

# ARAZİ KULLANIM PLANLAMASI YERBİLİM VERİLERİ VE ARAŞTIRMA YÖNTEMLERİ: BURSA ÖRNEĞİ

Şerafettin ATEŞ, H. Tahsin AKTİMUR, *Jeoloji Mühendisleri Odası*, ANKARA

## GENEL GİRİŞ

Ülkemizin maden, enerji ve diğer doğal kaynakları ile jeolojik özelliklerini araştıran Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA), kurulduğundan beri jeoloji haritaları üretmekte ve ülkemizin jeolojik yapısını aydınlatmaya yönelik araştırmalar yapmaktadır. Yapılan araştırmalarda tarihsel dönemlerde ve son yüzyılda can ve mal kaybıyla sonuçlanan depremlerin belli tektonik yapılardan kaynaklandığının ortaya koyması sonucunda, MTA Genel Müdürlüğü 1970'li yıllarda **Diri Fay ve Deprem Jeolojisi**ne yönelik araştırmalar yapmaya başlamıştır.

1970'li yıllarda, MTA Genel Müdürlüğü'nün, üniversitelerin ve diğer kamu kurumlarının çalışmaları ile Anadolu'nun tektonik yapısı büyük ölçüde ortaya çıkarılmıştır. Kuzey Anadolu Fayı (KAF), Doğu Anadolu Fayı (DAF) ve diğer deprem üreten ya da deprem üretme potansiyeli taşıyan faylar, bu dönemde yapılan araştırmalarla büyük ölçüde haritalanmış, nitelikleri kısmen de olsa ortaya koyulmuştur. Diri Fay ve Deprem Jeolojisi Projesi kapsamında MTA, 1/1 000 000 ölçekli **"Türkiye Diri Fay Haritası"**nı 1992 yılında yayımlanmıştır.

İstatistiksel araştırmalara göre nüfusun %95'i, sanayi tesislerinin %74'ü, işletmeye açılmış ve yapımı planlanan barajların %44'ü, değişik ölçülerde depremlerden etkilenecek alanlarda yer almaktadır. Kentlerimizin, sanayi ve büyük mühendislik yapılarının birçoğu, deprem üreten, aktif fayların denetiminde oluşmuş havzalarda bulunmaktadır. Son yüz yıllık deprem istatistikleri, neredeyse her yıl bir yıkıcı depremin olduğunu ortaya koymaktadır. Son 60-70 yıllık zaman içinde, başta depremler olmak üzere, doğal afetlerden binlerce insanımız hayatını kaybetmiş, ayrıca maddi, manevi ve büyük ekonomik kayıplara neden olmuştur. Depremler dışında, çeşitli kütle hareketleri, heyelanlardan kaynaklanan ekonomik kayıplar da yaşanmaktadır. Doğal afetlerden kaynaklanan ölümlerin ve ekonomik kayıpların bu kadar yüksek olmasının nedeni kuşkusuz, yerbilimsel verilerin planlama sürecinde gözetime ve önemsizliğidir.

Türkiye'nin jeolojik özelliklerini araştıran, jeoloji haritaları üreten ve bu konularda belli bir bilgi birikimine sahip olan MTA Genel Müdürlüğü, 1976 yılından itibaren bölgesel planlamalarda yararlanılabilir yerbilimi verilerinin araştırılmasına yönelik, Arazi Kullanım Potansiyel Haritaları Projeleri'ni de yürütmeye başlamıştır.

*Arazi Kullanım Potansiyel Haritaları Projesi kapsamında ilk çalışmalara, 1976 yılında, "Ankara Metropolitan Alanı Arazi Kullanım Potansiyeli Projesi"* ile başlamıştır. Daha sonraki yıllarda **Arazi Kullanım Planlaması Yerbilim Verileri Projesi** adı ile yürütülen çalışmalar, bugüne kadar 55 ilde gerçekleştirilerek sonuçlandırılmıştır (Şekil 1; Çizelge 1).

**Arazi Kullanım Planlaması Yerbilim Verileri Projesi**'nin amacı, bölgesel arazi kullanım planlamalarında yararlanılacak temel yerbilimi verilerinin irdelenmesidir. Ayrıca, İl genelini, kentsel yerleşim alanları ve çevresini, yeni kentsel gelişme alanlarını, sanayi alanlarını jeolojik ve jeodinamik süreçler açısından tanıtmak, planlamalarda yerbilimi verilerinin dikkate alınmasını ve gözetime sağlamaktır. Yapılan araştırmalar ve üretilen haritalar, nitelikleri ve haritalama ölçekleri bakımından bölgesel planlamalara katkı ve veri sağlayacak düzeydedir. Bu çalışmalarda, uygulama imar planlarının hazırlanması ve bu planların uygulama sürecinde yönlendirilmesi de amaçlanmıştır.

Yukarıda sunulan proje kapsamında, jeoloji, hidrojeoloji, doğa kaynaklı afetler, mühendislik jeolojisi, jeomorfoloji, eğim analizleri konularında araştırmalar yapılmış ve haritalar üretilmiştir. Sunulan bu çalışmada, **Bursa İli ve Kentsel Alanların Yerbilim Verileri Projesinde** (Ateş ve diğerleri, 2009) üretilen haritalardan örnekler verilerek arazi kullanım planlamasının altyapısı, yerbilim verileri çerçevesinde kısaca tanıtılacaktır.



Şekil 1. Arazi Kullanım Planlaması 'Yerbilim Verileri Projesi' kapsamında çalışılan iller gri olarak görülmektedir.

Çizelge 1. Arazi Kullanım Planlaması Yerbilim Verileri Projesi kapsamında çalışılan illerin listesi

	<b>Rapor Adı</b>	<b>Çalışma Alanı</b>	<b>Yılı</b>	<b>Der. No</b>
1	Adana İli Çevre Jeolojisi ve Doğal Kaynakları	Adana	1999	10239
2	Sakarya (Adapazarı) Çevre Jeolojisi ve Doğal Kaynaklar	Adapazarı (Sakarya)	1997	10195
3	17 Ağustos Depremi Sonrası Sakarya Yerbilim Verileri	Adapazarı (Sakarya)	1999	10285
4	Amasya İli ve Kentsel Alanların Yerbilim Verileri	Amasya	2006	10893
5	Ankara Çevre Jeolojisi ve Doğal Kaynaklar Projesi	Ankara	1996	9961
6	Ankara Çevre Jeolojisi ve Doğal Kaynaklar Projesi	Ankara	1998	10069
7	Ankara Metropolitan Arazi Kullanım Haritası	Ankara	1980	6875
8	Ankara Mogan ve Eymir Gölü Arazi Kullanım Potansiyeli	Mogan Gölü (Ankara)	1980	6836
9	Artvin İli Çevre Jeolojisi ve Doğal Kaynakları	Artvin	1998	10165
10	Balıkesir Arazi Kullanım Potansiyeli	Balıkesir	1994	9662
11	Bandırma ve Çevresinin Arazi Kullanım Potansiyeli	Bandırma (Balıkesir)	1986	7899
12	Bolu ve Yakın Çevresinin Yerbilim Sorunları ve Muhtemel Çöz	Bolu	1983	7387
13	Bursa İli ve Kentsel Alanların Yerbilim Verileri	Bursa	2009	11163
14	Orhaniye-Görükle ile Seymen-Turanköy (Bursa) Arazi Kullanım	Bursa(Görükle)	1995	9793
15	Çanakkale İli Arazi Kullanım Potansiyeli	Çanakkale	1993	9623
16	Çankırı İli ve Kentsel Alanların Yerbilim Verileri	Çankırı	2008	11098
17	Çorum İli ve Merkez İlçesinin Yerbilim Verileri ve Doğal Afet	Çorum	2003	10593
18	Denizli İli Arazi Kullanım Potansiyeli	Denizli	1995	9813
19	Denizli Deri Organize San. Böl. ÇED Nihai Raporu	Denizli	1995	9814
20	Diyarbakır İli (Merkez) Yerbilim Verilerinin Ar.Kul.Açs.Değ.	Diyarbakır	2000	10408
21	17 Ağustos Depremi Sonrası Düzce (Bolu) İlçesi Alternatif	Düzce	1999	10272
22	Edirne İli Arazi Kullanım Potansiyeli	Edirne	1994	9719
23	Erzincan Arazi Kullanım Potansiyeli	Erzincan	1988	8381
24	Nizip (Gaziantep) İlçesinin Arazi Kullanım Potansiyeli	Nizip (Gaziantep)	1993	9547
25	Giresun Arazi Kullanım Potansiyeli	Giresun	1993	9651

26	Antakya (Hatay) İl Merkezi ve Çevresinin Yerbilim Verileri	Hatay (Antakya)	2005	10717
27	Isparta Arazi Kullanım Potansiyeli	Isparta	1993	9632
28	İçel İli Çevre Jeolojisi ve Doğal Kaynakları	İçel (Mersin)	1999	10210
29	Aliağa (İzmir) İli Arazi Kullanım Potansiyeli	Aliağa (İzmir)	1998	10090
30	İzmir İlinin Çevre Jeolojisi ve Doğal Kaynaklar	İzmir	1998	10137
31	Ödemiş (İzmir) İli Arazi Kullanım Potansiyeli	Ödemiş (İzmir)	1994	9705
32	Kahramanmaraş İli ve Kentsel Alanların Yerbilim Verileri	Kahramanmaraş	2008	11028
33	Kastamonu Merkez İlçesi ve Kentleşme Alanlarının Y.B.Ver.	Kastamonu	2001	10454
34	Kayseri Kentinin Çevre Jeolojisi ve Doğal Kaynakları	Kayseri	1999	10322
35	Kocaeli (İzmit) Çevre Jeolojisi ve Doğal Kaynaklar	Kocaeli (İzmit)	1998	10212
36	17 Ağustos 1999 Depremi Sonrası Kocaeli (İzmit) Metropolü	Kocaeli (İzmit)	1999	10289
37	Konya İli Çevre Jeolojisi ve Doğal Kaynakları	Konya	1998	10209
38	Manisa İli Çevre Jeolojisi ve Arazi Kullanım Potansiyeli	Manisa	2001	10480
39	Muğla (Merkez ilçe) İli Arazi Kullanım Potansiyeli	Muğla	1995	9853
40	Nevşehir İli Arazi Kullanım Potansiyeli	Nevşehir	1994	9698
41	Ordu İl Merkezi ve Çevresinin Yerbilim Verileri ve Doğal Afet	Ordu	2004	10667
42	Rize Çevre Jeolojisi ve Doğal Kaynaklar	Rize	1998	10068
43	Samsun İlinin Çevre Jeolojisi ve Doğal Kaynakları	Samsun	2000	10481
44	Sinop Arazi Kullanım Potansiyeli	Sinop	1993	9631
45	Sivas-Suşehri Ovası Yakın Çevresinin Yerbilim Verileri	Suşehri (Sivas)	1984	7557
46	Sivas Çevre Jeolojisi ve Doğal Kaynaklar	Sivas	1997	10042
47	Şanlıurfa İli Yakın Çevresinin Arazi Kullanım Potansiyeli	Şanlıurfa	2000	10334
48	Tekirdağ İli Arazi Kullanım Potansiyeli	Tekirdağ	1994	9718
49	Trabzon Çevre Jeolojisi ve Doğal Kaynaklar	Trabzon	1997	9997
50	Özalp ve Çevresinin Yerbilim Verileri	Özalp (Van)	1979	6561
51	Van İlinin yerbilim Verileri	Van	2007	10961
52	Yalova Çevresinin Arazi Kullanım Potansiyeli ve 17 Ağustos	Yalova	1999	10270
53	Yozgat İli ve Kentsel Alanların Yerbilim Verileri	Yozgat	2007	10995
54	Ereğli (Zonguldak) Arazi Kullanım Potansiyeli	Ereğli (Zonguldak)	1994	9704
55	Aşağı Filyos (Zon.) Vadisinin Yer. Veri. ve Arazi Kul. Kapasit.	Filyos Vadisi (Zong.)	2004	10710

## BURSA İLİ VE KENTSEL ALANLARIN (İL-İLÇE MERKEZLERİ) YERBİLİM VERİLERİ

Şerafettin ATEŞ, Göksel MUTLU, Ayla BULUT ÜSTÜN, Adem ÖZATA, O. Cem ÖZERK, Refahat OSMANÇELEBİOĞLU, Ferdane KARAKAYA GÜLMEZ, *MTA Genel Müdürlüğü*, ANKARA

### ÖZET

Yerbilimi verileri, kentsel-bölgesel planlamalarda, yararlanılan en önemli veri grubudur. Planlama çalışmalarının ilk aşamasında, yerbilimi verilerinin karar vericilerce gözetilmesi, bu verilerin planlama ve uygulama sürecine katkısını arttıracaktır. Bu anlayış çerçevesinde sunulan çalışmada, Bursa İli'nin bölgesel arazi kullanım planlamalarında yararlanılabilir temel yerbilim verileri sunulmuştur.

