey ve yeraltı şekilleri oluşturulan DEM görüntüsü üzerine işlenmiş ve tez formatına uygun hale getirilerek tez içerisinde sunulmuştur.
- Saha çalışmaları esnasında çekilen fotoğraflar düzenlenmiş ve tez formatına uygun hale getirilmiştir.
- Elde edilen tüm verileri “Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans ve Doktora Tez Yazım Kuralları Yönergesi”ne uygun olarak düzenlenmiş ve tez yazımı gerçekleştirilmiştir.

“Erdemli-Silifke arasının karst hidrojeolojisi ve karst coğrafi bilgi sisteminin oluşturulması” adlı tez çalışması kapsamında hazırlanan jeolojik haritanın (Ek-1), yer bulduru haritasının çiziminde ve arazi fotoğraflarının düzenlenmesinde Corel DRAW 11, Adobe Photoshop 6, Microsoft Photo Editor programları kullanılmıştır. CBS (Coğrafi Bilgi Sistemi) ile ilgili tüm çalışmalarda ArcGIS 8.3 programı kullanılmıştır.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1. Bölgesel Jeoloji

Mersin il merkezinin batısında Orta Toroslarda yer alan çalışma alanında Triyas–Tersiyer zaman aralığında çökelmiş 8 farklı birim ayırt edilmiştir. Bu birimler yaşlıdan gence doğru aşağıdaki gibidir (Şekil 4.1).

Alüvyonlar	(Qal, Kuvaterner),
Kalış	(Qk, Kuvaterner),
Karaisalı Formasyonu	(Tka, Alt-Orta Miyosen),
Kaplankaya Formasyonu	(Tkp, Alt-Orta Miyosen),
Gildirli Formasyonu	(Tgi, Oligosen-Alt Miyosen),
Mersin Ofiyoliti	(Krüm, Kretase),
Cehennemdere Formasyonu	(JKrc, Jura-Kretase),
Karagedik Formasyonu	(Trk, Triyas)

4.1.1. Karagedik Formasyonu

Çalışma alanında Atakent'in güneyinde gözlenen Karagedik Formasyonu ilk olarak Demirtaşlı ve ark. [25] tarafından adlandırılmıştır. Mersin'in Namrun ilçesinde yüzeylenen bu birim kireçtaşı, kumtaşı ve seyliden oluşmaktadır.

Killi kireçtaşı, kumtaşı ve seyl araldanmasından oluşan birimin yaşı Demirtaşlı ve ark. [25] tarafından fosil içeriğine ve stratigrafik konumuna göre Triyas olarak verilmiş ve birimin duraysız şelf koşullarında geliştiğini belirtmişlerdir. Birimin üzerine Jura-Kretase yaşlı Cehennemdere Formasyonu açısız uyumsuzlukla gelmektedir. Demirtaşlı ve ark. [25] birimin görünür kalınlığının 600 m olduğunu belirtmişlerdir.

Sistem	Seri	Kat	Formasyon	Kalınlık (m)	Simge	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
TERSİYER	Kuvaterner				Qal		Alüvyon, yamaç molozu ve toprak örtüsü
	Miyosen		Karaisalın Kaplankaya	50 - 300	Tka Tkp		Kalın tabakalı resifal kireçtaşı Killi kireçtaşı, killi kumtaşı, marn, fosilli kireçtaşı
KRETASE	Oligosen		Gildirli	150 - 640	Tgi		Kırmızı renkli çakıltıtaşı, kumtaşı, marn ardalanması <i>Uyumsuzluk (nonconformity)</i>
	Üst	Kampaniyen Maastrihtiyen	Mersin Ofiyoliti	?	Krüm		Harzburjit, gabro, serpantinit, yastık lav ve radyolarit <i>Uyumsuzluk (nonconformity)</i>
JURA	Alt	Senoniyen Santoniyen	Cehennemdere	1500	JKrc		Koyu gri-siyah renkli dolomit, gri renkli, kalın tabakalı dolomitik kireçtaşı ve gri renkli, orta-kalın tabakalı kireçtaşı ardalanması
TRIYAS			Karagedik	600	Trk		Kalın tabakalı, gri renkli kireçtaşı koyu gri-siyah renkli, kalın tabakalı dolomit <i>Açısal Uyumsuzluk</i> Killi kireçtaşı, olistolitli kumtaşı, kumtaşı, şeyl

Ölçeksiz

Şekil 4.1. Erdemli-Silifke (Mersin) bölgesinin tektono-stratigrafik dikme kesiti (Kalelioğlu (2005)'den değiştirilerek alınmıştır).

4.1.2. Cehennemdere Formasyonu

Çalışma alanında Esenpınar köyünün güneybatı-batısında, Sandal Dağı ve civarında görülen Cehennemdere Formasyonu, ilk olarak Demirtaşlı ve ark. [25] tarafından Bolkarlarda yüzeylenen Mesozoyik yaşlı dolomit, dolomitik kireçtaşı, kireçtaşı ardalanmasından oluşan birimi Cehennemdere Formasyonu olarak adlandırmışlardır.

Kalelioğlu [26], Cehennemdere Formasyonunun litolojik özellikleri ve fauna içeriğinden dolayı sığ denizel durgun bir platformda çökeldiğini ve birim içerisinde gözlenen dolomitlerden dolayı çökeltme ortamının yer yer gel-git ortamı olduğunu belirtmiştir.

Dolomit, dolomitik kireçtaşı ve kireçtaşı ardalanmasından oluşan birimin yaşı Jura-Kretase [25] ve Jura-Alt Kretase [27] olarak belirtilmiştir.

4.1.3. Mersin Ofiyoliti

Çalışma alanında Lamas Çayı'nın kuzeybatısında görülen birim, ilk olarak Yaman [28] tarafından Mersin Ofiyoliti olarak adlandırılmıştır ve Fındıkpınarı karmaşığının tabanında yer alan ofiyolitik bir seridir.

Parlak ve ark. [29], Mersin Ofiyolitinin harzburjitik tektonitler, ultramafik ve mafik kümülatlar, alkali ve toleyitik bazaltlar ve pelajik sedimanlardan oluştuğunu belirtmişlerdir. Birimin yaşı Geç Kretase [28, 29] olarak verilmiştir.

4.1.4. Gildirli Formasyonu

Çalışma alanında Esenpınar köyünün güneybatısında, Sandal Dağının kuzeyinde ve Lamas Çayının her iki yakasında da görülen birim, ilk olarak Schmidt [30] tarafından adlandırılmıştır. Adana Havzasında görülen Gildirli Formasyonu çakıltaşı, kumtaşı ve şeyllerden oluşmakta ve karasal, gel-git ve sığ denizel ortamları yansıtmaktadır. Konglomera, kumtaşı, silttaşı ve marn ardalanmasından oluşan birimin yaşı Yetiş ve Demirkol [31] tarafından Oligosen-Alt Miyosen olarak verilmiştir.

4.1.5. Kaplankaya Formasyonu

Çalışma alanında Erdemli'nin kuzeyinde, Lamas Çayının kuzeydoğusunda görülen birim, ilk olarak Yetiş ve Demirkol [31] tarafından Kaplankaya Formasyonu olarak adlandırılmıştır. Adana Havzasında yüzeylenen bu birim marn,

fosilli kumtaşı ve kumlu kireçtaşlarından oluşmaktadır ve birimin yaşı Burdigaliyen [31, 32] olarak verilmiştir.

Kalelioğlu [26], birimin bol ostrakod içeriği ve Karaisalı Formasyonu ile yanal ve düşey geçişlere sahip olmasından dolayı sığ denizel resif gerisi bir ortamı yansıttığını belirtmiştir.

4.1.6. Karaisalı Kireçtaşı

Çalışma alanında oldukça büyük bir alanı kaplayan Karaisalı Formasyonu ilk olarak Schmidt [30] tarafından Karaisalı Kireçtaşı olarak adlandırılmıştır. Bol miktarda mercan, gastropod ve ekinid gibi makrofosiller içeren ve resifal kireçtaşlarından oluşan birimin yaşı Gül ve ark. [33] tarafından Serravaliyen, Pampal [34] tarafından Langiyen-Serravaliyen olarak verilmiştir.

4.1.7. Alüvyon

Çalışma alanında Göksu ve Lamas Çayının denize ulaştığı alanlardaki düzlükleri kaplayan birim; çakıl, kum, silt, kil ve kumlu kil karışımından oluşmaktadır. Şenol ve diğ., [35] tarafından, Tirreniyen-Güncel zamanda gelişen morfolojik birimler üzerinde geliştiği ve gelişiminin devam ettiği ve taşkın ovalarında yer aldığı bildirilmiştir.

4.2. Karstlaşma

Sözcük anlamı kıraç, çorak, verimsiz alan olan karst, bir dizi fiziko-kimyasal süreçlere bağlı olarak eriyebilir kayaçların aşınması olayıdır ve oluşan yerüstü ve yeraltı şekillerine de karstik şekiller adı verilmektedir [36].

Karstik alanlar, buzullar hariç dünyanın kara bölgelerinin yaklaşık %12'sini kaplamakla birlikte; dünya nüfusunun önemli bir kısmı karstlaşmaya uygun karbonatlı kayaçların kapladığı alanlarda yaşamakta ve bu nüfusun %25'i içme suyu ihtiyacını büyük oranda karst sularından karşılamaktadır [37].

Yukarıda kısaca tanımlanan karstik alanlarda yapılacak olan mühendislik yapılarında karşılaşılan sorunların çözümü için öncelikle bölgenin karst karakteristiklerinin çok iyi bilinmesi gerekmektedir. Karstlaşma mekanizmasının çözümlenmesiyle hem sonradan doğabilecek göçükler (28 Mart 2003 tarihinde Gaziantep'te mağara üzerine inşa edilmiş 5 evin çökmesi sonucu 1 kişi hayatını kaybetmiş, 22 kişi de yaralanmıştır [38]) sonucu oluşabilecek can ve mal kayıpları önlenebilir, hem de baraj ve tünel gibi mühendislik yapılarında meydana gelebilecek su kaçakları, sellenme ve olası yıkımlar önlenebilir. Ayrıca, karstik alanlardaki beslenme havzalarında ve karstik su kaynaklarında olası doğal ve antropolojik kirlenmenin önüne geçilebilir.

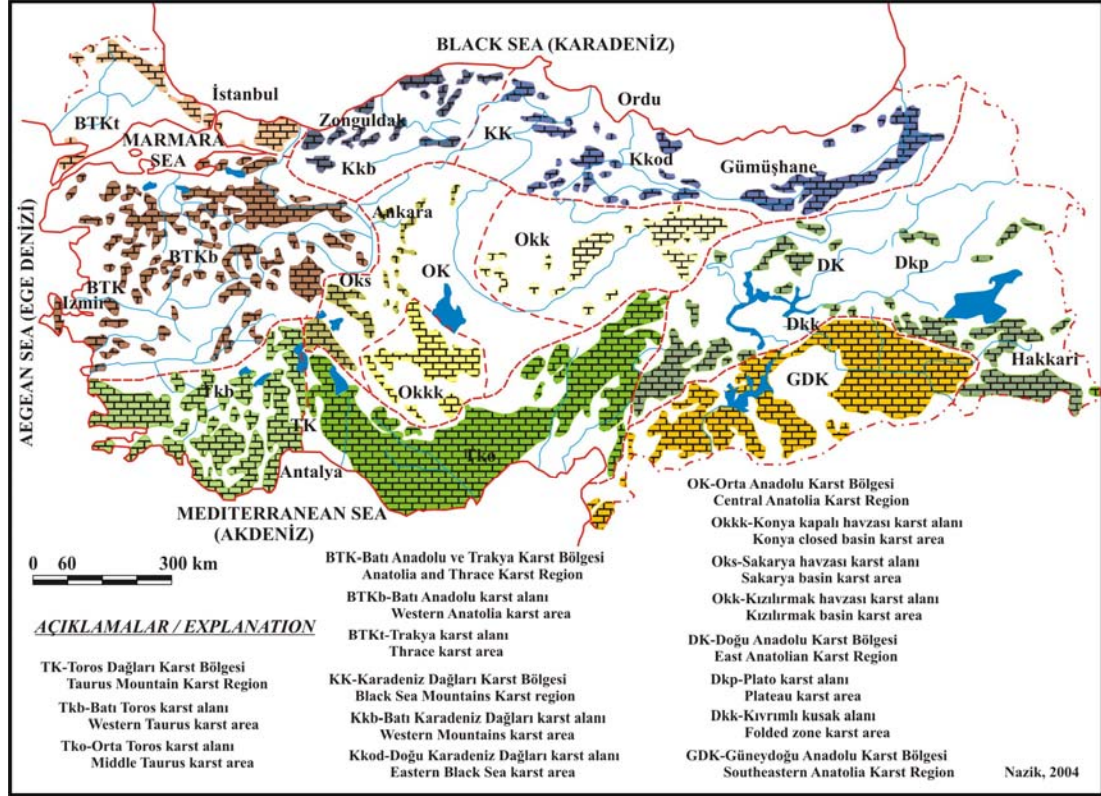
Yukarıda kısaca anlatılan nedenlerden ötürü bölgenin karst potansiyelini değerlendirmeden önce sık rastlanılan bazı karstik yapıların tanınması yararlı olacaktır.

4.2.1. Karstik Yapılar

4.2.1.1. Mağaralar

Ülkemizin 2/5'i karstlaşmaya uygun karbonat ve sülfatlı kayaçlarla kaplıdır (Şekil 4.2.). Toridler, Anatolidler, Pontidler, Kenar Kıvrımları ve Güneydoğu Anadolu Otoktonu olmak üzere belirgin tektonik kuşaklar şeklinde uzanan bu

kayaçlar içerisinde onbinlerce (yaklaşık 35.000-40.000) mağara geliştiği tahmin edilmektedir [36].