Proje çalışmaları, 1/150 000 ve 1/25 000 ölçeklerinde gerçekleştirilmiştir. 1/150 000 ölçekli araştırmalar İl genelinde 10 891 km<sup>2</sup> alanda, 1/25 000 ölçekli araştırmalar ise Bursa İl Merkezi ve yakın çevresi ile ilçe merkezleri ve yakın çevrelerinde yapılmıştır.

Öncelikle, İl genelinde jeoloji, hidrojeoloji ve doğa kaynaklı afetler konularında araştırmalar yapılmıştır. Bu araştırmalarda İl'in 1/150 000 ölçekli jeoloji haritası hazırlanmıştır. Hidrojeolojik çalışmalarda, bölgede yer alan kayatürlerinin geçirimsizlikleri, gözeneklilikleri ve su tutabilme özellikleri incelenmiş ve bu özelliklere göre kayatürleri sınıflandırılarak hidrojeoloji haritası oluşturulmuştur. İl Merkezi ve yakın çevresindeki yeraltı ve yüzey sularının niteliklerini belirlemek amacıyla örnekleme çalışmaları yapılmış ve hidrokimyasal özellikleri tanımlanmıştır. Jeodinamik süreçlere ilişkin araştırmalarda, İl sınırları içindeki alanda kütle hareketlerinin türü ve etkinlikleri gözetilerek, kütle hareketleri sınıflandırılmıştır. Ayrıca, kütle hareketleri 1/25 000 ölçek ayrıntıda haritalanmış, İl ve yakın çevresindeki diri faylar, nitelikleri ve depremsellikleri değerlendirilmiştir.

Bursa kentsel alanı ve yakın çevresi ile Kestel, Gürsu, İnegöl, Yenişehir, İznik, Orhangazi, Gemlik, Mudanya, Karacabey, Mustafakemelpaşa, Orhanlı, Büyükorhan, Keles ve Harmancık ilçeleri ve çevresinde, 1/25 000 ölçekli mühendislik jeolojisi, jeomorfoloji ve eğim analizleri konularında arazi çalışmaları yapılmıştır. Bursa Büyükşehir Belediyesi sınırları içinde kalan Nilüfer, Yıldırım ve Osmangazi ilçeleri Bursa kentsel alanı içinde, diğer ilçe merkezleri ve çevresi, ortaya koyulan yerbilimi verileri ve doğal kaynaklı afetlerin özellikleri irdelenerek, bu özellikler kentsel yerleşime uygunluk açısından değerlendirilmiştir.

***Anahtar sözcükler:*** *Arazi kullanım planlaması, Yerbilimi verileri, Bursa.*

### GİRİŞ

Yerbilimi verileri, arazi kullanım planlamasında ve değerlendirilmesinde gözetilmesi gereken en önemli veri grubudur. Bu veriler, ortaya koyulduktan sonra, yerleşim yerleri ve endüstriyel alanlarının yer seçimi kolaylıkla yapılabilir; alt yapı uygulamalarının niteliği, arazi kullanımının hangi amaçlar doğrultusunda en verimli şekilde kullanılabileceği konularında daha nesnel kararlar verilebilir. Diğer meslek gruplarının değerlendirme ve katkıları, bu veriler ışığında yönlendirilebilir (Brown ve Kockelemen, 1983; Larid ve diğerleri, 1979). Yapılan planlamaların, uygulanabilir ve kalıcı olabilmesinin önemli koşullarından biri, planlamalarda ve uygulama aşamalarında yerbilim verilerinin gözetilmesidir. Bu amaçla sunulan metinde, Bursa İli'nin bölgesel ve çevre düzeni planlamalarına temel olacak ölçek ve nitelikte, yerbilim verileri ve doğa kaynaklı afetlere dair süreçler incelenmiştir (Ateş ve diğerleri, 2009).

Öncelikle jeolojik, jeomorfolojik ve hidrojeolojik özellikler ile doğa kaynaklı afetler irdelenmiştir. Arazi kullanımı için gereksinim duyulan veriler çerçevesinde bölgesel planlamalar ve uygulamalar yönlendirilmiştir. Amaç, bölgede yapılacak yer seçiminde, uygulama ve geleceğe yönelik planlamada hataya düşmemektir. Bu çerçevede, yer seçimi ile doğa kaynaklı tehlikeler ele alınmıştır. Böylece gerçekçi planlama ve arazi kullanımlarına katkının sağlanması amaçlanmıştır. Bu çalışmalar sırasında oluşturulan haritalar, 1/150 000 ve /25 000 ölçekli olarak hazırlanmıştır.

## ÇALIŞMA YÖNTEMLERİ

Arazi çalışmaları, proje amaçları doğrultusunda, İl'in bölgesel ve çevre düzeni planlamalarına hizmet edecek nitelikte, 1/150 000 ve 1/25 000 ölçeklerinde gerçekleştirilmek üzere planlanmıştır. 1/150 000 ölçekli araştırmalar İl genelinde, 1/25 000 ölçekli araştırmalar ise Bursa kentsel yerleşim alanı ve çevresi ile İl'in 14 ilçe merkezi ve çevresinde yürütülmüştür. Nilüfer, Yıldırım ve Osmangazi ilçeleri Bursa kentsel alanı içinde değerlendirilmiştir.

İl genelinde jeoloji, hidrojeoloji ve doğal afet kaynakları konularında araştırmalar yapılmıştır. Jeolojik çalışmalarda, İl genelinde yayılım sunan birimlerin alansal dağılımları belirlenmiş, kayatürü özellikleri araştırılarak, 1/150 000 ölçekli jeoloji haritası oluşturulmuştur. Jeoloji haritalarının oluşturulmasında Genç (1986), Erendil ve diğerleri (1999), Ergül ve diğerleri (1980), Gözler ve diğerleri (1991), Yalçınkaya ve Afşar (1980), Tekeli ve diğerleri (1989) ile Akat ve diğerleri (1978)'nin yaptığı çalışmalardan, ayrıca MTA Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi Jeoloji Veri Bankası verilerinden yararlanılmıştır. Arazi çalışmaları sırasında, eksik veya uyumsuz haritalar revize edilerek, haritalar arasında bütünlük sağlanmıştır.

Hidrojeolojiye ilişkin çalışmalarda birimler, arazide hidrojeolojik gözlemler yapılarak geçirimsizlikleri, su iletme özellikleri ve genelleştirilmiş tablolar kullanılarak sınıflandırılmış ve İl genelini kapsayan alanın 1/150 000 ölçekli hidrojeoloji haritası oluşturulmuştur. Yüzey ve yeraltısularının niteliklerini belirlemek amacıyla, elektriksel iletkenlik, pH, çözünmüş oksijen miktarı, sıcaklık gibi bazı kimyasal ve fiziksel özellikleri arazide ölçülerek, su kimyasına yönelik veriler toplanmıştır.

Ayrıca Bursa, İnegöl, Yenişehir, İznik, Orhangazi, Gemlik, Karacabey ovalarının yeraltısuyu eş derinlik haritası yapılarak, mühendislik jeolojisine yönelik çalışmalara veri sağlanmıştır. Yine kütle hareketleri, taşkın alanları ile İl ve çevresindeki deprem üretecek diri faylar araştırılmıştır. Bu doğa kaynaklı afet süreçlerinin araştırılmasında değişik ölçekli hava fotoğraflarından yararlanılmış, kütle hareketleri türleri ve aktivitelerine göre sınıflandırılarak haritalanmıştır.

Bursa İl Merkezi ve çevresi ile Kestel, Gürsu, İnegöl, Yenişehir, İznik, Orhangazi, Gemlik, Mudanya, Karacabey, Mustafakemelpaşa, Orhaneli, Büyükorhan, Keles ve Harmancık ilçeleri ve çevresinde 1/25 000 ölçek ayrıntısında mühendislik jeolojisi, jeomorfoloji ve eğim analizleri konularında araştırmalar yapılmıştır. Mühendislik jeolojisine yönelik araştırmalarda, kayalar litolojik ayrımına dayalı olarak, Kuvaterner yaşlı genç çökeller ise fasiyes özelliklerine göre ayırtılarak haritalanmıştır.

Kayaçlarda sık gözlemler yapılarak litolojik ve genel jeomühendislik özellikleri araştırılmış, dayanımlılık, bozunma ve süreksizliklerin özellikleri gibi parametrelerin belirlenmesinde ISRM (1981) ölçütlerinden yararlanılmıştır. İnceleme alanının günümüzdeki topoğrafik yapıyı kazanmasında etkin olan iç ve dış dinamik süreçlerin denetiminde şekillenen morfolojik üniteler, çeşitli yer şekilleri, akarsu, vadi sistemleri araştırılmıştır. Topoğrafyanın şekli ve eğimi hakkında veri sunan eğim haritaları, sayısal topoğrafya verilerinden yararlanılarak oluşturulmuştur. Yapılan bu araştırmalar ve konularına özgün üretilen haritalar değerlendirilerek, İl-ilçe merkezleri ve çevresi, kentsel yerleşime uygunluk açısından değerlendirilmiştir.

## İLİN YERBİLİMİ VERİLERİ

Bursa İli'ni yerbilimi verileri açısından öncelikle jeoloji, hidrojeoloji ile diri faylar-depremsellik ve kütle hareketleri gibi doğa kaynaklı afetlere dair süreçler hakkında araştırmalar yapılmış ve bu konulara özgü 1/150 000 ölçekli haritalar üretilmiştir (Şekil 3-4).

### **Jeoloji**

Bursa İli genelinde, Paleozoyik-Kuvaterner zaman aralığını temsil eden farklı kayatürü özellikleri sunan metamorfik, ofiyolitik, volkanik, plütonik ve çökel kayatürleri yer almaktadır (Şekil 3). Jeoloji haritasının oluşturulmasında Genç (1986), Erendil ve diğerleri (1991), Ergül ve diğerleri (1980), Gözler ve diğerleri (1991), Yalçınkaya ve Afşar (1980), Tekeli ve diğerleri (1989) ile Akat ve diğerleri (1978), Akdeniz ve Konak (1979), Küçükayman ve diğerleri (1987), Ketin (1947), Okay (1984; 1987; 1994), Okay ve diğerleri, (1986), Akyüz ve Okay, (1998), Şengör ve Yılmaz, (1981; 1983)'ün çalışmalarının yanı sıra MTA Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Dairesi, Jeoloji Veri Bankası verilerinden yararlanılmıştır.

### ***Stratigrafi ve Kayatürü Özellikleri***

İnceleme alanı, ofiyolitik kenet kuşaklarıyla ayrılan, üç önemli tektonik birliğin bir araya geldiği bölgede yer almaktadır. Birbiriyle tektonik ilişkili olan bu birlikler, İlin kuzeyinde İstanbul Zonu, ortada Sakarya Zonu ve güneyinde Tavşanlı Zonlarından oluşur (Şengör ve Yılmaz, 1981; Okay, 1987).

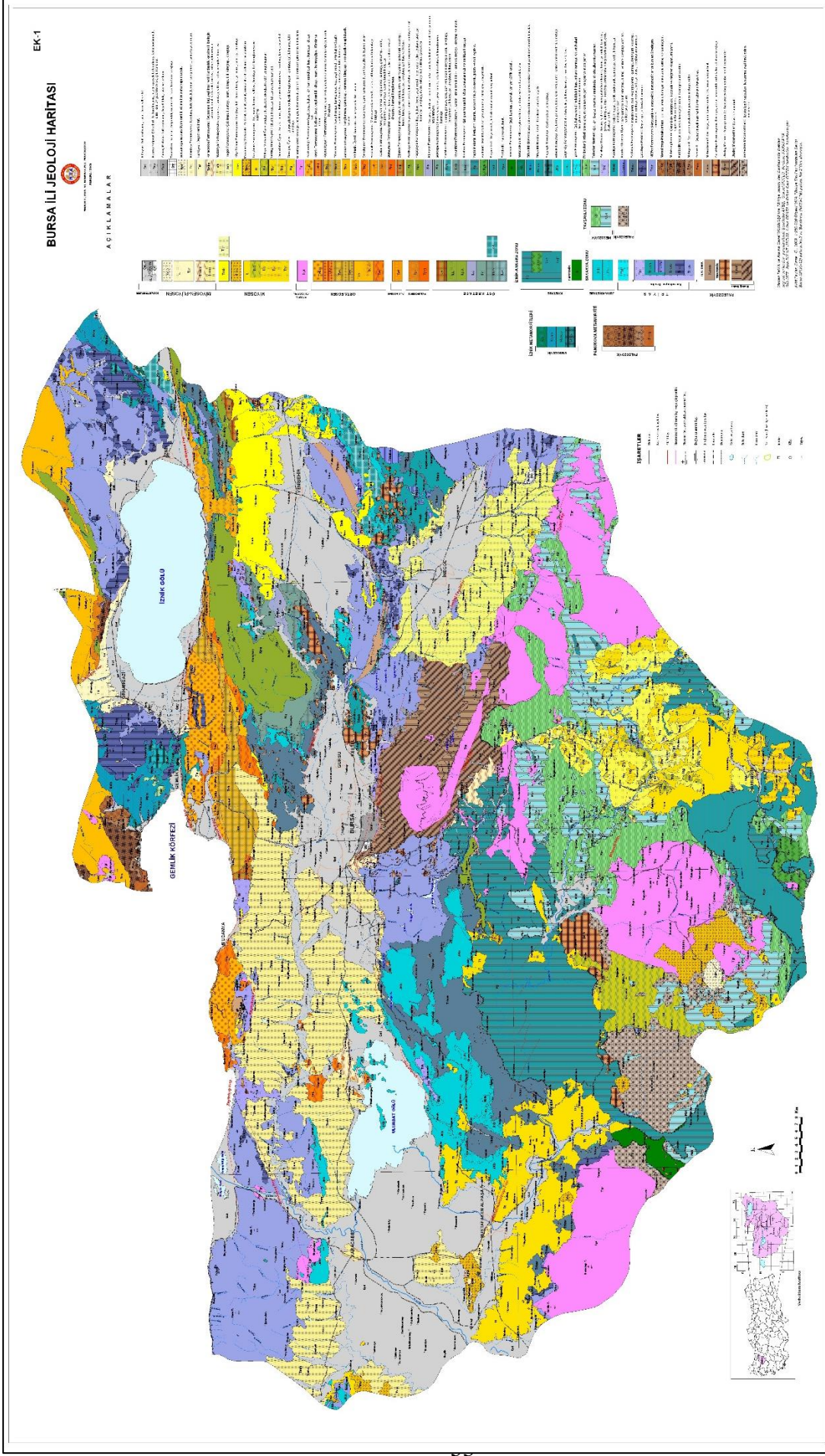
İstanbul zonu, Paleozoyik yaşlı pasif kıta kenarı çökelleri ve bunları uyumsuzlukla örten Triyas yaşlı sedimanter kayalarından oluşmaktadır. Erendil ve diğerleri (1991)'ne göre Armutlu yarımadasının temelini oluşturan, Paleozoyik yaşlı Pamukova metamorfikleri, İstanbul istifleriyle denestirilebilecek özellikler taşımaktadır.

Sakarya Zonu, altta Uludağ masifinde yüzeleyen Paleozoyik yaşlı bir temel ve bu temeli tektonik olarak örten Permiyen-Triyas yaşta dalma-batma zonu kayalarından (Karakaya kompleksi) meydana gelir (Okay ve diğerleri, 1986). Tavşanlı Zonu ise mavi şistler, ofiyolit ve ofiyolitli melanjdan oluşmaktadır (Okay, 1984).

Bu tektonik birliklerden İstanbul Zonu ve Sakarya Zonu Pontid İçi Kenedi ile Sakarya Zonu ve Tavşanlı Zonu da İzmir-Ankara Kenedi ile ayrılmaktadır. Pontid İçi kenedi, Mesozoyik'te İstanbul Zonu ve Sakarya Zonu arasında yer alan okyanusun Erken Eosen-Oligosen dönemlerinde kapanması sonucu oluşmuş, ofiyolit ve mavi şist dilimlerinden oluşan bir fay zonu ile temsil edilir (Okay, 1994).

Sakarya ve Tavşanlı zonları arasında sınırı oluşturan İzmir-Ankara Kenedi, Neo-Tetis okyanusunun kuzeye dalarak yok olmasıyla oluşmuştur. Sakarya zunu ile Anatolid-Torid platformu arasında kıta kıta çarpışması muhtemelen Paleosen'de gerçekleşmiştir (Akyüz ve Okay, 1998).

Bu eski kıta parçalarını temsil eden bu tektonik birlikler ile bu tektonik birlikleri ayıran kenet kuşakları, oldukça farklı stratigrafik, mağmatik, metamorfik ve yapısal özelliklere sahiptir. Bu çalışmada, inceleme alanında yer alan temel kayalar, buldukları tektonik birlikteki stratigrafik özelliklerine göre, temel kayalar üzerinde gelişen örtü kayaları da yine stratigrafik dizimlerine ve yaş ilişkilerine göre tanıtılmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Bursa İilinin jeoloji haritası (Ateş ve diğerleri, 2009)

## **Hidrojeoloji**

Hidrojeoloji ye yönelik çalışmalarda kayatürlerin geçirimliliği, yeraltısuyu seviyesi, su kalitesi ve su kaynakları potansiyeli konularında araştırmalar yapılmış, bölgesel hidrolojik-hidrojeolojik yapı incelenmiş, İl geneli için 1/150 000 ölçekli hidrojeoloji haritası (Şekil 4) oluşturulmuştur.

Çalışma alanında evsel, tarımsal ve sanayi atıkların oluşturabileceği kirliliğin, yüzey ve yeraltısularının kalitesi üzerine etkisinin değerlendirilmesinde, DSİ I. Bölge Müdürlüğü tarafından oluşturulan gözlem ağına ait verilerden yararlanılmıştır. Çalışma alanında yeraltı ve yüzey sularının hidrojeokimyasal özelliklerinin ve su-kayaç etkileşiminin belirlenmesi amacıyla 30 noktadan örnekleme yapılarak major anyon-katyon analizleri gerçekleştirilmiştir.

Alınan örnekler MTA Genel Müdürlüğü, Maden Analizleri Teknolojileri Dairesi, su kimyası laboratuvarında analiz edilmiş ve saha gözlemleri ile bütünleştirilerek değerlendirilmiştir. Yüzey ve yer altı sularındaki kirlilik potansiyelinin ortaya konması amacıyla DSİ I. Bölge Müdürlüğü tarafından yapılmış nitrit, nitrat, amonyum ve ağır metal analizlerinden yararlanılmıştır

Arazi çalışmalarından elde edilen verilerin yanı sıra, DSİ I. Bölge Müdürlüğü, DMİ Genel Müdürlüğü ve üniversiteler tarafından gerçekleştirilen hidrolojik, hidrojeolojik çalışmalar, kuyu testleri ve loglarına ilişkin kayıtlar ile su kalitesine yönelik ölçüm ve analiz sonuçları da derlenerek yorumlanmıştır.

Hidrolojiye yönelik çalışmalarda akarsular, göller, barajlar, göletler, soğuk-sıcak su kaynakları, derin ve sığ su kuyuları çeşitli özellikleri bakımından tanıtılmıştır(Ateş ve diğerleri, 2009.)

### ***Kaya Birimlerin Hidrojeolojik Özellikleri***

Bu bölümde, Bursa İl sınırları içinde gerçekleştirilen hidrojeolojik çalışmalar tanıtılmıştır. Bu kapsamda jeolojik birimlerin geçirimliliği, yeraltısuyu seviyesi, su kalitesi ve su kaynakları potansiyeli konularında araştırmalar yapılmış, bölgesel hidrojeolojik yapı incelenmiştir.

İl genelinde yürütülen hidrojeolojik araştırmalarda, İl'de yer alan çeşitli kayatürleri ve güncel çökeller, gözenekliliği, su taşıma özellikleri ve hidrolik geçirimliliklerine göre sınıflandırılarak 1/150 000 ölçekli hidrojeoloji haritası oluşturulmuştur (Şekil 4).

İl genelinde yüzeylenen litolojik birimler, genelleştirilmiş hidrolik geçirimliliklerine göre çok geçirimli-geçirimli ve az geçirimli-geçirimsiz olmak üzere iki ana grup altında sınıflandırılmıştır (Todd, 1980; Şekil 5).

Hidrojeoloji haritasında (Şekil 4), birincil gözenekliliğe sahip geçirimli birimler mavi, ikincil gözenekliliğe sahip geçirimli birimler yeşil, geçirimsiz/az geçirimli birimler ise kahverenkli gösterilmiştir. Birincil gözenekliliğe sahip geçirimli litolojilerden suyu iletme özelliği görece yüksek olan birimler koyu mavi, suyu iletme özelliği daha az olan birimler açık mavi ile gösterilmiştir. İkincil gözenekli birimlerden görece yüksek geçirimli olanlar koyu yeşil, daha az geçirimli olanlar ise açık yeşil renk tonları ile gösterilmiştir.

Geçirimsiz birimler, az geçirimli ve geçirimsiz olmak üzere iki alt grupta gösterilmiştir. Az geçirimli birimler koyu kahverengi, geçirimsiz birimler ise açık kahverengi ile gösterilmiştir. Hidrolik iletkenlik katsayısı (K)  $10^{-8}$  den küçük olan geçirimsiz birimler, yeraltı suyunun hareketini engelleyen bir bariyer özelliği gösterirler.