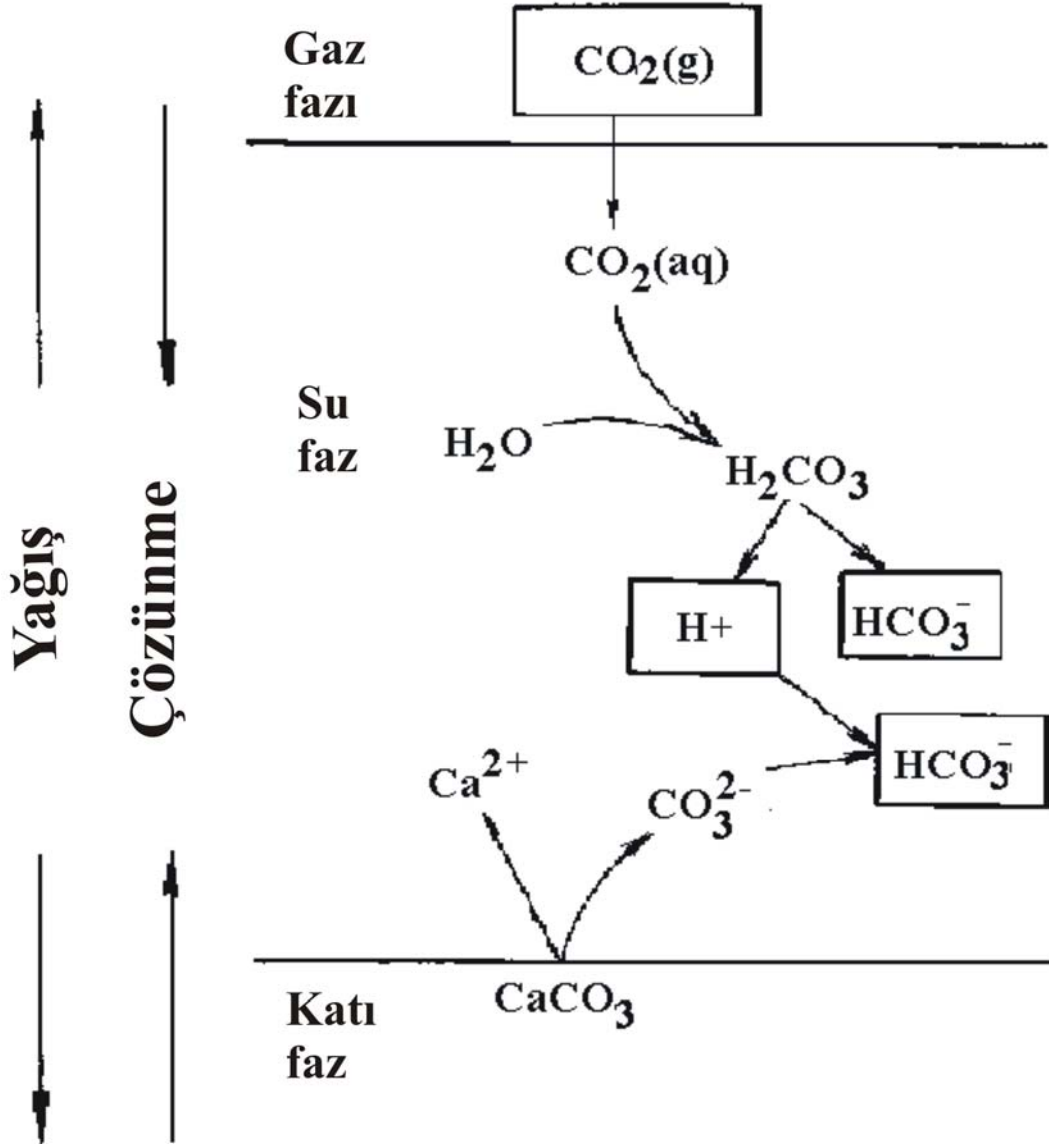


Şekil 4.2. Türkiye karst haritası [36].

Genel olarak, yüzeye açılımı olan ve en az bir insanın sürünerek girebilmesine olanak sağlayan genişlik ve yüksekliğe sahip yeraltı boşluğu olarak tanımlanan mağaralardaki yerli (damlataş) ve yabancı çökeller yardımıyla bulunduğu bölgenin jeolojik, jeomorfolojik, hidrolojik, hidrojeolojik, depremsellik, antropolojik geçmişi ve ekolojik gelişimine ışık tutar ve başta turizm olmak üzere depolamacılık, mağara terapisi, kültür mantarcılığı askeri amaçlı sığınak, lojistik alan temini ile plaser mineral ve yeraltı suyunun belirlenmesine yönelik olarak ekonomik amaçlarla kullanılmaktadır.

Mağaraların oluşumu temel olarak eriyebilir kayaç, su ve CO₂ (karbondioksit) varlığına bağlıdır. Yüzey suları, toprak veya ana kayada yaşayan canlıların faaliyetleri, bozunmuş canlı atıkları, sülfürlerin oksitlenmesi ve bitkilerin çürümesi sonucu ortaya çıkan CO₂ ile birleşerek asidik özellik kazanırlar (Şekil 4.3). Normal

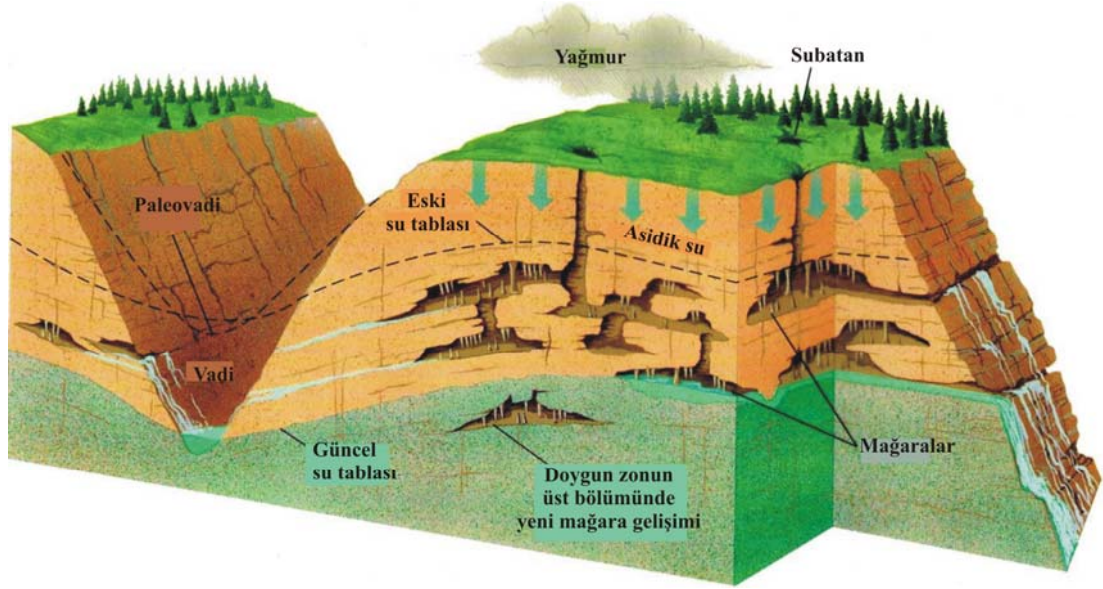
koşullarda zor çözünen kireçtaşının çatlaklarından geçen bu son derece asidik sular geçtikleri çatlakları eriterek genişletirler. Zamanla eriyerek genişleyen kırık ve çatlakların geometrisi, bölgenin yüksekliği, karbonatlı kayalarla geçirimsiz kayaların birbirlerine göre konumları, akarsu, göl veya deniz düzeyine bağlı olarak gelişir ve dikey veya yatay şekilli mağaralar oluşur [36].



Şekil 4.3. Yüzeysel sular ile karbondioksit etkileşiminin şematik gösterimi [39].

Kırık ve çatlaklardan derine doğru ilerleyen ve CaCO_3 'ca doymun hale gelen bu asidik suların karbonatlı kayacı eritmesi ve kırık ve çatlakları genişletmesi yavaşlar. 10-50 μm genişliğindeki bir çatlak 5-10 mm genişliğe 3-10.000 yılda ulaşır [36].

Zamanla genişleyen kanallardaki suyun yeniden hızlanmasıyla CaCO_3 'ca doygunluğa ulaşmamış sular derinlere indikçe kayacın çözünmesi yeniden hızlanır. 5-10 mm genişlikteki bir çatlak bölgenin jeolojisine bağlı olarak 10.000-100.000 yılda çapı birkaç metre olan mağara galerisine dönüşür [36]. Gelişim, mağara tavanının kendi ağırlığını taşıyamayarak çökmesine kadar devam eder (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Mağara oluşumunun şematik gösterimi [36].

Akdeniz için beslenme havzası niteliğinde olan Orta Toroslarda yer alan çalışma alanında dikey-yarı dikey, yarı aktif, düden ve geçit konumlu çok sayıda mağara bulunmaktadır. Bununla birlikte kıyı kesiminde ise kaynak konumlu, yatay-yarı yatay küçük ölçekli mağaralara oldukça sık rastlanılmaktadır (Ek-2 ve 3).

Çalışma alanında, Mersin Üniversitesi Mağara Araştırma Topluluğu (Mümat) ile birlikte Mart 2005-Mart 2007 tarihleri arasında yapılan çalışmalarda 50'den fazla irili-ufaklı mağaranın varlığı tespit edilmiş, bunlardan bir kısmının araştırılması yapılmıştır. Çalışma alanında yer alan mağaralardan bazıları; Kepez Mağarası, Hasanaliler 1 ve Hasanaliler 2 Mağaraları, Kayrak Mağarası, Cennet-Cehennem Obrukları, Dilek (Astım) Mağarası, Ekizin Düdeni, Dipsiz, Aşağıdünya Obruğu, Tahtacıni, Kızılın, Otlukini, Samanlı İn, Mezarlık Mağarası ve Sandalseki Mağarası'dır.

Çalışma alanında bulunan mağaraların gelişimi, bölgenin tektoniğine uygun olarak genellikle KD-GB doğrultulu kırık ve çizgisellikleri takip etmiştir. Bununla birlikte, çalışma alanını etkileyen sol yanal doğrultu atımlı fay sistemine bağlı olarak, oldukça sık rastlanılan KB-GD doğrultulu çizgisellikler bölgede bulunan mağaraların gelişimi üzerinde etkin bir rol oynamakla birlikte özellikle geçit konumlu (conduit) mağaraların gelişimini sınırlamış ve karstik boşalım yönlerinde etkin rol oynamıştır.



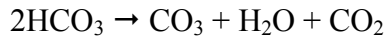
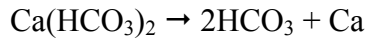
Şekil 4.5. Dağlı Köyü'nün (Elvanlı) kuzeydoğusunda bulunan geçit konumlu Mezarlık Mağarası.

4.2.1.1.1. Mağara Çökelleri

Mağara gelişiminin ikinci evresini oluşturan mağara içi çökelleri allohton (yabancı) ve otokton (yerli) olmak üzere iki grupta toplanır. Daha önceki bölümlerde de belirtildiği gibi mağara çökelleri bulunduğu bölgenin jeolojik, jeomorfolojik, hidrolojik, hidrojeolojik, antropolojik ve ekolojik geçmişine ışık tutar.

Allokton çökeller, mağarayı oluşturan suların fiziksel aşındırması sonucu beraberlerinde taşıdıkları malzemelerdir. Mağaralarda en çok rastlanan allokton çökeller çakıltası, kum ve kil depolarıdır.