## BURSA İLİ HİDROJEOLOJİ HARİTASI



MÜHÜRÜZÜMÜR HİZMETLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

HİDROJEOLOJİK ÖZELLİK

## AÇIKLAMALAR

Bilimsel Gözetim Eksenleri

Bilimsel Gözetim Dışındaki Bölümler

Bilimsel Gözetim Dışındaki Bölümler

Bilimsel Gözetim Dışındaki Bölümler

Bilimsel Gözetim Dışındaki Bölümler

Bilimsel Gözetim Dışındaki Bölümler

Bilimsel Gözetim Dışındaki Bölümler

Bilimsel Gözetim Dışındaki Bölümler

Bilimsel Gözetim Dışındaki Bölümler

Bilimsel Gözetim Dışındaki Bölümler

Bilimsel Gözetim Dışındaki Bölümler

Bilimsel Gözetim Dışındaki Bölümler

Bilimsel Gözetim Dışındaki Bölümler

Bilimsel Gözetim Dışındaki Bölümler

Bilimsel Gözetim Dışındaki Bölümler

Bilimsel Gözetim Dışındaki Bölümler

Bilimsel Gözetim Dışındaki Bölümler

Bilimsel Gözetim Dışındaki Bölümler

Bilimsel Gözetim Dışındaki Bölümler

Bilimsel Gözetim Dışındaki Bölümler

Bilimsel Gözetim Dışındaki Bölümler

Bilimsel Gözetim Dışındaki Bölümler

Bilimsel Gözetim Dışındaki Bölümler

Bilimsel Gözetim Dışındaki Bölümler

Bilimsel Gözetim Dışındaki Bölümler

Bilimsel Gözetim Dışındaki Bölümler

Bilimsel Gözetim Dışındaki Bölümler

Bilimsel Gözetim Dışındaki Bölümler

Bilimsel Gözetim Dışındaki Bölümler

Bilimsel Gözetim Dışındaki Bölümler

Bilimsel Gözetim Dışındaki Bölümler

Bilimsel Gözetim Dışındaki Bölümler

Bilimsel Gözetim Dışındaki Bölümler

Bilimsel Gözetim Dışındaki Bölümler

Bilimsel Gözetim Dışındaki Bölümler

Bilimsel Gözetim Dışındaki Bölümler

Bilimsel Gözetim Dışındaki Bölümler

Bilimsel Gözetim Dışındaki Bölümler

Bilimsel Gözetim Dışındaki Bölümler

Bilimsel Gözetim Dışındaki Bölümler

Bilimsel Gözetim Dışındaki Bölümler

Bilimsel Gözetim Dışındaki Bölümler

Bilimsel Gözetim Dışındaki Bölümler

Bilimsel Gözetim Dışındaki Bölümler

Bilimsel Gözetim Dışındaki Bölümler

Bilimsel Gözetim Dışındaki Bölümler

Bilimsel Gözetim Dışındaki Bölümler

Bilimsel Gözetim Dışındaki Bölümler

Bilimsel Gözetim Dışındaki Bölümler

Bilimsel Gözetim Dışındaki Bölümler

Bilimsel Gözetim Dışındaki Bölümler

Bilimsel Gözetim Dışındaki Bölümler

Bilimsel Gözetim Dışındaki Bölümler

Bilimsel Gözetim Dışındaki Bölümler

Bilimsel Gözetim Dışındaki Bölümler

Bilimsel Gözetim Dışındaki Bölümler

Bilimsel Gözetim Dışındaki Bölümler

Bilimsel Gözetim Dışındaki Bölümler

Bilimsel Gözetim Dışındaki Bölümler

Bilimsel Gözetim Dışındaki Bölümler

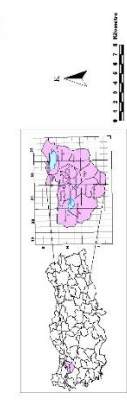
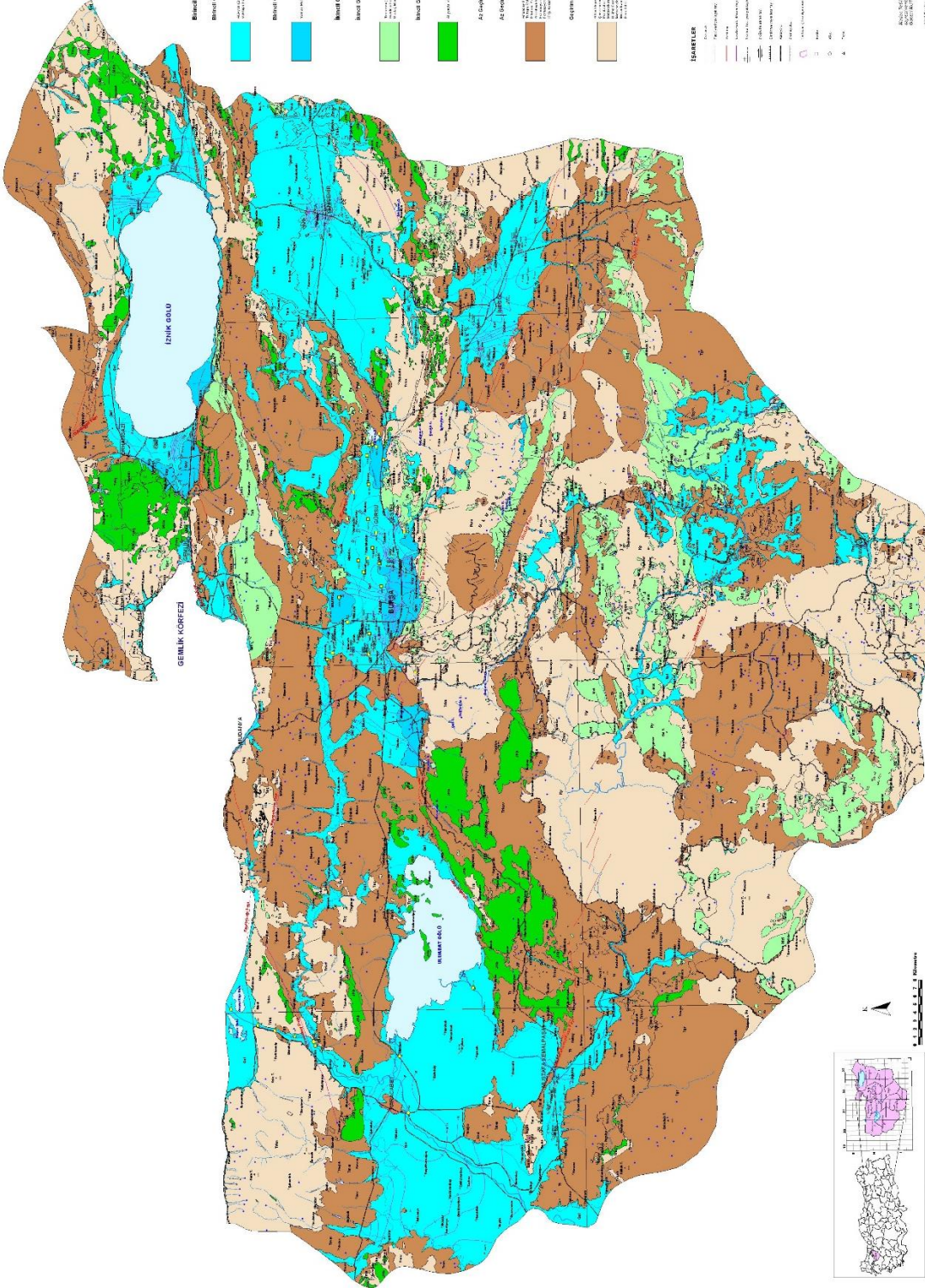
Bilimsel Gözetim Dışındaki Bölümler

Bilimsel Gözetim Dışındaki Bölümler

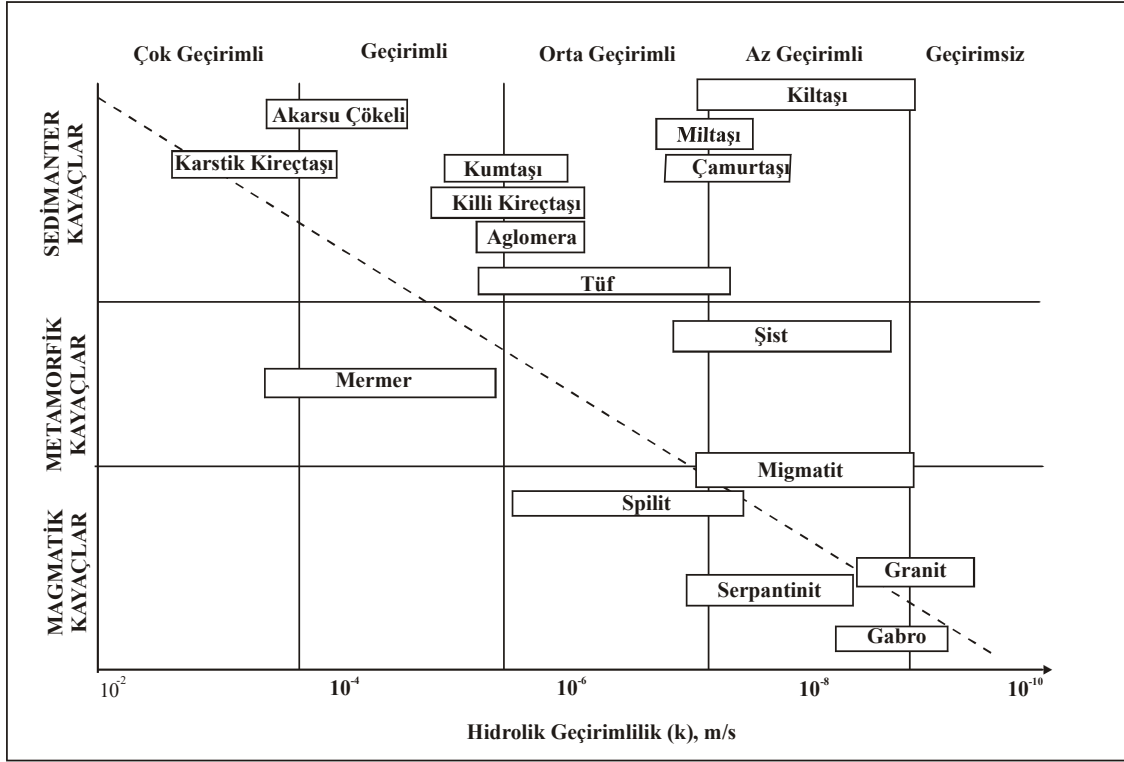
Bilimsel Gözetim Dışındaki Bölümler

Bilimsel Gözetim Dışındaki Bölümler

Bilimsel Gözetim Dışındaki Bölümler



Şekil 4. Bursa İli hidrojeoloji haritası ( Ateş ve diğerleri, 2009)



Şekil 5. Kaya gruplarının genelleştirilmiş hidrolik geçirimsizlikleri (Todd, 1980).

### **Su Kaynakları Potansiyeli**

İlin yüzey ve yeraltı suyu kaynakları potansiyeli toplam 6185.5 hm<sup>3</sup>/yıl dır (Bursa İli Çevre Durum Raporu, 2007). Yeraltı suyu potansiyelini oluşturan ovalar ile yüzey suyu potansiyelini oluşturan akarsulara ilişkin bilgiler aşağıda sunulmuştur.

### **Yeraltı suyu Kaynakları Potansiyeli**

İl sınırları içinde Bursa, Çayırköy, Karacabey-Mustafakemalpaşa, İznik, Orhangazi, Gemlik, İnegöl, Yenişehir ve Mudanya sahil ovalarında yeraltı suyu işletilmektedir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Bursa İlinin yeraltı suyu potansiyeli. \*

Ova Adı	İşletme Rezervi (hm <sup>3</sup> /yıl)	Fiilen Kullanılan (hm <sup>3</sup> /yıl)
Bursa	115.5	112
Çayırköy	6.5	6.5
Aşağı Susurluk	65.5	65
İznik	14	4.2
Orhangazi	19.5	14.1
Gemlik	6	6
İnegöl	41	29.5
Yenişehir	46	36.5
Mudanya	3.5	2.8
<b>TOPLAM</b>	<b>317</b>	<b>275.1</b>

\* Bursa İli Çevre Durum Raporu, 2007

Çizelge 2'de görüldüğü gibi Bursa'nın yeraltı suyu potansiyelinin yaklaşık (275.1/317) %86.8'i fiilen kullanılmaktadır.

**Bursa Ovası'**nda alüvyonun yüzey alanı 200 km<sup>2</sup> dir. Alüvyon kalınlığı ovanın güney kısmında 80-120 m civarındadır. Bu kesimde genellikle iri blok, çakıl ile kumdan oluşan alüvyon yelpazeleri yer almaktadır. Ovanın güneyinde Nilüfer, Gökdere, Kaplıkaya ve Deliçay alüvyon yelpazeleri bulunur. Bu yelpazelerin kalınlıkları 80-120 m arasındadır. Ovanın orta ve doğu kesimlerinde alüvyon kalınlığı 150-

200 m, kuzeyinde 100 m, batısında 100-150 m civarındadır. Alüvyonun tabanında, alüvyona göre çok az su taşıma özelliği olan Neojen birimler bulunmaktadır. Tahminen kalınlığı 500-600 m civarındadır (DSİ, 1973).

#### Yüzeysuyu Kaynakları Potansiyeli

İlin yüzeysuyu potansiyelini Susurluk, Emet, Orhaneli, Karadere, Nilüfer ve Kocasu Çayları ile İznik Gölü oluşturmaktadır (Çizelge 3).

Çizelge 3. Bursa İlinin yüzeysuyu potansiyeli. \*

<b>Kaynak Adı</b>	<b>Yıllık Ortalama Suyu (hm<sup>3</sup>/yıl)</b>
Susurluk, Emet, Orhaneli ve Karadere çayları Bölge içindeki su potansiyelleri	4164
Nilüfer Havzası	533
Yenişehir Kocasu	579
İznik Gölü Havzası	104
Gemlik Körfezi Havzası	48
Ölçülemeyen havzadan gelen	250
<b>TOPLAM</b>	<b>5678</b>

\* Bursa İli Çevre Durum Raporu, 2007

#### **Yeraltısuyu Seviyesi ve Doluşımı**

Depremlerde, tutturulmamış gevşek çökellerde gelişebilen sıvılaşma potansiyelinin belirlenmesinde, yeraltısuyunun yüzeyden derinliği önem taşımaktadır. Ayrıca hidrodinamik yapının anlaşılması, yeraltısuyunun hareketiyle yakından ilişkilidir. Yeraltısuyu akım yönü, yeraltısuyunda oluşabilecek kirlilik yayılımının belirlenmesi bakımından da önem taşır. Bu amaçlarla, arazi çalışmaları, DSİ kuyu logları, DSİ raporları ve jeoteknik amaçlı raporların verilerinden yararlanılarak Bursa İl merkezi, İnegöl, Yenişehir, İznik, Orhangazi, Mustafa Kemalpaşa ve Karacabey ilçelerinin bulunduğu alüvyon alanların, yeraltısuyu eş derinlik haritaları oluşturulmuştur.

Bursa il merkezi için belirlenmiş olan çalışma alanı içinde, mühendislik jeolojisi ve hidrojeoloji çalışmalarında değerlendirilmek üzere, daha önce DSİ tarafından açılmış 79 kuyunun loglarında belirtilen statik su seviye değerleri göz önüne alınmıştır. Oluşturulan eş su derinlik haritasına göre statik su seviyesi 0-44 metre arasında değişmektedir.

Ovadaki yeraltısuyu beslenimine ve depolanmasına önemli bir katkı sağlayan Aksu, Kaplıkaya, Gökdere ve Nilüfer alüvyon yelpazelerinin, GD-KB doğrultusunda açılmış kuyuların statik su seviye değerleri (Ss) 36 m ile 44 m arasındadır. Havza kenarından ova tabanına, Nilüfer Çayına yaklaşıldıkça Ss'nin azalarak yeraltısuyu yüzeye yaklaşmaktadır. Yeraltısuyu eş derinlik haritası değerlendirildiğinde; yeraltısuyu akımı ovanın doğusunda GD-KB, ovanın güneyinde ise G-K'ye, Nilüfer çayına doğrudur. Ova yeraltısuyu beslenimini büyük ölçüde Uludağ'dan gerçekleştirmektedir. Uludağ'ın büyük bölümü gnays ve mikaşist gibi geçirimsiz birimlerden oluşması, düşen yağmur ve eriyen kar suları yüzeysel akışla, geçirimli alüvyon yelpazelerinde derinlere süzülerek alüvyonu beslemektedir.

#### **Su Kaynaklarının Kimyasal Özellikleri ve Kalitesi**

Su kaynaklarının kimyasal özellikleri ve kalitesine ilişkin değerlendirmeler, arazi çalışmaları sonucunda belirlenen 30 noktadan alınan yeraltısuyu örneklerinin analiz sonuçlarına, yerinde yapılan ölçümler ile DSİ I. Bölge Müdürlüğü tarafından yapılan analiz sonuçlarına dayandırılmıştır. Bu noktalardan 30 adet major anyon-katyon (Na, K, Mg, Ca, HCO<sub>3</sub>, Cl, SO<sub>4</sub>) örneği alınmıştır. Alınan örnekler MTA Genel Müdürlüğü Maden Analizleri ve Teknolojileri Dairesi, su kimyası laboratuvarında analiz edilmiştir.

Çalışma alanındaki su kaynaklarının kalitesinin belirlenmesine yönelik olarak sıcaklık (T), elektriksel iletkenlik (EC), tuzluluk, çözülmüş oksijen (ÇO) ve pH ölçümleri yapılmıştır. Yeraltı ve yüzey sularından alınan örneklerin analiz sonuçları, TSE (Türk Standartları Enstitüsü) tarafından çıkarılan İçme ve Kullanma Suları (TS 266, Nisan 2005) Standartları'na uygunluk açısından değerlendirilmiştir (Ateş ve diğerleri, 2009).

Yeraltısularının kimyasal özelliklerinin belirlenmesine yönelik çalışmalarda, sadece üç kaynak örneğinde Mg kirliliği, bir kaynakta Ca kirliliği, bir kuyuda ise SO<sub>4</sub> kirliliği gözlenmiştir. İnegöl ilçesine bağlı Kınık'tan alınan örnekte ise Eİ, K, Na, Ca, Mg ve B değerleri TS 266'da belirtilen sınır değerlerin üzerinde çıkmıştır.

Analiz sonuçları, Nilüfer Çayında NH<sub>4</sub>, Fe, K, As, Eİ, Cl, SO<sub>4</sub> ve Na kirliliği olduğunu ortaya koymuştur. Nilüfer Çayı bölgede kirlilikten en çok etkilenen akarsudur. Uluabat Gölü çıkışında NH<sub>4</sub>, Fe, Cr, As, Kocasu Çayının Hayırlar Köyü mevkiinde Fe ve As kirliliği olduğu görülmüştür. Mustafakmalpaşa Çayında Fe, B, As, ve Mg kirliliği, Orhaneli Çayında ise Fe, Mg, As ve B kirliliği belirlenmiştir.

### **Doğa Kaynaklı Afetler**

Bu çalışmada, diri faylar-depremsellik, kütle hareketleri (heyelanlar), jeodinamik süreçler doğa kaynaklı afetler olarak incelenmiştir. Bölgenin jeolojik yapısından kaynaklanan bu dinamik süreçlerin içinde, İli etkilemesi beklenen en önemli doğa kaynaklı afet depremdir.

### ***Diri faylar ve depremsellik***

Bursa ve çevresinde diri fayların tanıtılmasında Emre ve diğerleri (2005; 2009)'nin çalışmaları ile Şaroğlu ve diğerleri (1987) tarafından hazırlanan Türkiye Diri Fay Haritası (MTA, 1992)'nden yararlanılmıştır.

Depremsellikle ilgili çalışmalarda, Bursa ve çevresi ile Güney Marmara bölgesinde deprem üretme potansiyeli taşıdığı bilinen fayların lokasyonu, türü, boyutları, hangi büyüklükte ve sıklıkta deprem ürettikleri konularında araştırmalar yapılmıştır. Ayrıca bu faylar, aletsel ve tarihsel dönemlere ait depremsel etkinlikleri yönünden de tanıtılmıştır.

İli deprem tehlikesi açısından değerlendirmek amacıyla, tarihsel-aletsel dönemlere ait depremlerin episantr dağılımları ve depremlere kaynaklık eden fayları gösteren, deprem fay ilişkisini ortaya koyan haritalar hazırlanmıştır (Şekil 6-7).

### ***Bursa ve Çevresinde Yeralan Aktif Faylar***

Bursa, Türkiye'nin sismik olarak aktif bölgelerinden biri olan Marmara Bölgesi'nde yer almaktadır. İl ve yakın çevresindeki diri faylar, kuzeyde Kuzey Anadolu Fayı Sistemi (KAFS) ve Güney Marmara olmak üzere iki alanda yoğunlaşır (Şekil 6). Marmara Bölgesinde Kuzey Anadolu Fayı Sistemi (KAFS) kuzey ve güney olmak üzere iki koldan oluşur.

Kuzey kol Adapazarı ovasının güneyinden ve Sapanca Gölünden geçerek İzmit Körfezine, batıya devamında da Marmara Denizi tabanından Saros çukurluğunu izleyerek, batı ucunda Kuzey Ege Denizi'ne kadar uzanmaktadır. Kuzey kol, KAFS içerisinde ana fay zonu niteliğindedir (Armijo ve diğ., 1999; Le Pichon ve diğ., 2001; 2003). Dokurcun vadisinden ana faydan ayrılan güney kol ise Geyve-İznik-Gemlik üzerinden aynı doğrultuda Bandırma'ya kadar uzanır (Emre ve diğ., 2001; 2009). İnceleme alanı ve yakın çevresinde, KAFS içerisinde yer alan güney kola ait İznik-Mekece Fayı, Gemlik Fayı, Gençali Fayı, Zeytinbağı Fayı ve Gemlik Körfezinde deniz tabanında yer alan faylardan oluşmaktadır.

Güney Marmara'daki diri faylar ise Eskişehir Fayı Sistemi'nin batıya devamı olan faylar ile Bursa-Gönen havzasının oluşumunu denetleyen ve bu çöküntü alanının kenarlarında yer alan faylardır. Ayrıca bu çöküntü alanının güneyinde yer alan Uludağ yükselimi güneyinde ve bu dağ sırasının doğu ve batı devamında da diri faylar bulunmaktadır. İnceleme alanında, bu havzanın güney kenarında yer alan faylar İnegöl Fay Zonu, Oylat Fayı, Bursa Fayı, Uluabat Fayı, Mustafakemalpaşa Fayı ve Manyas faylarıdır. Kuzey kenarında ise Barakfakı, Kaymakoba ve Karacabey fayları yer alır (Emre ve diğ., 2005; 2009). Uludağ yükseliminin güney ve batısında Uludağ Fayı ve Orhaneli Fayı bulunmaktadır (Şekil 6).

Bu fayların tarihsel, aletsel dönemlerde can kaybına neden olan ve hasar oluşturan büyük yıkıcı depremler ürettiği bilinmektedir. Bu çalışma kapsamında Bursa ve çevresinde tarihsel ve aletsel dönemlerde depremler üreten ve deprem üretme potansiyeli taşıyan faylar, konumları, yapısal

özellikleri ve depremsel etkinlikleri açısından tanıtılmıştır. Araştırmada, ağırlıklı olarak aktif fay özellikleri üzerinde durulmuş, toplanan bulgular bölgenin deprem tehlikesi açısından tartışılmıştır.

### Depremsellik

Bursa ve yakın çevresi, yukarıda tanıtılan Kuzey Anadolu Fay Sistemi ile Güney Marmara bölgesindeki faylardan kaynaklanan, tarihsel dönemlerde ve son yüz yılda yoğun deprem aktivitesinin gözlemlendiği bölgede yer alır (Şekil 6; Şekil 7). Marmara Denizi ve çevresini etkileyen depremler çok sayıda araştırmacı tarafından incelenmiştir (Ergin ve diğ., 1967, Ambraseys, 1970, 1971; 1988; Ambraseys ve Finkel, 1987; 1991; 1995; Ambraseys ve Jackson, 2000; Ürekli, 1999; Ozansoy, 2002; Demirkent, 2002).

Bu araştırmacılar tarafından hazırlanan deprem katalogları, bölge ile Bursa ve yakın çevresini kapsayan önemli deprem kaydı içermektedir. Bu araştırmalardan yararlanılarak hazırlanan Şekil 7'de, Marmara Denizi ve çevresinde son 20. yüzyılda meydana gelen büyük – orta depremler ile tarihsel depremlerin dağılımları gösterilmiştir. Bölgede aletsel dönemde, son yüz yılda olan, magnitudü  $M \geq 4$  depremler incelendiğinde, bunların Kuzey Anadolu Fay Sistemi ve Güney Marmara Bölgesindeki aktif faylarla uyumlu dağılım gösterir (Şekil 6). Ayrıca bu şekilde, bölgede günümüzde olduğu kadar, tarihsel dönemlerde de yüksek deprem etkinliğinin olduğu açıkça görülmektedir.

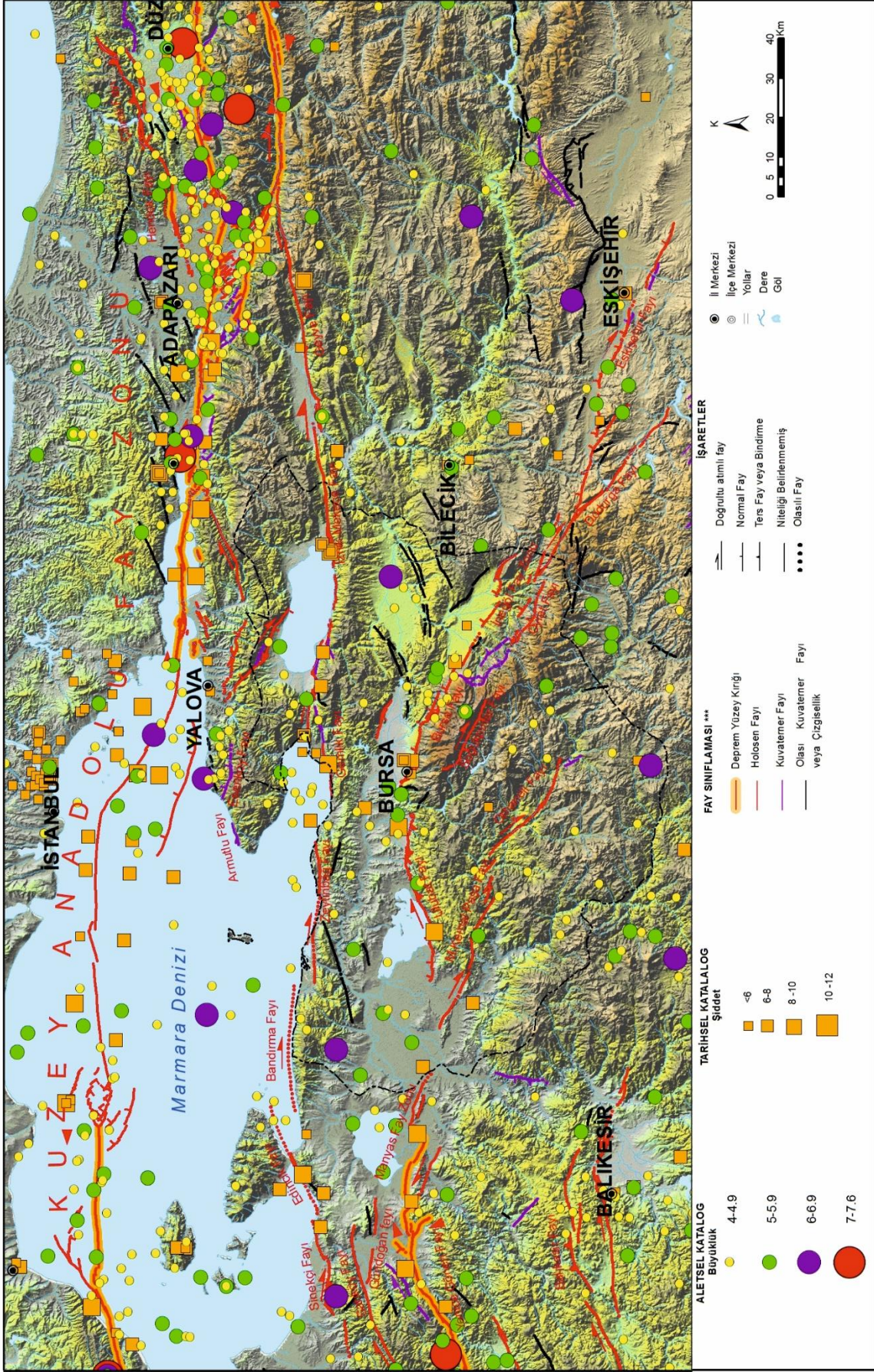
#### *1. Tarihsel Depremler*

Tarihsel döneme ait depremlerin değerlendirilmesinde Ergin ve diğerleri (1967), Soysal ve diğerleri (1981), Ambraseys, (1970, 1971), Ambraseys ve Finkel (1991)'in yaptığı araştırmalardan yararlanılmıştır. Bu araştırmalardan yararlanılarak, Marmara Denizi ve çevresi ile Bursa ve çevresini etkileyen depremler tablo halinde verilmiştir (Ateş ve diğerleri, 2009).