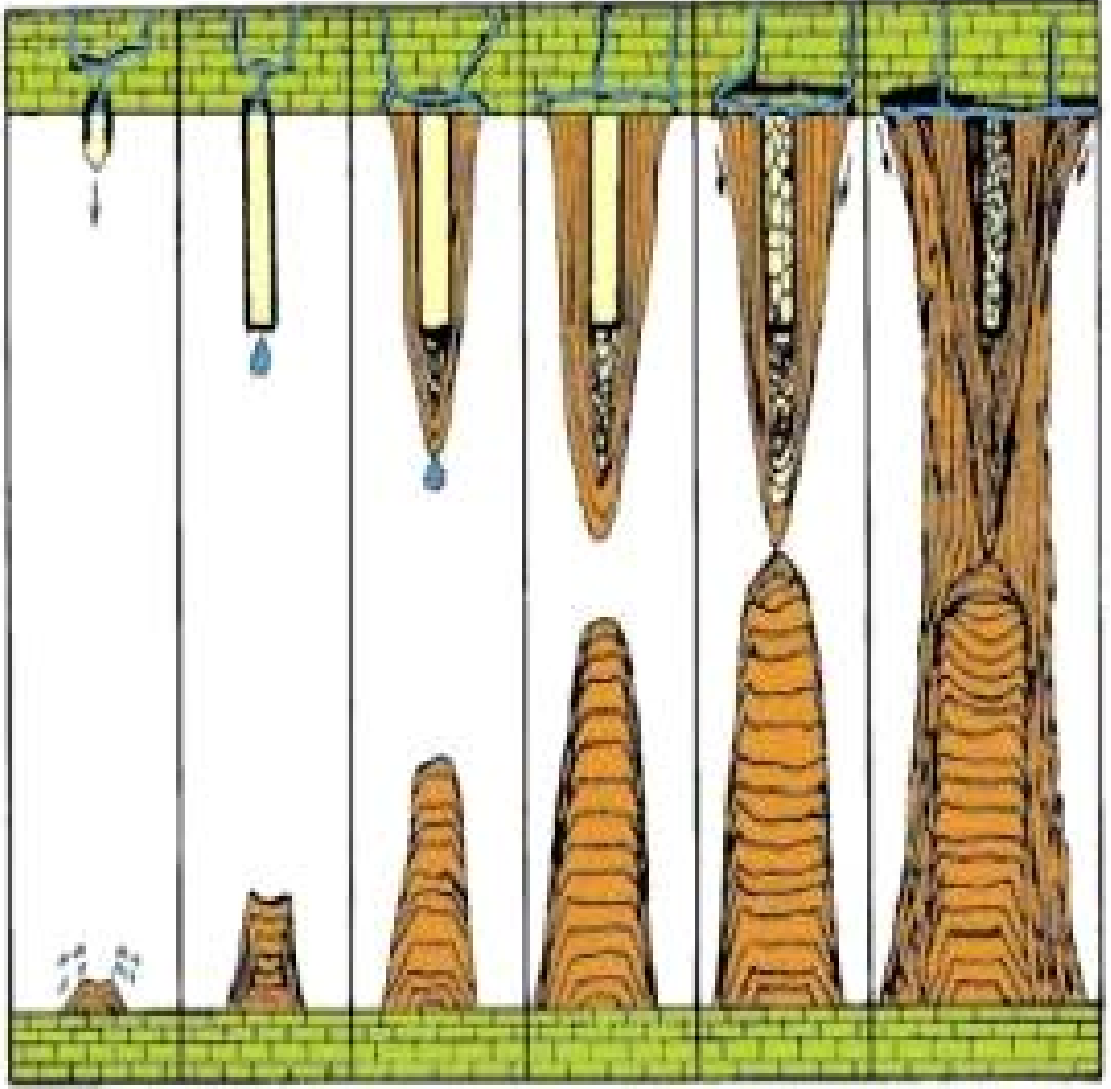
Otokton çökeller ise; asidik suların kayacın çatlaklarından ilerlerken CaCO₃'ca doymun hale gelmeleri ile birlikte sıcaklık ve CO₂ basıncındaki değişmelere bağlı olarak bünyelerindeki CO₂'in serbest hale geçmesi sonucu mağara tavanı, tabanı ve duvarında karbonat olarak çökelmeleri ile oluşur.



Yüzeyden sızan ve asidik özellik kazanarak çatlakları eriterek ilerleyen suların mağara tavanında oluşturdukları ilk şekil sarkıtlardır (Şekil 4.6). Tavandan damlayan suların bünyelerindeki CO₂'nin bir kısmının serbest hale geçmesiyle içi boş küre şeklinde karbonat çöker. Sarkıt oluşumunun başlangıç evresinde bu dairesel çekirdeğin içi boştur ve damlayan her su bu çekirdeği silindirik olarak büyütür. Zamanla sarkıtların içerisindeki kanalın tıkanması veya su akımındaki değişikliklere bağlı olarak damlalar artık dış yüzeyden akmaya başlayarak dikey ve yanal yönde sarkıt gelişimi devam eder (Şekil 4.6). Sarkıtları oluşturan suların ve doğal çevrenin fiziko-kimyasal yapısında değişiklikler olmadığı sürece bir sarkıt genel olarak yılda ortalama 0.06-3 mm arasında büyür [36].

Tavandan damlayan sular, tabanda düştükleri noktada buharlaşma ve CO₂ kaybı nedeniyle karbonat olarak çöker ve dikitleri meydana getirir (Şekil 4.6). Dikitleri oluşturan sularla doğal çevrenin ve mağaranın fiziko-kimyasal yapısında herhangi bir değişiklik olmadığı sürece bir dikit yılda ortalama 0.05-6 mm arasında büyür [36]. Sarkıt ve dikitlerin gelişimlerine devam ederek birleşmeleri sonucunda sütunlar meydana gelir.

Oluşum mekanizması sarkıt ve dikit oluşumu ile tamamen aynı olan, ancak şekil ve büyüklük bakımından farklılık gösteren ve bulunduğu mağarayı nispeten daha önemli kılan birbirinden farklı damlataş yapıları mevcuttur. Ancak tez kapsamında bu yapılara yer verilmemiştir.



Şekil 4.6. Otokton çökelişin ilk aşaması olan sarkıt ve dikitin birleşerek sütun oluşmasının şematik gösterimi [40].



Şekil 4.7. Dağlı Köyü'nün (Elvanlı) kuzeydoğusunda bulunan Nalçalı Mahallesiinde yer alan Sandalseki Mağarasındaki sarkıt ve dicitler.

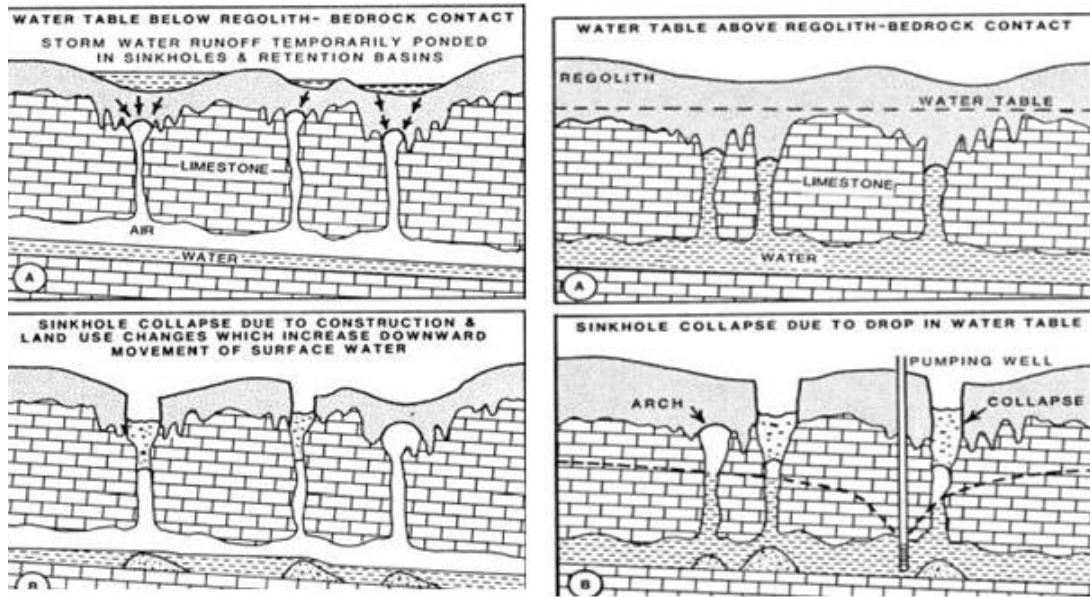
4.2.1.2. Karstik Yüzey Şekilleri

Mağara oluşumuna benzer şekilde; karbonatlı kayacın üzerini kaplayan topraktan geçerken bünyesine karbondioksiti alarak asidik özellik kazanan yüzey sularının, bu kayalar üzerindeki çatlakları zamanla eritip genişletmesi sonucu oluşan negatif ve pozitif erime yapıları karstik yüzey şekillerini oluştururlar.

Tez kapsamında, büyüklüklerine ve oluşum şekillerine göre farklılık gösteren karstik yüzey şekillerinden çalışma alanında en sık rastlanılan ve nispeten daha önemli olan yapılara yer verilmiştir.

4.2.1.2.1. Subatanlar (Sinkhole)

Obruk, düden ve dolin gibi karstik çöküntü alanları için genel bir ifade olan subatan (sinkhole); gökyüzüne açılan büyük erime boşlukları olup topografik olarak kapalı karstik çöküntülerin genel adıdır. Genellikle eliptik ya da dairesel şekillidirler [41].



Şekil 4.8. Erime tipi ve çökme tipi subatan oluşumunun şematik gösterimi [42].



Şekil 4.9. Yağmurdan önce ve sonra subatanların görünüşleri [43].

Subatanlar, oluşumlarına dair birçok teori olmakla birlikte temel olarak erime ve çökme tipi olarak ikiye ayrılmıştır. Erime tipindekiler, mağara tavanını örten örtü tabakanın (regolith) sellenmeye maruz kalması sonucu yüzeyde toplanan suyun bu örtü tabakayı ve kayacı eritmesi sonucu oluşurlar (Şekil 4.8). Çökme tipi subatanlar ise, yeraltı su seviyesinin doğal veya antropolojik etkiler (aşırı pompaj vs) sonucu düşmesiyle nispeten ince olan mağara tavanının çökmesi sonucu oluşurlar (Şekil 4.8).



Şekil 4.10. Esenpınar (Erdemli) yakınlarında bulunan Büyükçukur karstik çöküntü alanı.

4.2.1.2.2. Karren

Karren terimi, eriyebilen kayaların yüzeylerinde oluşan küçük ölçekli erime özelliklerinin tamamı için kullanılan genel bir terimdir. Şekil ve büyüklüklerine bağlı olarak lapy, kamenitza, rillenkarren gibi farklı türlere ayrılır (Şekil 4.11).



Şekil 4.11. Küçük, eriyebilir çukurlar, karren [44].



Şekil 4.12. Esenpınar (Erdemli) yakınlarında Jura-Kretase yaşlı Cehennemdere Formasyonuna ait kireçtaşlarında gelişen rillenkarrenler.

4.2.2. Karstlaşmayı Denetleyen Parametreler

Bir dizi fiziko-kimyasal sürece bağlı olarak eriyebilir kayaçların aşınması olarak tanımlanan karstın; tanımından da anlaşılacağı üzere karstlaşma oluşum ve gelişim açısından birçok faktöre bağlıdır. Burada karstlaşma açısından en önemli parametreler çalışma alanı ile ilişkilendirilerek verilecektir.

4.2.2.1. Jeolojik Faktörler

Kayacın türü ve bileşimi, tane boyu, porozitesi, stratigrafisi, süreksizlikler, hidrolojik ve hidrojeolojik özellikler vb. jeolojik özellikler karstlaşmayı denetleyen parametrelerin en önemlilerindedir.

Bir bölgede karstlaşmadan söz edebilmek için o bölgede; karstlaşmanın gelişebileceği uygun jeolojik ortam (eriyebilir kayaç), tektonik hareketler ve eriyebilir kayacı kimyasal olarak aşındıracak suyun varlığına gereksinim vardır. Dolayısıyla karstlaşma jeolojik süreçlere bağlı olarak gelişen jeolojik bir olgudur.

Karstlaşma en iyi kireçtaşlarında gelişmekle birlikte; evaporitler (jips, anhidrit, kaya tuzu), silikatlar ve kuvarsitlerde de görülmekle birlikte kireçtaşları dışında gelişen karst pseudo (sözde-yalancı) karst olarak adlandırılmaktadır.

2/5'i karbonatlı kayaçlardan oluşan Türkiye'de yoğun bir karstlaşma söz konusudur. Türkiye; Toroslar, Orta Anadolu, Güney Anadolu, Kuzeydoğu Anadolu ve Trakya olmak üzere dört karstik bölgeye ayrılmıştır [45]. Bu bölgelerden biri olan Toroslar Türkiye karstı açısından en önemli ve en büyük karstik alanı oluşturmaktadır.

Çalışma alanının da içinde bulunduğu Orta Toroslar mağara yoğunluğu, derinliği ve uzunlukları ile gelişim döneminin uzunluğu veya sürekliliği açısından Türkiye'nin karst açısından ilk sırasındaki bölgesidir [36]. Çalışma alanı (Şekil 4.2), karstlaşmaya son derece uygun kireçtaşlarıyla kaplıdır. Çalışma alanındaki hakim litolojiyi Karaisalı kireçtaşı oluşturmaktadır (Ek-1). Resifal kireçtaşı olan Karaisalı kireçtaşı çalışma alanında genellikle beyaz, açık gri, bej renklerde, bol mercan ve gastrapodlu, erime boşluklu kireçtaşlarından oluşmaktadır.