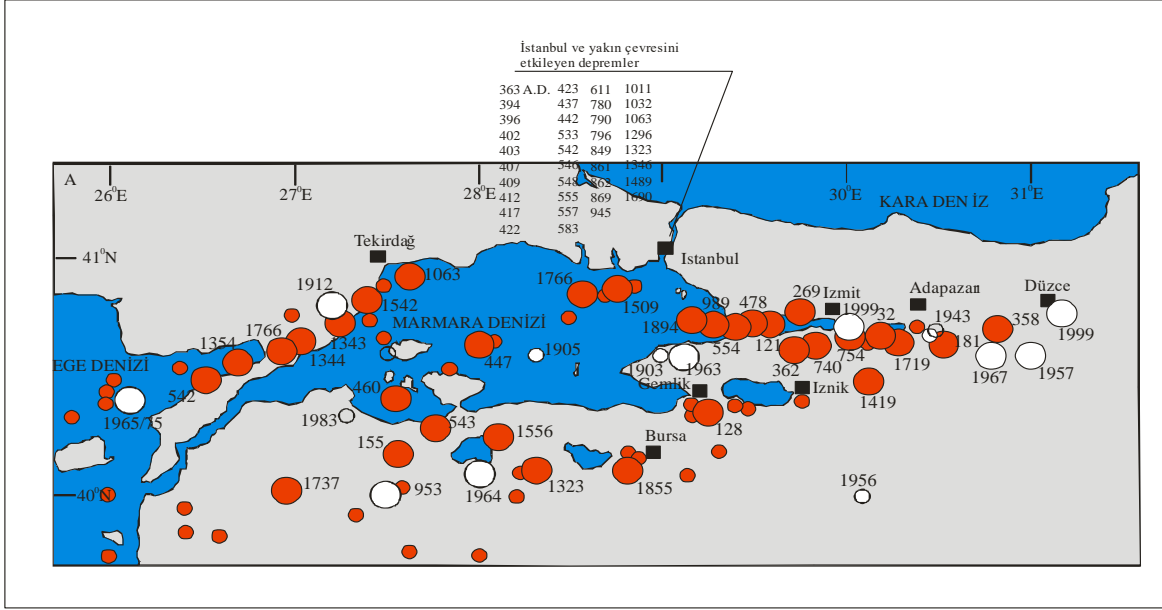
Bu tablo, depremlerin oluş tarihini, depremlerin coğrafik yayılımlarını, hissedilen azami şiddeti (MSK) ve referansları içermektedir. Tabloda yer alan tarihsel depremlerin kaynağı kesin olarak bilinmemekle beraber, bölgede olan depremlerden, bölgedeki yerleşim alanları farklı şekilde de olsa etkilenmektedir. Bölgedeki deprem kaynaklarının, inceleme alanına yakınlığı nedeniyle İstanbul ve çevresinde olan depremler de bu tabloya eklenmiştir (Kuşçu ve Okamura, 2008).

Şekil 7'de görüldüğü gibi tarihsel kayıtlar, bu bölgede büyük ve yıkıcı depremlerin olduğunu göstermektedir. Bu yıkıcı depremlerin büyük bölümü KAFS'nin kuzey kolu üzerinde meydana gelmiştir (Şekil 6). MS 33 ile 1899 yılları arasında meydana gelen (MS 33, 170, 543, 1851a, 1851b, 1855a ve 1855b) tarihsel depremler, bölgede bilinen ve tarihsel kayıtlara geçmiş en önemli hasar oluşturan depremlerdir.

Bu depremlerin episantr ve hasar dağılımları incelendiğinde, bunların KAFS'nin güney kolu ve Güney Marmara Bölgesindeki aktif faylar boyunca yoğunluk kazandığı görülür (Şekil 7). Bölgede bilinen en erken deprem 29 yılında meydana gelen Nicaea (İznik) depremidir (Guidoboni ve diğ., 1994). 1851 ve 1855 yıllarındaki depremlerden başta Bursa olmak üzere, Güney Marmara'daki yerleşimler etkilenmiştir. Birçok araştırmacı bu depremlerin Bursa Fayı ve Uluabat Fayının etkinliğine bağlı olarak oluştuğu görüşündedir.



Şekil 6. Bursa ili ve çevresindeki aktif faylar ve 1900-2008 tarihleri arasında olan Magnitüdü 4> olan depremlerin episantr dağılımı (Faylar Emre, Ö., 2009'dan ve MTA 1992'den alınmıştır)



Şekil 7. Marmara Denizi ve çevresinde tarihsel (MS 32-1900, kırmızı daireler) ve son yüzyılda (1900-2008) olan (beyaz daireler)  $M \geq 6$  depremler (Ambraseys ve Finkel, 1991; Kuşçu ve Okamura, 2008).

## 2. Aletsel Dönem Depremleri

Marmara Denizi ve çevresi ile Bursa'nın içinde bulunduğu Güney Marmara Bölgesinde, aletsel dönemde, 1900 – 2008 yılları arasında (Şekil 6) büyüklükleri ve yerleri belirlenebilen değişik büyüklüklerde hasar yapan depremler olmuştur. Ambraseys (1970; 1988), Barka (1996; Stein ve diğerleri (1997) Ambraseys ve Finkel (1995) tarafından yapılan araştırmalara göre, bölgede aletsel dönemde meydana gelen hasar oluşturan depremlere ait veriler, tarih sırasına göre aşağıda sunulmuştur (Şekil 7).

**26 Mayıs 1903 depremi:**  $M_s=5.9$ ,  $I_o=VI$ . Bu deprem, Yalova'nın batısı, Marmara Denizi (?)'nde etkili olmuş, orta büyüklükte bir depremdir. Önemli bir hasar veya can kaybına neden olmamıştır (Ambraseys ve Finkel, 1991).

**20 Haz 1943 Hendek Depremi:**  $M_s=6.4$ ,  $I_o=VIII$ . Mudurnu vadisinde meydana gelen, Adapazarı, Hendek, Akyazı ve Arifiye arasında kalan alanda etkili olmuş şiddetli bir depremdir. (Ambraseys, 1988).

**18 Mart 1953 Yenice-Gönen Depremi:**  $M_s=7.2$ . Yenice-Gönen depreminde, Tütüncü (Balıkesir-Gönen) ile Sazak (Yenice-Çanakkale) köyleri arasında toplam 67 km uzunluğunda sağ yönlü doğrultu atımlı yüzey faylanması gerçekleşmiştir.

Pınar (1953), bu deprem sonucunda 30,000 km<sup>2</sup> alanda hasar ve tahribat oluştuğunu belirtmektedir. 8,000 den fazla yapı yıkılmış, ya da ağır hasar görmüştür. 250 kişi yaşamını yitirmiştir. Deprem fayından 60 km uzaklıklardaki eski dere ve göl yataklarındaki tortullarda ve özellikle Manyas Gölünün batı kıyılarında sıvılaşma olaylarına rastlanmıştır.

**18 Eylül 1963 Yalova Depremi:**  $M_s=6.4$ ,  $I_o=VIII$ . Marmara Denizi'nin güney kıyılarında, Çınarcık ve Yalova arasında kaynaklanan, birkaç yüz evin yıkılması ile sonuçlanan orta büyüklükte bir depremdir. Bursa ve İstanbul'da az da olsa hasara neden olmuştur (Ambraseys, 1988).

**6 Ekim 1964 Manyas Depremi:**  $M_s=7.0$ . 1964 yılında meydana gelen Manyas depremine, Manyas Fay Zonu kaynaklık etmiştir (Ketin, 1957,1968; Mc Kenzie, 1972). Bölgedeki alüvyon alanlarda yerel deprem kırıkları gözlenmiş, bazı yerlerde yeraltısuyu 2 m yüksekliğe kadar fıskırmış (sıvılaşma) ve ince kum yığınları oluşmuştur.

**22 Temmuz 1967 Mudurnu Depremi:**  $M_s=7.1$ ,  $I_o= X$ . Bu deprem Kuzey Anadolu Fayı'nın batı kesiminde, 26 Mayıs 1957 depreminin meydana geldiği alana uzak olmayan bir bölgede etkili

olmuştur. Önceki depremde hasar görmüş ahşap evler yıkılmış ve 80 km'yi aşan yüzey kırığı gelişmiştir (Ambraseys, 1988).

**17 Ağustos 1999 İzmit Depremi:** Mw=7.4. İzmit depremi yerel saatle sabaha karşı 03:02'de meydana gelmiş ve en az 18 000 can kaybına, en az 25 000 kişinin yaralanmasına ve fay boyunca yer alan Adapazarı, İzmit, Yalova, İstanbul ve Bolu'da yaklaşık 75 000 evin yıkılmasına veya hasar görmesine neden olmuştur (Barka ve diğerleri, 2000). Depremin episantırı, İzmit'in bir kaç kilometre güneydoğusunda yer almaktadır. Odak derinliği Ito ve diğ. (2002) tarafından 17.1 km olarak saptanmıştır. Deprem kaynak fayının altı segmentininin 90 saniyelik bir sürede (Gülen ve diğ., 2002) kırıldığı heterojen bir kaynak sürecinden oluşmuştur.

Depremin artçı şokları, doğu-batı yönlü basit doğrultu atımlı faylanma ile batıda Yalova açıklarından, doğuda Düzce havzası'nın doğusuna kadar olan 170 km'lik alanda gözlemlenmiştir (Pınar ve diğ., 2000; Ito ve diğ., 2002; Barka ve diğ., 2002; Awata ve diğ., 2003). Depremle ilişkili olarak, Kuzey Anadolu Fayı'nın kuzey kolu üzerinde, batıda İzmit Körfezi'nin Marmara Denizi'ne açıldığı yer ile doğuda Düzce Havzası arasında uzanan, üzerinde baskın sağ yönlü, 4.9 m'ye ulaşan ötelenme izlenen 150 km uzunlukta yüzey kırıkları meydana gelmiştir (Awata ve diğ., 2003).

**12 Kasım 1999 Düzce Depremi:** Mw=7.2. Bölgede İzmit depreminden yaklaşık üç ay sonra, yerel saatle 18: 58'de yeni bir yıkıcı deprem (Mw=7.2) daha olmuş, 850 kişi hayatını kaybetmiş, 5000 kişi yaralanmış ve binalarda yaygın hasar ve yıkılma gözlemlenmiştir. Deprem 17 Ağustos 1999 depreminin tetikleme ile hareketlenen Düzce Fayı üzerinde olmuştur. Odak derinliği 14 km olarak hesaplanmıştır (Emre ve diğ., 2000a). Depremle ilişkili olarak 43 km uzunlukta yüzey kırığı meydana gelmiş, bu kırıklar üzerinde 5.30 m'ye ulaşan baskın sağ yönlü ötelenme ve yaklaşık 2.60 m düşey atım ölçülmüştür (Emre ve diğ., 2000b).

Tarihsel deprem kayıtları (Ambraseys, 1970; 1988; Ambraseys ve Finkel, 1995), Marmara Denizi ve çevresi ile Güney Marmara'da tarihsel dönemlerde büyük yıkıcı depremler olduğunu ortaya koymaktadır. Son yüz yıl içinde de Güney Marmara'da, can kaybına neden olan ve hasar oluşturan büyük yıkıcı depremler olmuştur. Son yüzyıldaki batıya doğru göç eden karakteristik deprem davranışı nedeniyle, 1999 İzmit depremi sonrasında fayın 175 km uzunluğundaki Marmara Denizi bölümünde deprem tehlikesinin yükseldiği öngörülmektedir (Parson ve diğ., 2002; Hubert-Ferrari, 2003). Tarihsel ve aletsel dönemlerdeki büyük yıkıcı depremlerin sıklığı ve Ülkemizin en aktif yıkıcı depremler ürettiği bilinen Kuzey Anadolu Fayı Sisteminin ve Güney Marmara'daki aktif fayların, Bursa İl sınırları içinde ve yakın çevresinde yer alması nedeniyle, Bursa ve çevresinde geçmişte olduğu gibi gelecekte de hasar yapan depremlerin olma olasılığı çok yüksektir.

### ***Kütle Hareketleri***

Bu çalışmada, Bursa İli genelinde kayma (heyelan) ve akma şeklinde gelişen kütle hareketleri araştırılmış, kütle hareketleri tiplerine ve aktivitelerine göre haritalanarak, İl'in heyelan envanter haritası oluşturulmuştur (Şekil 8). Yapılan çalışmalarda İl'de heyelanların belirli alanlarda çok yaygın olduğu, bunların da bazı kayatürlerinin yayılım gösterdiği alanlarda ve tektonik yapılar boyunca yoğunluk kazandıkları gözlenmiştir.

### ***Kütle Hareketlerinin Sınıflandırılması ve Özellikleri***

Kütle hareketlerinin sınıflandırılmasına yönelik birçok araştırma bulunmaktadır. Bu çalışmada Varnes (1978)'in yapmış olduğu sınıflama esas alınmış, MTA Genel Müdürlüğü'nce yürütülen 'Türkiye Heyelan Envanteri Projesi'nde benimsenen, sınıflama ve haritalama yöntemlerinden yararlanılmıştır (Duman ve diğerleri, 2005). Bu haritalama ve sınıflama yöntemleri gözetilerek, İl genelindeki kütle hareketleri tiplerine göre kayma, akma, aktivitelerine göre ise aktif ve aktif olmayan şeklinde sınıflandırılmıştır. Kayma şeklinde gelişen heyelanlar derin, kayma yüzeyi olan, alansal yayımlı, dönel veya düzlemsel kaymalar tipinde gelişen kütle hareketleridir. Akmalar, herhangi bir kayma yüzeyi bulunmayan, hareketin akma şeklinde meydana gelmesiyle oluşan, alansal haritalanabilen kütle hareketleridir. Çalışma alanındaki akmalar, toprak veya moloz akması şeklinde meydana gelmişlerdir. Kayma ve amalar, tip ve aktivitelerine göre farklı renklerle gösterilmiştir.