Süreksizlikler, kırık ve çatlaklar, faylar gibi yapılar için kullanılan genel bir ifade olan çizgiselliklerin belirlenmesi özellikle karbonatlı kayaçlarda karstlaşmaya ait ipuçları sunduğu gibi bu alanlarda yapılacak olan yeraltı suyu araştırmalarında da oldukça yararlı sonuçlar vermektedir. Türkiye karstının ve karstlaşma gelişiminin kontrol parametrelerine göre yeniden değerlendirildiği bir çalışmada, Toroslarda karstlaşmanın tektonik yükselmeye bağlı enerji gradyanı etkisinde geliştiği bildirilmiştir [46]. Dolayısıyla bölgesel ölçekte yapılacak çizgisellik analizi ile zayıflık zonları belirlenerek; yeraltı suyunun hareket edebileceği ve depolanabileceği

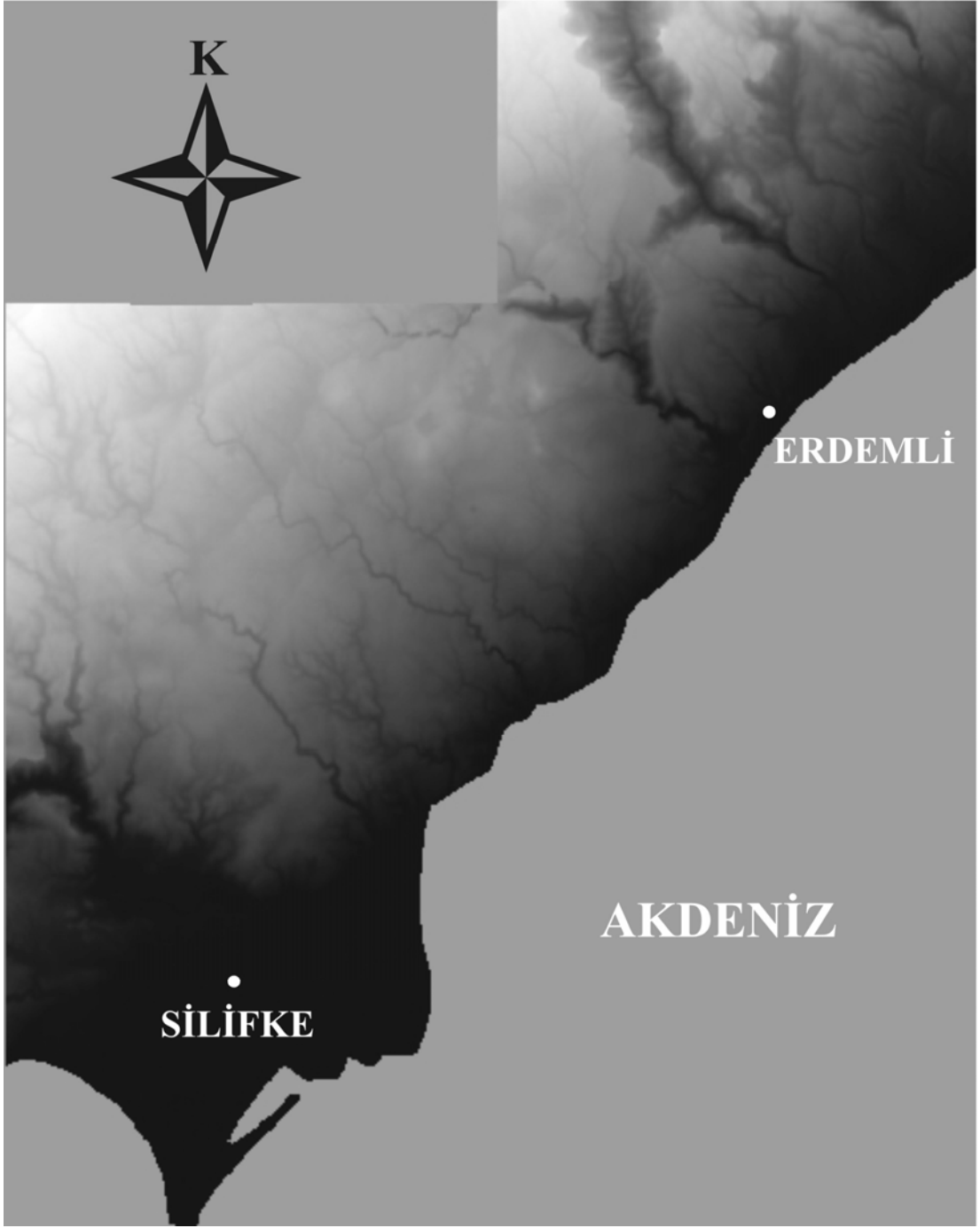
ve beslenme ve boşalım alanları için uygun litolojik ve yapısal unsurlar belirlenebilir [47].

Oldukça heterojen ve anizotrop bir yapı sunan karstik alanlarda mağaraların ve karstik yüzey şekillerinin (subatan, kaynak, uvala, dolin, karren vb) belirli bir hat üzerinde yoğunlaşması, bu hat boyunca yeraltında kırık ve çatlak sistemlerinin ve dolayısıyla karstlaşmanın gelişmiş olduğunu göstermesi açısından son derece önemlidir. Bir bölgede yapılan çalışmada karstik yapıların (mağara ve yüzey şekilleri) belirlenmesi ile o bölgenin beslenme ve boşalım alanları hakkında oldukça yararlı bilgiler edinilebilir.

Landsat TM 432 [RGB] band kompoziti ve çizgisellik haritasına göre çalışma alanında kırık ve çizgiselliklerin genel doğrultusu KD-GB olmakla birlikte, sol yanal doğrultu atımlı fay sistemi içerisinde KB-GD doğrultulu çizgisellikler oldukça yaygındır (Şekil 4.14-15-16). Çalışma alanının litoloji ve tektonik özelliklerine bağlı olarak karstlaşma genel olarak KD-GB yönünde gelişmekle birlikte, KB-GD doğrultusunda uzanan çizgiselliklerle karstlaşma kesintiye uğramış, bu kesintinin özellikle bölgedeki karstik boşalımlarda etkili olduğu düşünülmektedir (Şekil 4.13). Örneğin, tez alanı kapsamında bulunan Cennet Obruğundaki yeraltı su deresinin, KB-GD doğrultulu çizgiselliklere bağlı olarak gelişmiş ve askıda kalmış geçit konumlu (conduit) mağaralara ve Susanoğlu-Yapraklı Koy'dan alınan numunenin kimyasal analiz sonuçlarına göre Narlıkuyu-Akyar'dan boşaldığı düşünülmektedir.



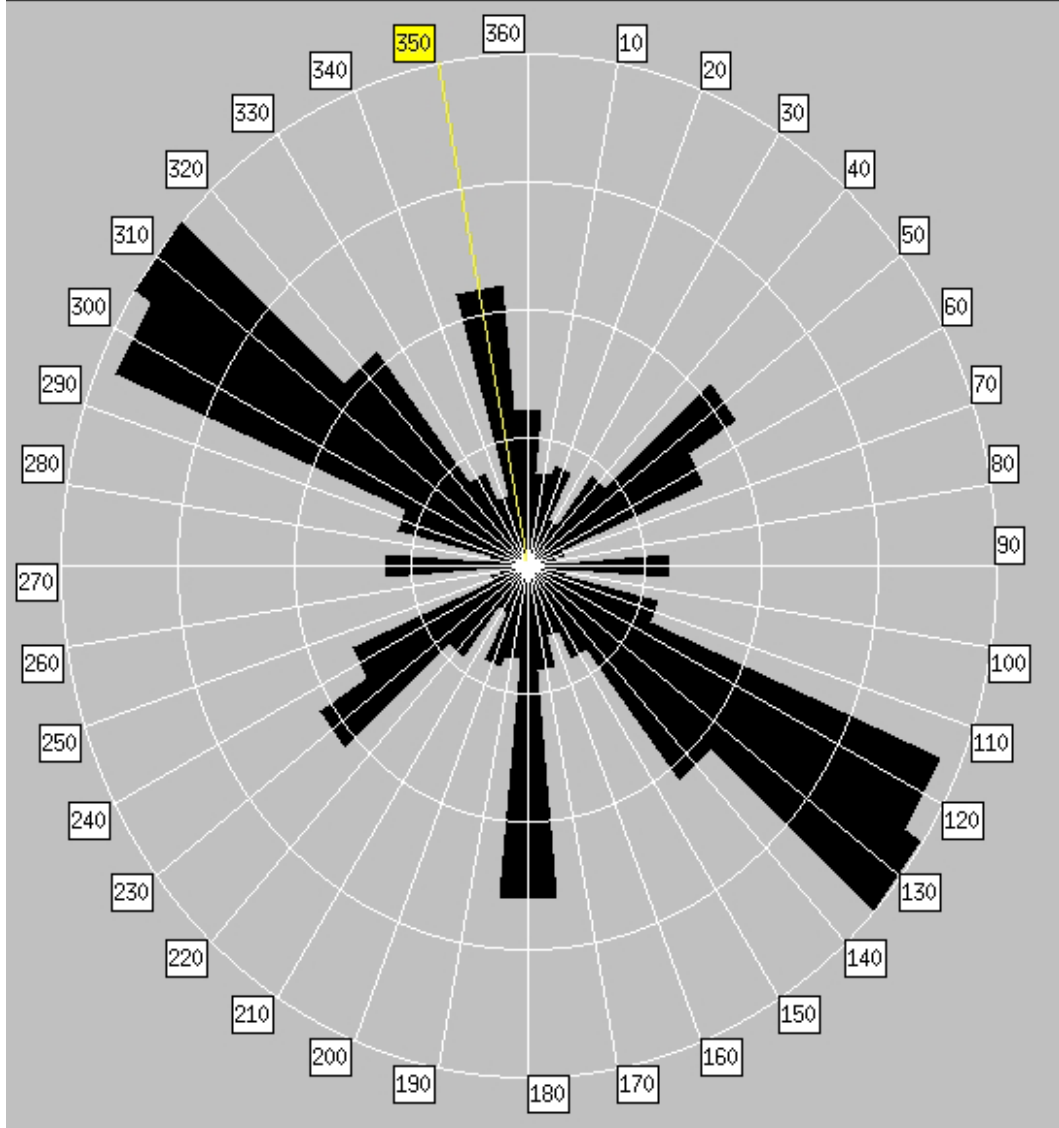
Şekil 4.13. Narlıkuyu'da (Silifke) bulunan KB-GD doğrultuda gelişmiş askıda kalmış geçit konumlu (conduit) bir mağara.



Şekil 4.14. Çalışma alanının sayısal yükseklik modeli.



Şekil 4.15. Çalışma alanının rölyef kazandırılmış sayısal yükseklik modeli ve ayırt edilen çizgisellikler.



Şekil 4.16. Çalışma alanına ait rölyef kazandırılmış sayısal yükseklik modelinden çıkarılmış çizgiselliklere ait gül diyagramı.

4.2.2.2. Hidroloji

4.2.2.2.1. Akarsular

Çalışma alanında bulunan akarsular Göksu Nehri, Lamas Çayı, Alata Çayı, Kumkuyu Çayı, Çiftepınar, Kargıcak Deresi, Kuzu Çayı, Karain Dere, Cebicini Dere, Merdivensaray Dere ve Miyton Dere'dir. Bu akarsuların dışında bu akarsuların kollarını oluşturan irili ufaklı birçok dere bulunmaktadır (Şekil 4.23). Birbirine

paralel konumlu olan bu akarsular KB-GD uzanımlıdır ve üst kotlardan itibaren taşıdıkları alüvyonları eğimin azaldığı noktalarda kıyı bölgesinde depolamaktadırlar.

Çalışma alanının batısında bulunan ve çalışma alanındaki en büyük akarsu olan Göksu Nehri'nin maksimum debisi $500 \text{ m}^3/\text{s}$, bölgedeki ikinci büyük akarsu olan Alata Çayı'nın maksimum debisi $73 \text{ m}^3/\text{s}$, üçüncü sıradaki Lamas Çayı'nın ise $32.2 \text{ m}^3/\text{s}$ olarak ölçülmüştür [48]. Bu akarsuların dışındakiler mevsimseldir ve yalnızca yağışlı dönemlerde aktiftirler.

4.2.2.2.2. Kaynaklar

Yoğun bir karstlaşmanın olduğu çalışma alanında çok sayıda karstik kaynak bulunmaktadır. Bölgedeki önemli kaynaklar; Atayurt, Dedekavak, Yapraklıkoy, Narlıkuyu, Söğütlügöz ve Kumkuyu kaynaklarıdır. Bu kaynaklardan Atayurt, Yapraklıkoy ve Söğütlügöz kaynakları kireçtaşı alüvyon kontağından boşalmaktadır. Tez çalışması kapsamında düzenli debi ölçümleri yapılamadığından debi değerleri verilememiştir. Ancak, çalışma alanında daha önce yapılan çalışmalarda kaynaklardan bazılarında ölçülen debiler şu şekildedir; Dedekavak kaynağı ortalama $2 \text{ m}^3/\text{s}$, Söğütlügöz kaynağı (pompanın bulunduğu noktada) ortalama $2.1 \text{ m}^3/\text{s}$, Yapraklıkoy kaynağı maksimum $2.055 \text{ m}^3/\text{s}$, Kumkuyu kaynağı ortalama $0.2 \text{ m}^3/\text{s}$ ve Narlıkuyu kaynağı ortalama $0.050 \text{ m}^3/\text{s}$ 'dir [20].

Bölgede yeraltı su akımı, bölgede karst gelişimini de etkileyen çizgiselliklere bağlı olarak güneye doğrudur ve özellikle geçit konumlu mağaralar (conduit), kırık ve çatlak sistemleri, karstik kaynaklar ve denizaltı kaynakları ile denize boşalmaktadır.

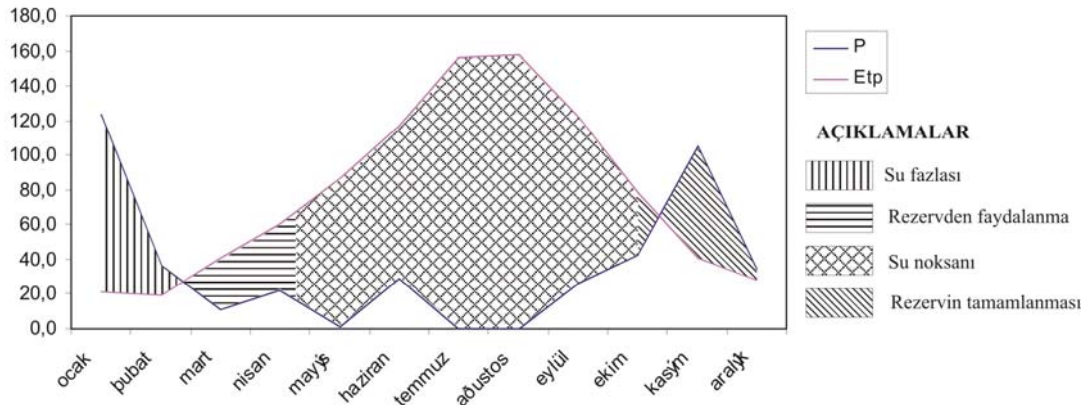
4.2.2.2.3. Yağış

Çalışma alanına ait yağış ve sıcaklık verileri, çalışma alanı içerisinde yer alan Silifke Devlet Meteoroloji İstasyonundan alınmıştır. Çalışma alanının yağış-

buharlaşıma-terleme ilişkisi ve suyun yıllık değişim grafiği Thorntwaite yöntemine göre belirlenmiştir.