Kütle hareketlerinin haritalanmasında, çeşitli ölçeklerde hava fotoğraflarından yararlanılmıştır. Hava fotoğraflarından belirlenen kütle hareketleri (heyelanlar) 1/25 000 ölçekli topoğrafya haritalarına



işlenmiş, arazide denetlendikten sonra, yukarıda açıklanan sınıflama ve haritalama yöntemleri kullanılarak, İl genelinin 1\150 000 ölçekli Heyelan Envanter Haritası hazırlanmıştır.

#### *Kütle Hareketlerinin Nedenleri ve İl'deki dağılımı*

Heyelan ve benzeri kütle hareketleri genellikle jeolojik, jeomorfolojik, iklimsel etmen ve süreçler sonucunda, yerçekiminin de etkisiyle, yamaçların duraylılığının bozulması sonucu oluşmaktadır. İnceleme alanında heyelanların oluşmasında, iklimsel özelliklerin yanı sıra, topoğrafik yapı ve kayatürü özellikleri belirleyici olmuştur. Kuşkusuz heyelanların oluşmasında suyun varlığı ve yamaç eğimi de çok önemli etkindir. Kütle hareketleri bu süreçlerin yanı sıra, depremler tarafından da tetiklenerek yeniden aktivite kazanabilmektedir.

Bursa'da kireçtaşı, mermer, mağmatik ve lavlardan oluşan kayalarda daha çok kaya devrilmesi, blok düşmesi, moloz akmaları, Eosen yaşlı kumtaşı, çakıltası, kiltası, çamurtaşı ardalanmasından oluşan formasyonlarda ve Miyosen-Pliyosen yaşlı karasal-gösel çökellerde ise derin kaymalar şeklinde, oldukça yaygın heyelanların geliştiği görülmektedir. İl'de kütle hareketleri iki alanda yoğunluk kazanmıştır. Bu alanlardan biri İnegöl havzasının güney yamaçları, diğeri ise Gemlik ilçesinin güneydoğusunda Koca Dere vadisinin kuzey ve güney yamaçlarıdır.

Çalışma alanında en önemli heyelan yoğunluğu, İnegöl havzasının güney yamaçlarında görülür. Bu alandaki heyelanların tamamı, Miyosen yaşlı akarsu-gösel çökellerde (İnegöl formasyonu) gelişmiştir. Kütle hareketlerinin oluşmasında, bu birimin çakıltası, kumtaşı, kiltası, çamurtaşı ardalanması şeklinde istiflenme sunması etkili olmuştur.

Bu alanda heyelan yoğunluğu, doğuda Mezit deresinin batısında başlar, havzanın batı kenarına kadar, kuzeye bakan yamaçları boyunca gözlenir. Bu heyelanlardan bir kısmı günümüzde etkin olmayan eski heyelanlardır. Bir bölümü de aktiftir. İnceleme alanının doğusunda, Mezit boğazı ile Çandır deresi arasında kuzeye bakan yamaçlarda görülen aktif ve eski heyelanların kütleli uzanımı 1 km'den fazladır. Çandır deresinin yamaçlarında da sıklıkla eski ve aktif heyelanlar gözlenir. Akçasu deresinin yamaçlarında da kütleli uzanımı 2 km'ye yaklaşan eski heyelanlar bulunmaktadır. Bedre deresinin yamaçları ile Dipsizgöl köyü çevresi heyelan yoğunluğunun en fazla olduğu alanlardan biridir (Şekil 8).



Heyelan yoğunluğunun görüldüğü diğer bir alan ise, Gemlik ilçesine bağlı Katırlı, Hamidiye, Fevziye, Şükriye köylerinin bulunduğu, Koca derenin kuzey ve güney yamaçlarıdır (Şekil 8). Bu alandaki heyelanların çoğu aktif olup, derin kaymalar şeklinde oluşmuştur. Sıkça çamur akmaları da gelişmiştir. Bu heyelanlar, Eosen yaşlı çakıtaşı, kumtaşı, kilitaşı, marn ardalması (Dürdane formasyonu) ve benzer özellikler sunan formasyonlarda meydana gelmişlerdir.

Orhangazi ilçesinin kuzeyinde, Orhangazi-Yalova yolunun doğusu ile Cihanköy, Yeniköy ve Ortaköy arasında da heyelan yoğunluğu gözlenir. Bu kesimde derin kaymalar şeklinde gelişmiş aktif ve eski heyelanların yanı sıra, çamur-moloz akmaları da oldukça yaygındır. Bu kütle hareketlerinin büyük bölümü, Miyosen yaşlı çökellerin yayılım gösterdiği alanlarda ve bu çökellerin temel kayalarla olan dokanıkları boyunca yoğunluk kazanmaktadır (Şekil 8).

Mudanya güneyi, Göynüklü, Aydınpınar köyleri ve arasında, daha batıda Akköy, Dedeköy arasında, Miyosen-Pliyosen yaşlı akarsu-gösel çökellerde, yoğunlukla eski kayma alanları bulunmaktadır.

Bu heyelanlı alanların dışında özellikle Uludağ'ın Bursa ovasına bakan kuzey yamaçları ve güney yamaçlarında seyrekte olsa eski ve aktif heyelanlar haritalanmıştır. Bu yamaçlarda, sıkça karşılaşılabilecek kütle hareketleri, kaya-moloz akmaları, kaya devrilmesi ve blok düşmesidir.

#### İL-İLÇE MERKEZLERİ VE ÇEVRESİNİN YERBİLİMİ VERİLERİ

Bu bölümde Bursa kentsel yerleşim alanı ve çevresi (Nilüfer, Yıldırım, Osmangazi ilçeleri) ile Kestel, Gürsu, İnegöl, Yenişehir, İznik, Orhangazi, Gemlik, Mudanya, Karacabey, Mustafakemelpaşa, Orhaneli, Büyükorhan, Keles ve Harmancık ilçe merkezleri ve çevresi, kayatürü, genel jeomühendislik, jeomorfolojik ve eğim özellikleri konularında, 1/25 000 ölçek ayrıntısında tanıtılmıştır.

İl merkezi ile ilçe merkezleri ve çevresinde yer alan birimler, kayatürü ve mühendislik özellikleri açısından kaya birimleri ve genç çökeller (toprak zemin) olmak üzere iki temel gruba ayrılmaktadır. Mühendislik jeolojisine yönelik çalışmalarda, kaya özellikleri taşıyan birimler, kayatürü ayırımına dayalı olarak haritalanmış, litolojik özellikleri, dayanımları, bozunmaları ve süreksizliklerin özellikleri araştırılmıştır. Kayaçların dayanımı, bozunmaları ve süreksizliklerin özelliklerinin belirlenmesinde ISRM (1981) ölçütlerinden yararlanılmıştır.

Toprak zemin özellikleri sunan Kuvaterner yaşlı genç tortullar ise çökel ortamları ve çökelmeyi denetleyen etmenler gözetilerek fasiyes özelliklerine göre haritalanmıştır. Kuvaterner yaşlı genç alüvyal çökeller, deprem dalgalarını birkaç katı arttırılabilmekte, ayrıca yeraltısuyunun yüzeye yakın olduğu, uygun tane boyuna sahip kesimleri de sıvılaşmaya duyarlı olup, sıvılaşma özelliği taşımaktadır. Zayıf zemin özellikleri taşımaları ve depremlerde gösterdikleri olumsuz zemin davranışları nedeniyle bu genç çökeller, özel önem verilerek araştırılmıştır.

İnceleme alanında havza ve akarsu vadi tabanları ile kıyı kuşağında akarsu süreçleri ve denizel, gösel süreçlerin etkinliğine bağlı alüvyal çökeller depolanırken, yamaçlarda ve yamaçlar ile vadi tabanları geçişinde yamaç molozu yığılımları ve kolüvyon türü çökeller gelişmiştir. Toprak zemin özellikleri taşıyan bu genç çökeller, çökel alanları ve çökelmeyi sağlayan etmenler gözetilerek dört gruba ayrılarak incelenmiş ve haritalanmıştır (Şekil 9A-B). Bunlar: Etek Çökelleri (QE), Akarsu Çökelleri (QA), Denizel Çökeller (QD) ve Gösel Çökeller (QGp)'dir.

**Denizel Çökeller (QD):** Bursanın Marmara Denizi kıyı kuşağında, denizel süreçlerin etkinliğine bağlı olarak oluşmuş çökellerdir. Ayırtlanabilen kesimleri Denizel Plaj Çöelleri (QDp)'dir.

**Gösel Çökeller (QG):** İznik gölünün kıyısında gösel süreçlerin etkinliğine bağlı olarak oluşmuştur. Haritalanabilen kesimleri Gösel Plaj Çökelleri (QGp) olarak haritalanmıştır.

**Etek Çökelleri (QE):** Genellikle yer çekimi ve yüzey yıkamalarının etkisiyle oluşmuş, aşınım-birikim karakterli çökellerdir. Yamaçların eteklerinde, yamaçlarla taban arazilerin geçişinde izlenen bu çökeller; Kolüvyal Çökeller (QEK), Yamaç Molozu Çökelleri (QEym) olmak üzere iki gruba ayrılarak haritalanmıştır.

**Akarsu Çökelleri (QA):** Akarsuların taşıdığı malzemenin, eğim azalması, debi azalması ve yük fazlaşmasına bağlı olarak çökmesi ile oluşan çökellerdir. İnceleme alanında yer alan akarsu çökelleri; Akarsu Yelpazesi Çökeli (QAY), Akarsu Taşkın Alanı Çökeli (QAT), Akarsu Bataklık Çökeli (QAB), Kopmuş Menderes Çökeli (QAM), Akarsu Kanal Çökeli (QAK) olmak üzere beş birime ayrılarak haritalanmıştır.

Aşağıda Bursa İl Merkezi ve çevresi kayatürü, genel jeomühendislik, jeomorfolojik ve eğim özellikleri konularında, 1/25 000 ölçek ayrıntısında tanıtılmıştır.

### **Bursa Kentsel Alanı ve Çevresinin Yerbilimsel Özellikleri**

Bu çalışmada Bursa kentsel yerleşim alanı ve çevresi, havza bazında incelenmiş, doğuda Seymen-Turanköy çevresi ile batıda Görükle batısına kadar olan havzanın güney ve kuzey yamaçlarını içine alacak şekilde, yaklaşık 780 km<sup>2</sup> alanın kayatürü ayırımına dayalı, mühendislik jeolojisi haritası oluşturulmuş, bu haritada deprem üretme potansiyeli taşıyan aktif faylar, heyelan ve benzeri kütle hareketleri de gösterilmiştir (Şekil 9A-B).

Bu bölümde, Bursa İl Merkezi ve çevresi, mühendislik jeolojisi ve eğim haritaları yapılarak, yerbilimsel ve jeomorfolojik özellikler ile doğa kaynaklı afet süreçleri konularında tanıtılmıştır (Şekil 9A-B; 10).

### **Kayatürü ve Mühendislik Özellikleri**

Bursa ve çevresinde birbirinden farklı kayatürü ve zemin özellikleri sunan birimler yüzeylenmektedir (Şekil 9A-B).

Kaya birimleri, metamorfit, mermer, kristalize kireçtaşı, metabazit ve metapelitik kayalar, mermerler (Nilüfer Formasyonu) konglamera, kumtaşı, feldispatlı kumtaşı, mikalı kumtaşı, grovak, silttaşı, kilttaşı, kireçtaşı araldanması (Avdancık Formasyonu), spilit, spilitik bazalt, çamurtaşı, spilitik kumtaşı, radyolarit, diyabaz ve kireçtaşı (Abadiye formasyonu), konglomera, kumtaş, kireçtaşı ve kilttaşı (Bayırköy formasyonu), kireçtaşı (Bilecik kireçtaşı), Kretase yaşlı konglomera, kumtaşı, marn, killi kireçtaşı, kireçtaşı ile Miyosen ve Miyosen-Pliyosen yaşlı konglomera, kumtaşı, çamurtaşı ve kilttaşı ve bazen aglomera ara katkılı tüflerden oluşur. Kuvaterner yaşlı alüvyal çökeller ise toprak zemin özellikleri sunarlar (Şekil 9A-B).