Tablo 4.1. Silifke (Mersin) bölgesinin 2005 yılına ait sıcaklık-yağış verilerinin Thorntwaite yöntemine göre hesaplanmış su bütçe bilançosu.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Aylık ort. °C	10.9	10.5	14.8	17.9	21.3	24.6	28.2	28.3	25.1	20.4	14.8	12.5
P (mm)	124.2	36.7	11.2	22.4	0.7	29.2	-	-	26.3	42.4	105.1	33.8
ETp (mm)	21.3	19.7	40.4	60.3	86.8	117.5	156.5	157.6	122.5	79.3	40.4	28.3
Faydalı rezerv	100	100	70.8	32.9	-	-	-	-	-	-	64.7	70.2
ETreel (mm)	21.3	19.7	40.4	60.3	33.6	29.2	-	-	26.3	42.4	40.4	28.3
Su fazlası (mm)	102.9	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Su noksanı (mm)	-	-	-	-	53.2	88.3	156.5	157.6	96.2	36.9	-	-



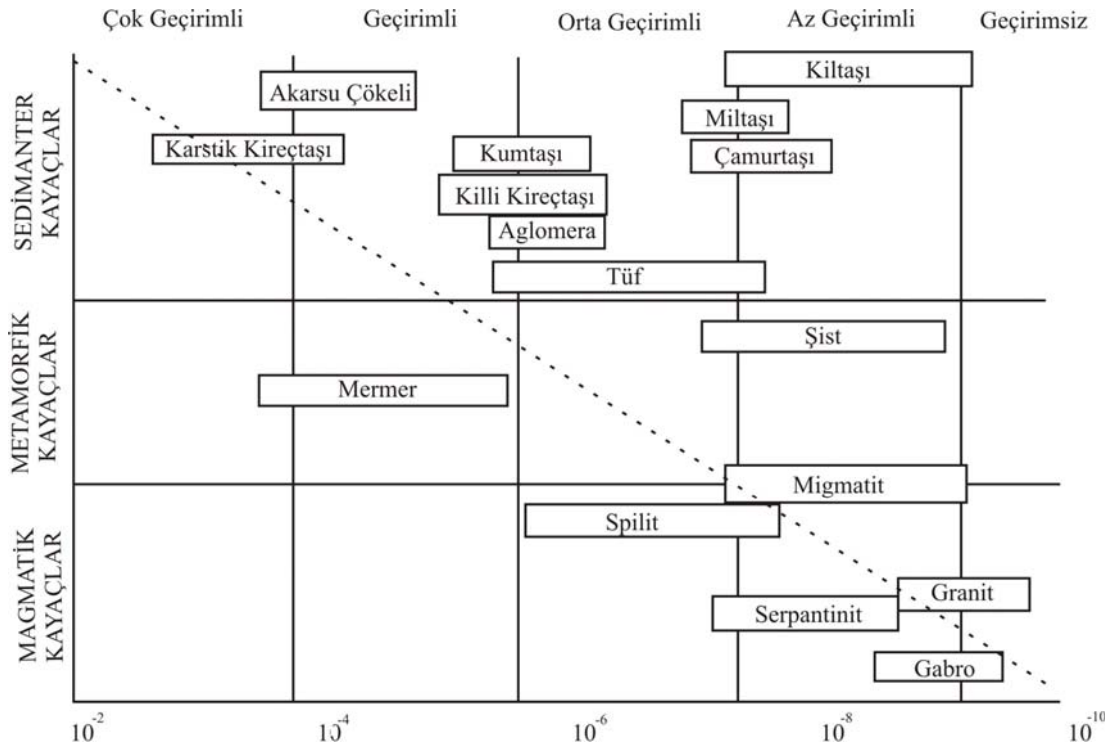
Şekil 4.17. Silifke (Mersin) bölgesinin 2005 yılına ait yağış-evapotranspirasyon ilişkisi.

4.2.2.3. Hidrojeoloji

Bir bölgede karstlaşmadan söz edebilmek için öncelikle uygun litolojinin varlığına gereksinim duyulmaktadır. Suyun yüzeyde ve yeraltındaki dolaşımı;

akiferin oluşumunu denetleyen koşullara, akiferin geometrisine ve birçok karstik yapının oluşumunda olduğu gibi hidrojeolojik ve jeomorfolojik olgulara bağlıdır. Doğal olarak, bu olguların tümü bölgenin jeolojik yapısıyla yakından ilgilidir.

Tez çalışması kapsamında, birimlerin hidrojeolojik özellikleri arazide yapılan gözlemlere ve Todd (1980) tarafından oluşturulan birimlerin geçirimsizlik sınıflamasına [49] (Şekil 4.18) bağlı olarak değerlendirilmiştir.



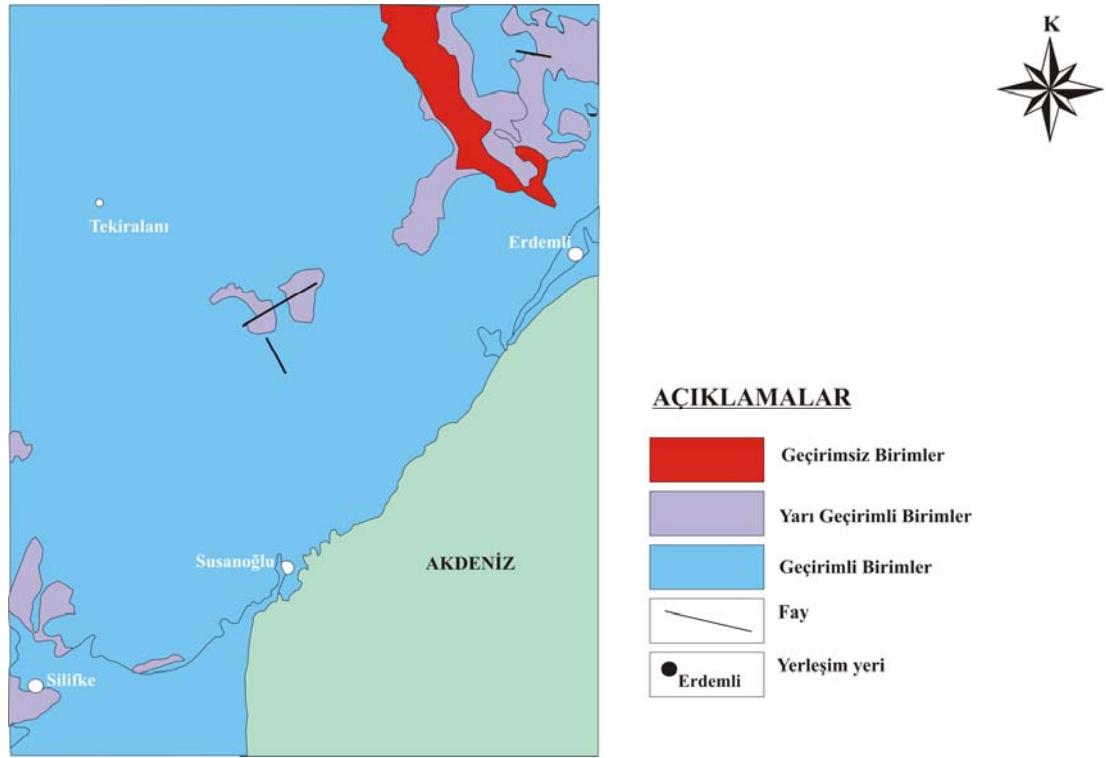
Şekil 4.18. Litolojik birimlerin geçirimsizlik sınıflaması [49].

Geçirimsiz birimler (Akifüj): Birbirleriyle bağlantılı gözenekliliği olmayan ve bünyesine su alma ve iletme özelliği son derece düşük olan birimlerdir. Geçirimsizlikleri 10^{-7} m/s'den daha düşüktür. Çalışma alanında Mersin Ofiyoliti geçirimsiz birim olarak sınıflandırılmıştır.

Yarı geçirimli birimler: Kısmen yeraltı suyunu bünyelerine alabilen ve iletilebilen birimlerdir. Tez çalışması kapsamında litoloji veya üye bazında incelemede bulunulmamıştır. Bu nedenle, birimlerin geçirimsizliği sınıflamasında formasyonlar

bir bütün olarak ele alınmıştır. İnceleme alanında killi kireçtaşı, silttaşı ve marndan oluşan Kaplankaya Formasyonu, kırmızı renkli konglomera, kumtaşı ve silttaşından oluşan Gildirli Formasyonu ve killi kireçtaşı, kumtaşı ve şeylden oluşan Karagedik Formasyonu yarı geçirimli birimler olarak değerlendirilmiştir.

Geçirimli birimler (Akifer): Birbirleriyle bağlantılı gözeneklere sahip olan, bünyesinde su bulundurma özelliğine sahip olan ve suyu iletebilme özelliğine sahip birimlerdir. Çalışma alanında resifal kireçtaşlarından oluşan Karaisalı Kireçtaşı ve alüvyon birimler geçirimli birimler olarak sınıflandırılmıştır.



Şekil 4.19. Erdemli-Silifke bölgesinin göreceli geçirimsizlik haritası.

4.2.2.4. Su Kimyası

Çalışma alanında bulunan akiferlerin hidrojeokimyasal özelliklerinin ve kaynak-beslenme havzası arasındaki ilişkilerin araştırılması amacıyla kaynak ve kuyulardan alınan su örneklerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri ve izotop analizleri belirlenmeye çalışılmıştır. Sıcaklık (T), pH, elektriksel iletkenlik (EC $\mu\text{S}/\text{cm}$) ve tuzluluk (sal) değerleri numune alımı esnasında yerinde ölçülmüştür. Bu amaçla

alınan su numuneleri dış faktörlerden etkilenmemesi amacıyla bir gün içerisinde laboratuvara ulaştırılmıştır.

Tez çalışması kapsamında, Mersin Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP)'dan alınan maddi desteğe bağlı olarak, çalışma alanının tamamını temsil edeceği düşünülerek 9 su kaynağından (doğal kaynaklar ve kuyular) numune alınmıştır. Alınan numuneler üzerinde yapılan başlıca anyon ve katyon analizleri, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Köy Hizmetleri 3.Bölge Müdürlüğü Toprak ve Su Analiz Laboratuvarı'nda yapılmıştır. Bu örneklerin kimyasal analiz sonuçları Tablo 4.2'de verilmiştir. İzotop analizleri Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol Dairesi Başkanlığı (TAKK)'nda yapılmıştır. Ancak izotop analiz sonuçları tarafımıza ulaşmamıştır. Bu nedenle izotop analizlerine bağlı kaynak-beslenme havzası arasındaki ilişki değerlendirilememiştir.

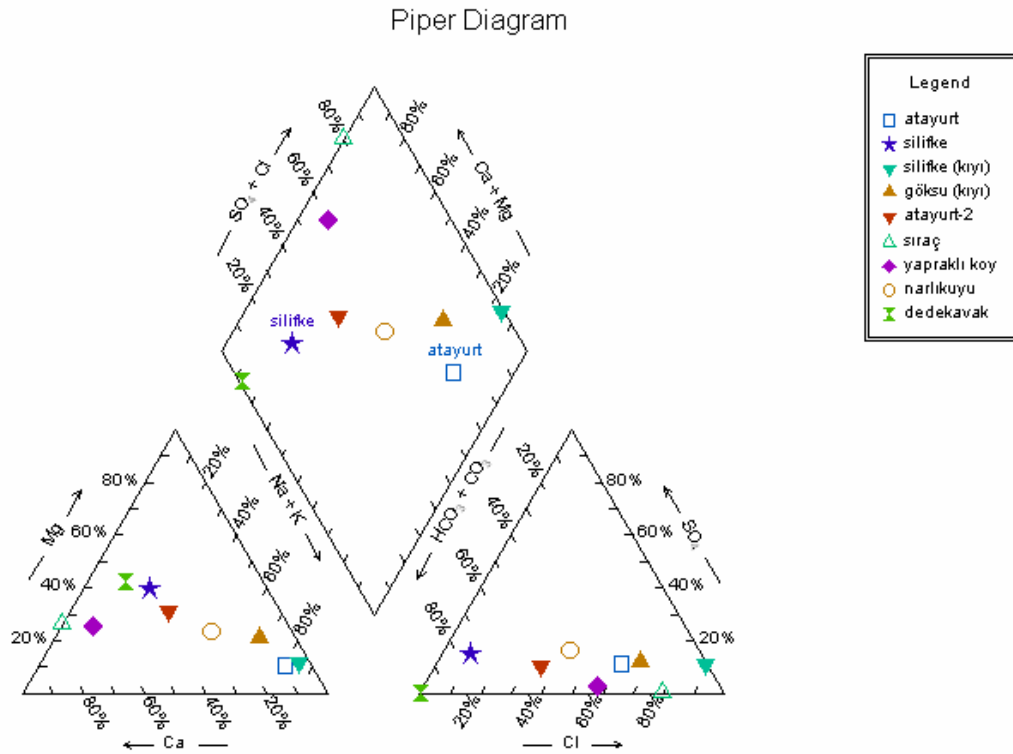
Resifal kireçtaşlarından oluşan Karaisalı Kireçtaşları ile alüvyon akiferden alınan ve kimyasal karakteristikleri kirlenmemiş su numuneleri Ca-Mg-HCO₃ fasiyesinde iken, özellikle kıyı bölgelerinde deniz suyu girişi nedeniyle birçok yerde fasiyese Na ve Cl iyonları katılmıştır. Karstik alanlardaki suların kimyasal fasiyeslerinin Ca-HCO₃ ve Ca-Mg-HCO₃ karakterinde olması beklenirken, bölgenin oldukça kırıklı ve çatlaklı olması ve kırık ve çatlakların denize kadar uzanıyor olması nedeniyle fasiyese Ca-Mg-Na-HCO₃-Cl şeklinde değişmiştir.

Çalışma alanından alınan su numunelerinde elektriksel iletkenlik değerleri bazı noktalarda deniz suyu girişi nedeniyle oldukça yüksektir. Deniz suyu girişiminin olduğu alanlarda deniz suyu girişi etkisine bağlı olarak yeraltı su sıcaklıkları da yüksektir.

Çalışma alanından alınan su numunelerinin fiziksel ve kimyasal özelliklerinden yararlanılarak yeraltı suyu ve hidrojeokimyasal ortam değerlendirilmesi amacıyla Piper diyagramı hazırlanmıştır (Şekil 4.20). Çalışma alanından alınan su örnekleri Piper Diyagramında genel olarak karbonatlı su özelliği gösterirken, deniz suyu girişimine bağlı olarak Na ve Cl konsantrasyonlarında artış görülmektedir.

Tablo 4.2. Çalışma alanından alınan numunelerin kimyasal bileşimleri (ana iyonlar)

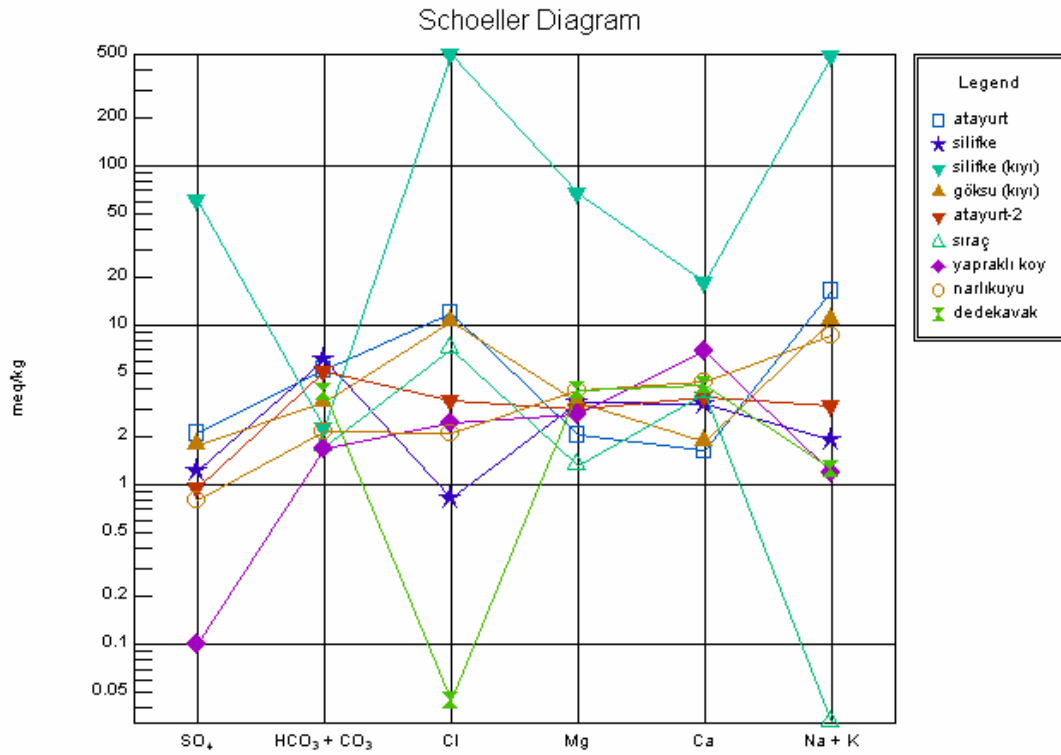
Kuyu No	pH	T	EC	sal	Na	K	Ca	Mg	HCO ₃	Cl	SO ₄
Atayurt-1	7.56	21.3	1988	0.9	361	21.9	32.8	25.2	340	418	100
Silifke	7.42	23.2	756	0.1	42.2	2.79	64.9	40.4	407	29	58
Silifke (kıyı)	7.91	29.2	53500	35.5	10934	485	373	822	140	17929	2915
Göksu (kıyı)	7.94	30.1	1800	0.7	243	11.5	37.3	39.7	206	371	86
Atayurt-2	7.65	22.8	974	0.3	70	3.89	70.8	36.3	328	118	46.3
Sıraç-Erdemli	6.7	-	573.6	0	0.73	-	74	15.8	152.5	248.5	-
Susanoğlu-Yapraklı koy	7.88	30.1	537	35.7	21.85	9.75	140	33.60	105	85.70	4.80
Narlıkuyu	7.23	19.8	597 "	0	195.5	1.75	88	48	146.40	74.55	38.40
Dedekavak	7.28	17.8	477 "	0	21.85	11.70	84	48	256.20	1.56	-



Şekil 4.20. Çalışma alanından alınan su örneklerine ilişkin Piper diyagramı.

Yeraltı suları beslenme alanından boşaldığı alana kadar geçtikleri birimlerin kimyasal özelliklerini bünyelerine alırlar. Bu nedenle farklı kökenli yeraltı suları farklı kimyasal yapı

gösterirler. Çalışma alanından alınan su numunelerinin kökenlerinin belirlenebilmesi amacıyla Schoeller diyagramı hazırlanmıştır (Şekil 4.21). Alınan örneklerden Silifke (kıyı) örneği diğer örneklerden çözünmüş madde içeriği bakımından farklılık göstermektedir. Diğer örneklerde deniz suyu girişiminden dolayı Na ve Cl konsantrasyonlarında belirgin artışlar görülmekle birlikte örnekler genel olarak aynı kökene aittir.



Şekil 4.21. Çalışma alanından alınan su örneklerine ilişkin Schoeller diyagramı.

4.3. Karst Coğrafi Bilgi Sistemi

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) daha önceki bölümlerde belirtildiği üzere İngilizce Geographic Information System (GIS)'in Türkçe karşılığıdır.

Tez çalışması kapsamında ESRI GIS yazılım şirketinin masaüstü haritalama ve GIS yazılımı olan ArcGIS 8.3 programı kullanılmıştır. ArcGIS yazılımı, oldukça kapsamlı masaüstü haritalama, birden çok veri çeşidi desteği ve güçlü bir uygulama geliştirme olanağı sağlamakla birlikte; vektör ve raster kökenli coğrafik veri tabanlarından grafik ve grafik olmayan verileri sorgulama imkanı vermektedir.

ArcGIS yazılımının içerisinde bütünleşik olarak gelen ArcMap, ArcCatalog ve ArcToolbox ara yüzleri ile verilerin yönetimi gerçekleştirilmektedir [2]. Bu üç uygulamanın birlikte kullanılmasıyla çalışma amacına bağlı olarak haritalama, veri yönetimi, coğrafi analizler ve veri güncelleme gibi her türlü CBS çalışması yapılabilmektedir.

Tez çalışması kapsamında çalışma amacına uygun olarak mevcut verilerin toplanması, derlenmesi ve sayısallaştırılması için; önceki çalışmaların taranması, önemli veri kaynaklarının belirlenmesi, verilerin CBS ortamına aktarılması ve verilerin sunumundan oluşan dört aşamalı oluşan bir metodoloji izlenmiştir.

4.3.1. Verilerin CBS'ne Aktarılması

Tez çalışması kapsamında kullanılan en önemli veri kaynakları 1/25.000 ölçekli Silifke O31c3, O32c1, O32c4, O32d3, O32d4, P31b2, P32a1, P32a2 ve P32a4 topografik paftalarıdır. Bu haritalar tarayıcıda (scanner) taranarak raster formatına dönüştürülmüştür. JPEG formatında taranmış olan bu haritalar koordinatlandırılarak ArcGIS ortamında vektör formatına dönüştürülerek sayısallaştırma işlemi tamamlanmıştır. Koordinatlandırma işlemi, taranmış harita üzerinde gerçek koordinatları bilinen noktaların karşılıklı olarak eşleştirilmesi ilkesine dayanır. Bu raster verilerin koordinatlandırılması ArcGIS yazılımının ArcMap ara yüzünde bulunan Georeferencing Toolbar seçeneği kullanılarak yapılır. Koordinatlandırılması yapılacak olan nokta seçilerek Georeferencing Toolbar'da bulunan Add Control Point (kontrol noktası ekle) butonu seçilerek farenin (Mouse) sol tuşu ile işaretlenir ve farenin sağ tuşuna basılarak açılan Input X and Y penceresinde koordinatlar girilerek OK butonuna basılır. Aynı işlem en az üç ayrı nokta için tekrarlanarak koordinatlandırma işlemi tamamlanır.

Koordinatlandırma işlemi tamamlandıktan sonra ArcMap ara yüzü kullanılarak raster veriler tekrar vektör formatına dönüştürülür. Çalışma amacına uygun olarak farklı katmanlar oluşturulur. Tez çalışması kapsamında mağara lokasyonları (cave) ve kaynaklar (spring) nokta (point) veri, subatanlar poligon (polygon), eş yükselti eğrileri ve akarsular (stream) çizgi (line) veri olarak sayısallaştırılmıştır.

Çalışma ile ilgili tüm veriler sayısallaştırıldıktan sonra ArcGIS yazılımının ArcScene ara yüzü kullanılarak çalışma alanına ait DEM görüntüsü elde edilerek, çalışma kapsamında elde edilen veriler oluşturulan DEM görüntüsü ile entegre edilmiştir.

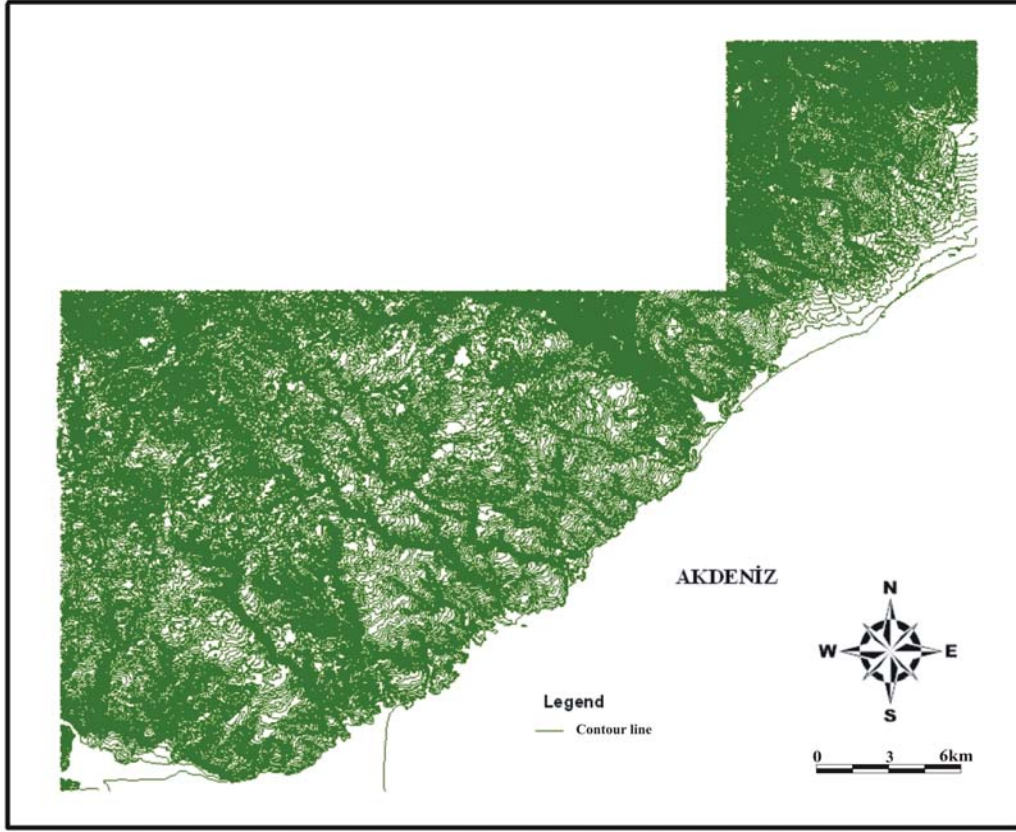
Tez çalışması kapsamında elde edilen çeşitli CBS katmanları ArcGIS yazılımının orijinal format türü olan Shape file (.shp uzantılı) olarak saklanmıştır. Tez çalışması kapsamında üretilen değişik katmanlara ait dosyalar bir sonraki bölümde sunulmuştur.

4.3.2. Erdemli-Silifke Arasının Karst Coğrafi Bilgi Veri Tabanı

Tez kapsamında elde edilen verilerin CBS ortamında işlenmesi ile elde edilen sayısal haritalar, sonraki yıllarda bu bölgede yapılacak çalışmalarda hızlı veri elde etmenin yanı sıra araziye çıkmadan bölge ile ilgili genel bir bilgi edilmesi açısından yardımcı olacaktır.

4.3.2.1. Topografya Haritası

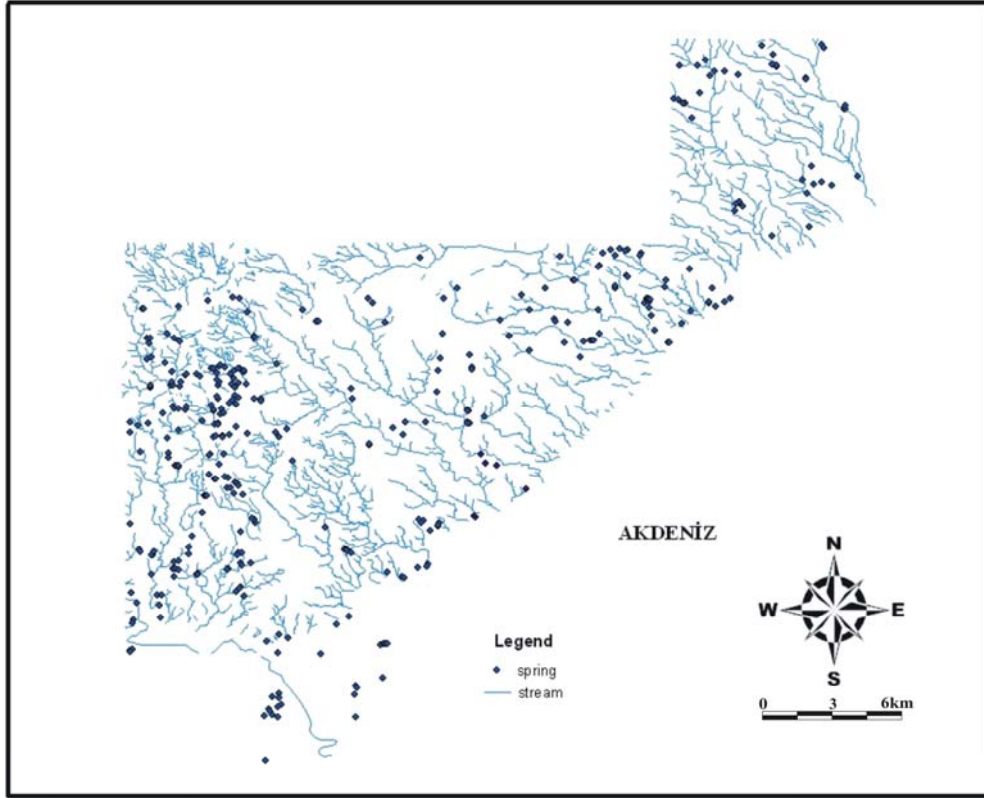
Çalışma alanının sayısallaştırılmış topografya haritası Şekil 4.22’de görülmektedir.



Şekil 4.22. Sayısallaştırılmış topografya haritası.

4.3.2.2. Akarsu Ve Kaynak Haritası

Çalışma alanının sayısallaştırılmış akarsu ve kaynak haritası Şekil 4.23’de gösterilmiştir.



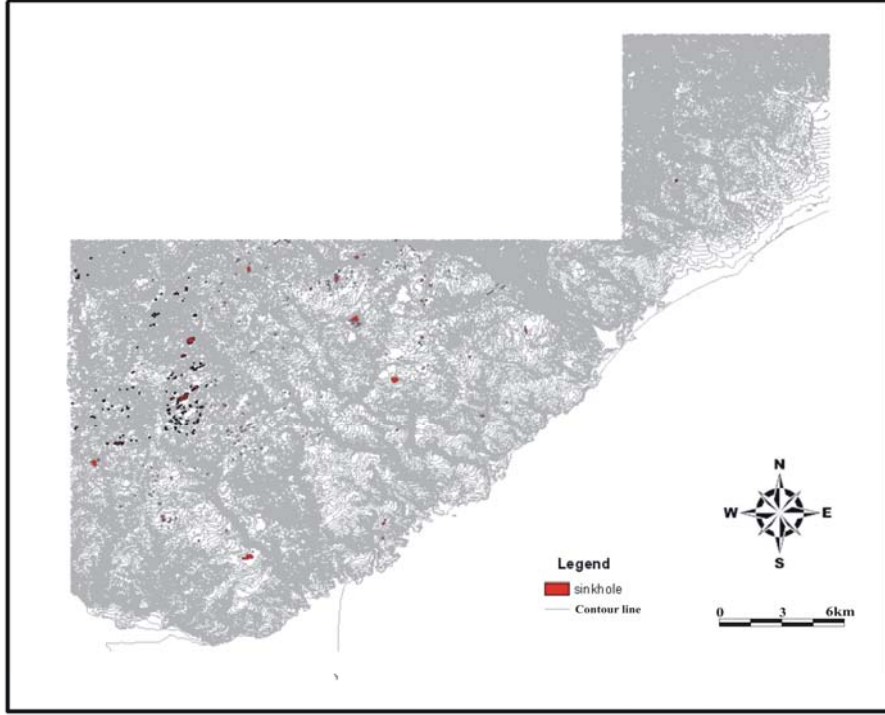
Şekil 4.23. Sayısallaştırılmış akarsu ve kaynak haritası.

4.3.2.3. Subatan Haritası

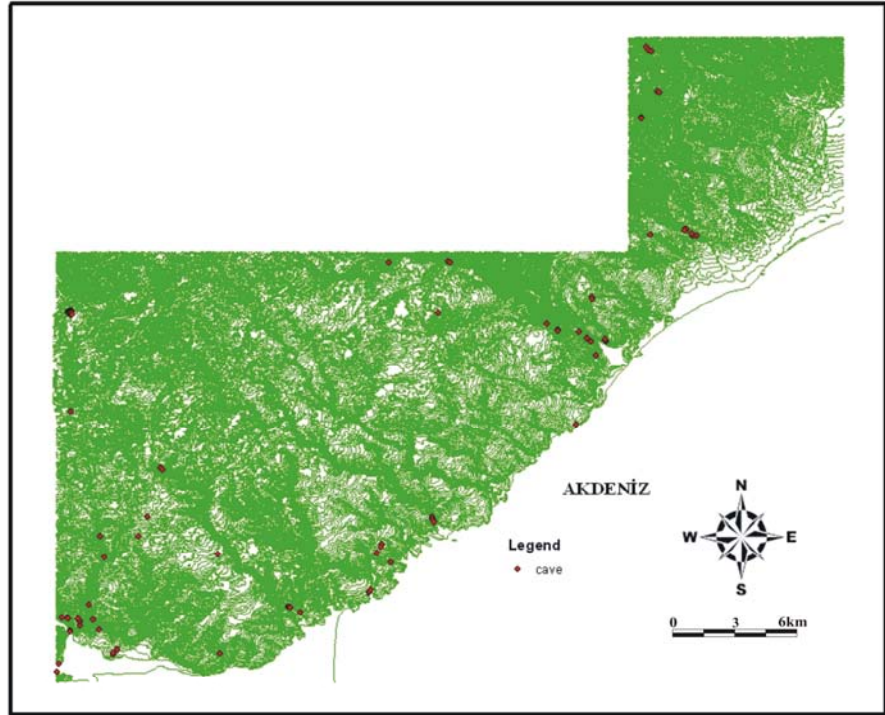
Çalışma alanında bulunan subatanların sayısallaştırılmış haritası Şekil 4.24’de görülmektedir.

4.3.2.4. Mağara Lokasyon Haritası

Çalışma alanında bulunan ve lokasyonları belirlenen mağaraların sayısallaştırılmış haritası Şekil 4.25’de görülmektedir.



Şekil 4.24. Sayısallaştırılmış subatan haritası.



Şekil 4.25. Sayısallaştırılmış mağara lokasyon haritası.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Erdemli-Silifke (Mersin) arasında yapılan bu çalışmada aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

1. İnceleme alanında Triyas yaşlı kireçtaşı, kumtaşı ve şeyl üzerine açılmal uyumsuzlukla Jura-Kretase yaşlı dolomit, dolomitik kireçtaşı ve kireçtaşı ardalanmasından oluşan birim gelmektedir. Bu birimin üzerine uyumsuz olarak Kretase yaşlı ofiyolit, üzerine Oligosen ve Miyosen dönemine ait karasal, geçiş ve denizel ortam çökelleri (kireçtaşı, kumtaşı, kiltası, konglomera, marn), Kuvaterner yaşlı karasal ve geçiş ortamı çökelleri bulunur.
2. Çalışma alanında hakim litoloji Alt-Orta Miyosen yaşlı resifal kireçtaşlarıdır. Bu birim içerisinde son derece yoğun bir karstlaşma görülmektedir. Karstik yapılardan hem yeraltı karst şekilleri (mağara, conduit) hem de karstik yüzey şekilleri (karren, subatan) görülmektedir.
3. Çalışma alanında çok sayıda mağaranın yeri tespit edilmiş olup bazılarının araştırması tamamlanmıştır. Bulunduğu bölgenin jeolojik, jeomorfolojik, antropolojik, ekolojik, hidrolojik ve hidrojeolojik geçmişine ışık tutan mağaraların araştırılması konusunda, ne yazık ki ülkemizde hem bu konuda eğitilmiş ve deneyimli araştırmacıların yeterli sayıda olmaması hem de teknik ve maddi yetersizliklerden dolayı MTA (Maden Tetkik ve Arama Karst ve Mağara Araştırmaları Birimi) ve bazı üniversite toplulukları dışında yoğun bir çalışma yoktur. Oysa karstik alanlarda yapılacak çalışmalarla, özellikle de mağaralardaki damlataşların ayrıntılı incelenmesi ile bu çökellerin yaşlandırılması, oluştukları ortamın jeolojisi, jeomorfolojisi, hidrojeolojik ve hidrolojik özellikleri, ekolojik ve antropolojik geçmişine dair bilimsel verilerin elde edilmesi dışında; jeokimyasal analizler yardımıyla plaser mineral yataklarının saptanması, yeraltı sularının saptanması gibi ekonomik amaçlı çalışmalarla birlikte başta turizm olmak üzere, depolamacılık, sağlık ve sportif amaçlı kullanım potansiyelleri belirlenerek bulunduğu bölge ekonomisine büyük katkılar sağlanabilir. Ayrıca karstik alanlarda yapılan mühendislik yapılarında karşılaşılan sorunların çözümü için öncelikle bölgenin karst karakteristiklerinin çok iyi bilinmesi gerekmektedir. Karstlaşma mekanizmasının çözülmesiyle hem sonradan doğabilecek göçükler sonucu oluşabilecek can ve mal kayıpları önlenir, hem de baraj ve tünel gibi mühendislik yapılarında meydana gelebilecek su kaçakları, sellenme ve olası yıkımlar önlenir. Ayrıca karstik alanlardaki beslenme havzalarında

ve karstik su kaynaklarında olası doğal ve antropolojik kirlenmenin önüne geçilebilir.

4. Tez kapsamında tüm çalışma alanını temsil edeceği düşünülen ve çeşitli nedenlerden dolayı sınırlı sayıda (9 noktadan) su örnekleri alınmış ve bu örnekler üzerine izotop analizleri ve su kimyası analizleri yapılması amaçlanmıştır. Ancak izotop analizleri elimize ulaşmamıştır. Su kimyası analizleri Köy Hizmetleri Toprak ve Su Analiz Laboratuvarlarında yaptırılmıştır. Daha güvenilir sonuçlar için bölgede ayrıntılı bir karst çalışması yapılmalı ve bu bağlamda çalışma alanının tamamına yakını temsil edecek çok sayıda noktadan su örnekleri alınarak bunların yıllara bağlı olarak değişimleri gözlenerek bölgede su kaynakları ile beslenme alanları arasındaki ilişki ortaya konmalıdır.
5. Tüm olumsuzluklara rağmen yapılan çalışmada elde edilen sonuçlar göz önüne alındığında bölgede özellikle kıyıya yakın kesimlerde yeraltı su kalitesi deniz suyu girişiminden oldukça etkilenmektedir. Bu alanlarda tarımsal etkinliklerin yoğun olması ve artan nüfusa bağlı olarak her geçen gün su ihtiyacının artması nedeniyle aşırı pompajla su çekilmekte, dolayısıyla deniz suyu girişimi artmaktadır. Bu nedenle bölgede açılmış olan kuyular denetlenerek kuyu aralıkları ve pompaj değerleri yeniden düzenlenmelidir.
6. Tez kapsamında, ilk kez bölgeye ait Karst Coğrafi Bilgi Sistemi oluşturulmuştur. Bu amaçla 1/25.000 ölçekli topografik haritalar kullanılarak sayısal arazi modeli, akarsu ve kaynakların dışında subatan ve mağaralar gibi karstik yapılara ait verilerin bulunduğu bir CBS oluşturulmuştur. Bu CBS daha sonra bölgede yapılacak olan çalışmalar için karar alma sürecinde ve bölgenin karst potansiyelinin değerlendirilmesinde yararlı olacaktır.
7. Tez alanına ait çizgisellikler ortaya konularak oluşturulan CBS ile entegre edilmiş ve karstlaşma ile tektonizma arasındaki ilişki değerlendirilmiştir. Buna bağlı olarak bölgede karstlaşma genelde bölge tektoniğine bağlı olarak KD-GB doğrultusunda gelişmekle birlikte, sol yanal doğrultu atımlı fay sistemine bağlı olarak KB-GD doğrultulu çizgiselliklerle kesintiye uğramış, bu kesintinin özellikle karstik boşalımları etkilediği düşünülmektedir. Bu bağlamda Cennet ve Cehennem Obruklarının oluşumunda etkin rol oynayan karstik yeraltı deresinin bir kısmının Susanoğlu-Yapraklıkoy'dan ziyade Narlıkuyu-Akyar'dan boşaldığı düşünülebilir.

KAYNAKLAR

(1) Berry, J. K., Beyond Mapping: Concepts, Algorithms, and Issues in GIS, GIS World, inc., Colorado, USA, (1993)

(2) Güler, C., Hydrogeochemical Evaluation of The Groundwater Resources Of İndian Wells-Owens Valley Area, Southeastern California, Ph.D. Dissertation, Colorado School of Mines, Golden, Colorado, USA, 262 P., (2002)

(3) Florea, L. J., and Paylor, R. L., Simpson, L., and Gulley, J., - Karst GIS Advances in Kentucky. Journal of Cave and Karst Studies 64 (1): 58-62., (2002)

(4) Szukalski, B.W., - Introduction To Cave and Karst GIS. Journal Of Cave And Karst Studies **64 (1): 3**. Journal of Cave and Karst Studies, (2002 • 3)

(5) Aydın, H., ve Ark., Karstik Alanlarda Morfolojik Yapıların CBS ile Sayısal Analizi ve Hidrojeoloji Açısından Değerlendirilmesi: Harmanköy-Beyyayla (Bilecik) Karst Sistemi Örneği, Mühendislik Jeolojisinde Çağdaş Uygulamalar Sempozyumu, Pamukkale Üniversitesi, Denizli., (2006)

- (6) Meriç, B.T., Tezcan, L., Karstik Ortamlarda Coğrafi Bilgi Sistemlerinden Yararlanarak Yeraltı Suyu Akımının Modellemesi. Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği III.Uzaktan Algılama ve Türkiye'deki Uygulamaları Semineri, Bursa, (1997)
- (7) Hung, L. Q., Batelaan, O., Environmental Geological Remote Sensing and GIS Analysis of Tropical Karst Areas in Vietnam IEEE, (2003)
- (8) Kazemi, R., Reconnaissance of Karst Hydrology in The Lar Catchment, Iran Using RS and GIS International Institute For Geo-Information Science and Earth Observation Enschede, The Netherlands
- (9) Plan, L., Decker, K., Faber, R., Attributed Sinks - A GIs-Tool Quantifying Morphological Vulnerability Parameters in Karstic Catchment Areas Geophysical Research Abstracts, **Vol. 5**, 10280, 2003 European Geophysical Society, (2003)
- (10) Hyland, S. E., Kennedy, L. M., Younos, T., Parson, S., Analysis of Sinkhole Susceptibility and Karst Distribution in The Northern Shenandoah Valley, Virginia: Implications for Low Impact Development (Lid) Site Suitability Models Virginia Water Resources Research Center August 2006 VWRRC Special Report SR31-2006
- (11) Walz, J., and Spoelman, S., Integrating Cave and Karst Inventory Methods With GIS, 2003-2004 Cave and Karst Inventory Project, Wind Cave National Park Inside Earth **Vol. 8** No. 1 Spring, (2005)
- (12) Mihaylova, B., Gorova, R., Benderev, A., Some Problems Concerning Delineation and Characterization of Groundwater Bodies in Bulgaria Geological Institute, Bulgarian Academy of Science Sofia, Bulgaria
- (13) Mullane, C., Nelson, M., Modeling Karst-Sensitive Areas in Southwest Florida Esri paper
- (14) Klimchouk, A., Nazik,L., Bayarı,S., Tork,K., and Yu, K., Kuzgun Cave and Its Context: the First Super-Deep Cave in the Aladaglar Massif, Turkey
- (15) Campbell, C. W., Ph.D., P.E., C.F.M., GIS Applied to Flood Mapping in Sinkhole Areas Department of Engineering Western Kentucky University Bowling Green, Kentucky
- (16) Gemalmaz, H. A., Demirbüken, H., Aztopal, H., Çalış, N., Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Teknikleri Uygulanarak Erozyon Riski Taşıyan Alanların Belirlenmesi: Türkiye İçin Bir Çalışma, II. Uzaktan Algılama Ve Türkiye'deki Uygulamaları Semineri, Uludağ-Bursa, (1994)

- (17) Ekmekçi, M., Karst in Turkish Thrace: Compatibility Between Geological History and Karst Type, Turkish Journal of Earth Sciences (Turkish J. Earth Sci.), **Vol. 14**, Pp. 73-90. Copyright ©Tübitak, (2005)
- (18) Eroskay, S. and Gunay, G., Tecto-Genetic Classification and Hydrogeologic Properties of The Karst Regions in Turkey. Proceedings of the International Seminar on Karst Hydrogeology, Oymapinar (Antalya), Turkey, October 9-19, 41 pages, (1979)
- (19) Demirel, Z., Güler, C., Hydrogeochemical Evolution of Groundwater in A Mediterranean Coastal Aquifer, Mersin-Erdemli Basin (Turkey), Springer-Verlag, (2005)
- (20) Yüce, G., 2005, Determination of The Recharge Area and Salinization Degree of Karstic Springs in The Lamas Basin (Turkey), *İsotopes in Environmental and Health Studies*, **Vol. 41**, No. 4, 391–404, (2005)
- (21) Katalin, Attila, K., About The Speleological Investigations Carried Out By The Cave Researcher Group Bekey in The Area of Silifke in 1990. Hungarian Speleological Society Cave Researcher Group BEKEY, Budapest, (1991)
- (22) Hatipoğlu, Z., Mersin-Tarsus Kıyı Akiferinin Hidrojeokimyası. Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Doktora Tezi, 142 S, (2004) (Yayınlanmamış)
- (23) Hatipoğlu, Z., Bayarı, S., 2005, Mersin-Tarsus Kıyı ve Yamaç Akiferlerinin Hidrojeokimyası, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, Cilt 48, Sayı 2, (2005)
- (24) Atalay, İ., 2005, Kuvaterner'deki İklim Değişimlerinin Türkiye Doğal Ortamı Üzerindeki Etkileri, *Türkiye Kuvaterner Sempozyumu*, İTÜ Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü, (2005)
- (25) Demirtaşlı, E., Turhan, N., Bilgin, A.Z., and Selim, M. “Geology of the Bolkar Mountains”, in: *Geology of the Taurus Belt*, Proceedings of International Symposium on the Geology of the Taurus Belt, Ankara, 125- 141, (1984)
- (26) Kalelioğlu, Ö., Landsat 5 TM Uydu Görüntüleri Kullanılarak Arslanköy-Güzelyayla (Mersin) Yöresinin Tektonostratigrafik İncelenmesi, (2005)
- (27) Koç, H., Özer, E. ve Özsayar, T. “Aydincık (İçel) Yöresinin Jeolojisi”, *Geosound* 30: 417-427, (1997)
- (28) Yaman, S. “Mersin Ofiyolitinin Jeolojisi ve Metalojenisi”, Yetiş, C. (ed) Ahmet Acar Jeoloji Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Adana, 255-267, (1991)
- (29) Parlak, O., Delaloye, M. and Bingöl, E. “Origin of Subophiolitic Metamorphic Rocks Beneath The Mersin Ophiolite, Southern Turkey”, *Ofioliti*, 20 (2): 97-110, (1995)
- (30) Schmidt, G. C. “Stratigraphic Nomenclature for the Adana Region”, *Petroleum District 7. Petroleum Administration Bull.*, Ankara, No: 6: 47-63, (1961)

(31) Yetiş, C. ve Demirkol, C. “Adana Baseni Kuzey-Kuzeybatı Kesiminin Temel Stratigrafisine İlişkin Bazı Gözlemler”, Türkiye Jeoloji Kurultayı 38. Bilimsel ve Teknik Kurultayı Bildiri Özetleri, Ankara, s. 59-61, (1984)

(32) Ünlügenç, U. C., Kelling, G. and Demirkol, C. “Aspects of Basin Evolution in The Neogene Basin; SE Turkey”. Savaşçın, M. Y. and Eronat, A. H. (eds) Proc. Int. Earth Science Congress on Aegean Region (İzmir), 1: 353-370, (1990)

(33) Gül, M.A., Çuhadar, Ö., Özbaş, Y., Alkan, H., Efeçinar, T. “Bolkar- Belededik Yöresinin Jeolojisi ve Petrol Olanakları”, TPAO Arşivi, Ankara, Rapor No: 1972, 159s., (1984), (yayınlanmamış).

(34) Pampal, S. “Arslanköy- Tepeköy (Mersin) Yöresinin Jeolojisi”. S. Ü., Fen-Edebiyat Fak. Fen Dergisi, Konya, 3, 237-258, (1984)

(35) Şenol, M., Şahin, Ş., Duman T.Y., Adana-Mersin dolayının jeoloji etüt raporu, MTA, Ankara, 46s., (1998), (yayınlanmamış).

(36) Nazik, L., Mağara Nedir, Nasıl Oluşur?, Ulusal Mağara Günleri Sempozyumu, Beyşehir, Konya, (2005)

(37) Living with karst, AGI Environmental Awareness Series 4, Veni, G., DuChene, H., Crawford, N.C., Groves, C.G., Huppert, G.N., Kastning, E.H., Olson, R., Wheeler, B.J., U.S.Geological Survey

(38) www.hurriyetim.com.tr/2003/03/28

(39) Daoxian, Y., The Carbon Cycle in Karst, The İnstitute of Karst Geology, 40 Qixing Road, Guilin, Guangxi,China 541004

(40) www.mta.gov.tr/magara/tasari.html

(41) http://www.geoeko.de/bild/physische_geographie/morphosphaere/01/24-02-96-d.htm

(42) http://www.geoeko.de/bild/physische_geographie/morphosphaere/01/24-02-96-d.htm

(43) http://www.geoeko.de/bild/physische_geographie/morphosphaere/01/24-02-96-d.htm

(44) <http://www.geo.ut.ee/kooligeo/lloodus/images/>

(45) Eroskay, S., O., Günay, G., Tecto-genetic Classification and Hydrogeological Properties of the Karst Regions in Turkey, Proceedings of. Int. Symp. on Karst Hydrogeology-Antalya, Turkey, (1979)

(46) Ekmekçi, M., Review of Turkish Karst With Emphasis on Tectonic and Paleogeographic Controls, I. International Research&Application Center for Karst Water Resources, Hacettepe University, Beytepe, Ankara, Turkey, (2003)

(47) Koyuncu, H., Batı Toroslar Karst Sistemi Hidrojeolojik Özelliklerinin Uydu Görüntülerinin Sayısal Analizleri İle İrdelenmesi, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara, (2003)

(48) İl Çevre Durum Raporu, 2005, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Mersin Valiliği, İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, Mersin, (2005)

(49) Todd, D., C., Groundwater Hydrogeology, Jhon Wiley&Sons. New York. 336 p., (1980)

ÖZGEÇMİŞ

- Soyisim** : AKGÖZ
- İsim** : Murat
- Doğum tarihi** : 15 Ocak 1977
- Doğum yeri** : Hocabey, Sivas, TÜRKİYE
- Uyruğu** : T.C.
- Medeni durum** : Bekar
- Cinsiyet** : Erkek
- Askerlik durumu** : Tecil (Ocak 2010)
- Ev Adresi** : Batsitesi Mah. 278. sok. Selkumu Sitesi 2/10
Batıkent/ANKARA
- Tel** : +90 312 256 24 15
- e-mail** : murat_akgoz@yahoo.com
- Çalışma alanları** : Speleoloji, Karst Hidrojeolojisi, Yüzey ve Yeraltı Su Kirliliği, GIS (Geographic Information System), Karst ve Mağara Araştırmaları
- Sürücü Belgesi** : B (aktif)
- Seyahat** : Herhangi bir engeli yoktur
- YABANCI DİL** : İngilizce
- EĞİTİM** :
- Eylül 2003 -** : Master, Erdemli-Silifke Arasının Karst Hidrojeolojisi ve GIS, Mersin Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği, Mersin-TÜRKİYE
- Eylül 1999 - Haziran 2003:** Lisans, Mersin Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği, Mersin-TÜRKİYE
- Eylül 1995 - Haziran 1997:** Yüksekokul, Muğla Üniversitesi Meslek Yüksekokulu İnşaat Teknikerliği Bölümü, Muğla-TÜRKİYE
- Eylül 1991 - Haziran 1994:** Anıttepe Lisesi, Ankara-TÜRKİYE

İŞ DENEYİMİ

Nisan 2007 - : Jeoloji Mühendisi, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü,
Ankara-TÜRKİYE

Temmuz 2004 – Nisan 2007 : Araştırma Görevlisi, Mersin Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği,
Mersin-TÜRKİYE

Haziran 2003 - Ekim 2003 : MTA Karst&Mağara Araştırma Grubu (Karaman bölgesi),
Ankara-TÜRKİYE

Eylül 1997 - Mayıs 1998: Cansa Peyzaj, Ankara-TÜRKİYE

İş Adresi : Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Jeoloji Etüdler Dairesi
Karst ve Mağara Araştırma Birimi, Ankara-TÜRKİYE

Tel : +90 312 287 34 30-1184

e-mail : makgoz@mersin.edu.tr

KATILDIĞI SEMİNER VE KURSLAR

II. Ulusal Hidrolojide İzotop Teknikleri Sempozyumu, İzmir-Gümüşdüz, TÜRKİYE,
Eylül 26-Eylül 30, 2005

Water Resources and Environmental Problems in Karst-CVIJIC 2005, Belgrade.

Dünya Jeotermal Kongresi (WGC) 2005, Antalya, TÜRKİYE, 24-29 Nisan

Mersin Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği 10.yıl Sempozyumu, Mersin, TÜRKİYE,
Eylül, 2003

ARAŞTIRMA PROJELERİ

Haziran 2002 - Ekim 2002 : Karaman Mağaraları, MTA Karst&Mağara Araştırma Grubu

Haziran 2003 - Ekim 2003 : Karaman Mağaraları, MTA Karst&Mağara Araştırma Grubu

YAYINLAR

Akgöz, M., Demirel, Z. Investigation Of Geology And Hydrogeology Of The Gilindere Cave,
Mersin (S TÜRKİYE), Karst 2005-International Conference and Field Seminar,
Belgrade&Kotor, 12-19 Eylül (In English).