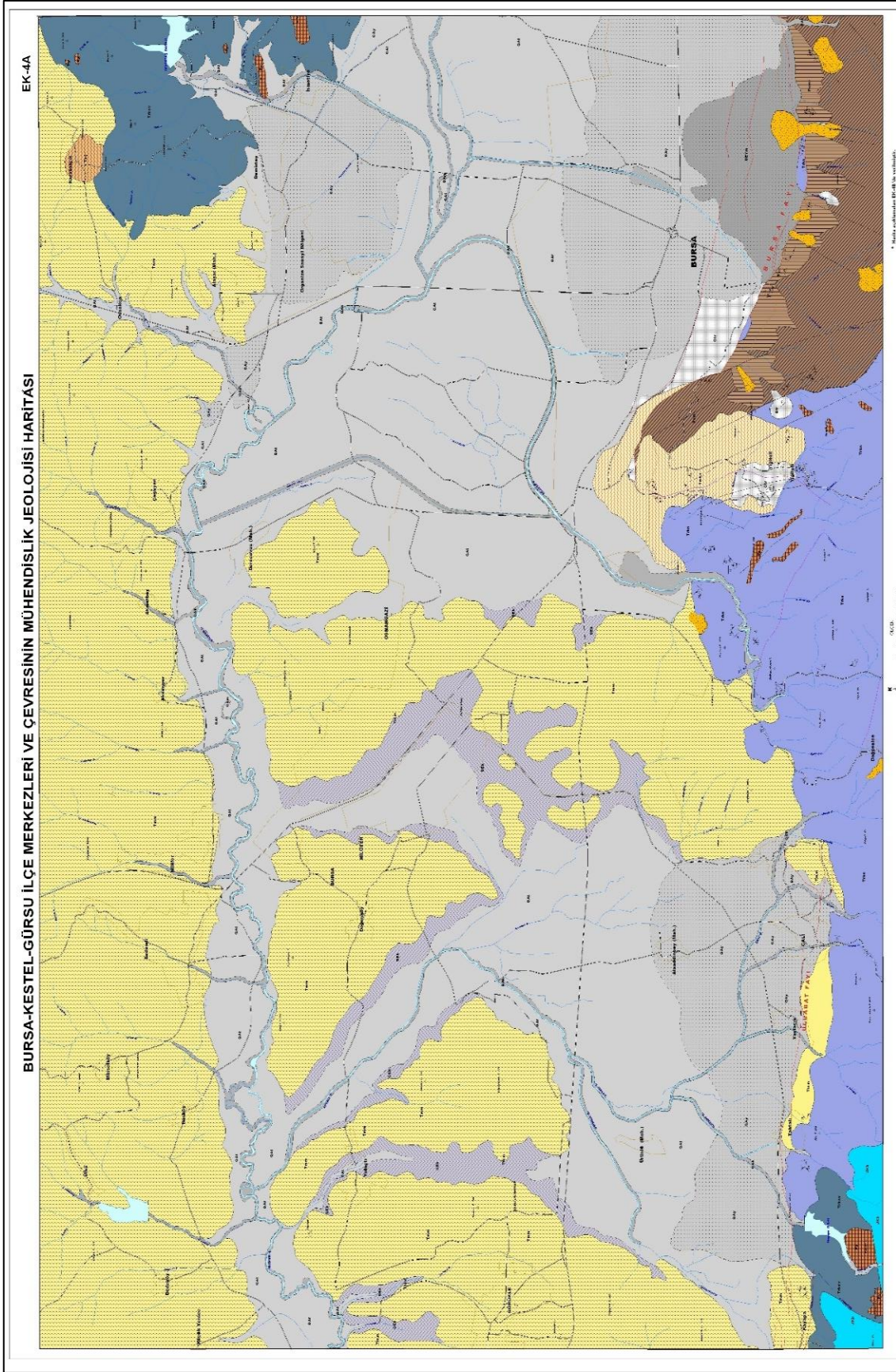
**Uludağ Metamorfileri (Pum):** Uludağ'ın kuzey yamaçlarında yüzeyleyen metamorfik kayalar, gnays ile daha az oranda amfibolit araldanmasından oluşmaktadır. Gnays ve amfibolit seviyeleri, mineral bileşenlerinin dizilimiyle uyumlu yapraklanmalı, sık eklemlili, çatlaklı, sert, sağlam-çok sağlam dayanımlıdır. Ayrıca kuvvetli mineral lineasyonu gelişmiştir. Yer yer sağlam-çok sağlam dayanımlı mermer ara tabakaları içerir.

**Uludağ Mermeri (Pumr):** Mermerler, Bursa kentsel alanının güneyinde, Uludağ'ın kuzeye bakan yamaçları boyunca şerit halinde izlenir. Genellikle beyazımsı açık gri renkli olan mermerler; kuzeye eğimli, ince-orta-kalın tabakalı, bazen masif, yer yer erime boşluklu, erime yüzeyli, sert ve sağlam dayanımlıdır.

**Yörüktepe Formasyonu (Py):** Genellikle kristalize kireçtaşından oluşur. İnceleme alanında Triyas yaşlı Karakaya grubu içinde, çeşitli boyutlarda bloklar halinde yer almaktadır. Bu bloklardan bazıları tepe ve sırtları oluşturacak kadar büyük boyutludur. Kristalize kireçtaşları, sert, sıkı tutturulmuş, orta-kalın, yer yer düzgün tabakalı, masif görünümlü, erime boşluklu, erime yüzeyli ve çok sağlam dayanımlıdır. Genellikle çok sık çatlaklı ve eklemlidir. Eklem ve çatlakları kalsit doguludur.

**Metaultramafikler (Pzmu):** Serpantinit, metabazik, metadetritik, amfibolit blok ve dilimlerinden oluşur. Serpantinitler, açık yeşil, koyu yeşil, mor, kahve renkli, metamorfize, çok ayrılmış, kromit, magnetite kristalli ve çok tektonizedir. Yer yer asbest ve manyezit içerir (Genç, 1986).

**Nilüfer Formasyonu (Trkn):** Çoğunlukla metapelitik ve metabazit kayalardan, az oranda kristalize kireçtaşı, kalkşist ve kuvars şistten oluşur. İnceleme alanında daha çok metaşeyl ve metakumtaşları yaygındır. Yersel kayatürü farklılığı sunan birim, yer yer metapelit-kristalize kireçtaşı-kalkşist araldanmalıdır. Tüm kayalarda belirgin bir şistozite ve yersel gelişmiş mineral yönelimi izlenir. Birim genellikle orta sağlam-sağlam-çok sağlam dayanımlıdır.



Şekil 9A. Bursa kentsel yerleşim alanı ve çevresinin mühendislik jeolojisi haritası; Açıklamalar Şekil 9B'dedir (Ateş ve diğerleri, 2009).



**Çataltepe Mermeri (Trkç):** Mermerlerden oluşur. Mermerler, iri kristalli, orta-kalın tabakalı, bazen masif, sık çatlaklı, eklemli, eklemli kalsit dolgululu, yer yer çatlaklar boyunca erime yüzeyli, sağlam-çok sağlam dayanımlıdır.

**Avdancık Formasyonu (Trkv):** Kalın, orta, ince, yer yer düzgün tabakalı, konglamera, mikrokonglamera, kumtaşı, feldispatlı kumtaşı, mikalı kumtaşı, grovak, silttaşı, kiltası, kireçtaşı ardalanımından oluşur. Ayrıca radyolarit, diyabaz ve spilit ara katkılıdır. Çeşitli cins ve yaşta kireçtaşı blokları içerir. Kayma yapıları, eklem ve kırıklar çok yaygındır. (Genç, 1986).

**Abadiye Formasyonu (Trkab):** Kalın tabakalı, som görünümlü spilit, spilitik bazalt, çamurtaşı, spilitik kumtaşı, radyolarit, diyabaz ve kireçtaşından oluşur. Değişik boyutta kireçtaşı blokları içerir.

**İğdir Formasyonu (Trı):** Kiltası, mikalı kumtaşından oluşmaktadır. Alt seviyelerinde konglomera ve kumtaşı hakimdir. Üste doğru kumlu, kırmızı-gri kireçtaşı ara katkıları ile mikalı kumtaşı-kiltasına geçer. Kumtaşı seviyeleri, yeşil-gri-kahve-sarı renkli, kalın-düzgün tabakalı, kireçtaşı, kuvars, plajiyoklas, biotit, şist taneli ve karbonat çimentoludur.

**Bayırköy Formasyonu (Jb):** Genellikle kalın tabakalı konglomera, kumtaşı, kireçtaşı ve kiltaslarından oluşur. Bu kayatürleri yersel, değişik kalınlıkta kayatürü farklılıkları sunar. Konglomeralar kırmızı-kahve-boz-yeşil renkli, karbonat çimentolu, köşeli, az yuvarlak, genellikle kalın tabakalıdır. Konglomera seviyesi üzerine kumtaşı-kiltası-kumlu kireçtaşı ve kireçtaşları gelmektedir.

**Bilecik Kireçtaşı (JKb):** Birim genellikle kireçtaşından oluşur. Kireçtaşları, orta-kalın, bazen ince tabakalı, erime boşluklu, erime yüzeyli, orta sağlam, sağlam dayanımlıdır. Karstlaşmış seviyelerinde tabakalanma çoğunlukla seçilemez. Sert, köşeli kırıklı, kırıntılı, yer yer makrofosillidir. Çatlak ve eklem iyi gelişmiş ve kalsit dolguludur. Üst seviyeleri çört bantlı ve yumrulu, yer yer ince tabakalı, kırmızı-sarı renkli, marn, killi-kumlu kireçtaşı ara katkılıdır.

**Yarhisar Formasyonu (Kya):** İnce-orta, nadiren kalın düzgün tabakalı, yer yer sık kıvrımlı killi kireçtaşı, kumlu kireçtaşı, kireçtaşı, kiltası ve marndan oluşur. Kireçtaşı seviyeleri, yer yer çört yumrulu ve bantlı, çok kırılğan, sert, çatlakları yaygın kalsit dolguludur. Nadiren volkanik arakatıkları, ignimbirit ve tuf içerir.

**Koyunhisar Formasyonu (Kko):** Killi kireçtaşı, kumlu kireçtaşı, kireçtaşı, marndan oluşur. Yer yer karbonatlı kumtaşı, çok az konglomera ve kumtaşı içerir. Kireçtaşı-killi kireçtaşı seviyeleri sert, mikritik dokulu, kırmızı-krem renkli, Çok çatlaklı, çatlakları kalsit dolguludur. Kumtaşları türbiditik karakterde, kayma yapıldır. Farklı boyutlarda kireçtaşı blokları içerir.

**Göktepe Formasyonu (Kg):** Orta-kalın tabakalı kumtaşı-konglamera ile kiltası ve çamurtaşından oluşur. Kumtaşı ince-orta tabakalı, orta-sıkı tutturulmuş, volkanik elemanlı ve sağlam dayanımlıdır. Kiltası-çamurtaşı seviyeleri, ince-orta tabakalı ve zayıf dayanımlıdır. Konglomeralar, orta tabakalı, karbonat çimentolu, orta-sıkı tutturulmuştur. Oldukça yaygın kireçtaşı çakılları ve blokları içerir.

**Paşayayla Formasyonu (Kpa):** İnce-orta-kalın tabakalı, konglomera, kumtaşı, kireçtaşı, marn, kiltası, tuf, silttaşı, çamurtaşı ardalanımından oluşur. Birimin hakim kayatürü kumtaşı, marn ve kiltasıdır. Çamurtaşları, gevşek tutturulmuş konglomera ve karbonat çimentolu kumtaşı ara katkılıdır. Birim içinde yaygın olarak tüfler ve seyrek olarak kırmızı, krem renkli, ince-orta tabakalı kireçtaşları gözlenir. Tuf seviyeleri kalın düzgün tabakalıdır.

**Eğerce Formasyonu (Ke):** Orta-kalın tabakalı, karbonatlı kumtaşı, kumlu kireçtaşı, killi kireçtaşı, kireçtaşı, çakıltası ve kiltasından oluşmaktadır. Karbonatlı kumtaşı seviyeleri daha yaygındır. Tabanında kalın tabakalı, karbonat çimentolu, köşeli, kötü boylanmalı, makrofosilli çakıltasları gözlenir. Bazen marn-şeyl ardalanması ve bol makro-mikro fosilli kalın tabakalı kumtaşı ile resifal kireçtaşlarından oluşan bir istiflenme sunar. Seyrek, kireçtaşı blokları içerir.

**Çanakpınar Formasyonu (Teç):** Bazaltik lavlardan oluşmaktadır. Bazaltik lavlar, sert, köşeli kırılmalı, gaz boşlukludur. Fenokristallerini plajiyoklaz ile mafik mineraller oluşturur.

**Granitoidler (Tgr):** Genellikle granodiyorit ve granitten oluşur. Granodiyoritler, bol kuvarslı ve mikalıdır. Özellikle kenar zonları çok eklemli ve yer yer çok ayrılmıştır. Bazı yerlerde soğan yapılı, kırıklı, sert ve kuvars damarları ile kesilmiş halde görülür. Yer yer pegmatit, granit porfirler ve aplit daykları tarafından kesilmiştir.

**Köprühisar Formasyonu (Tmk):** Konglomera-kumtaşı ile killi-kumlu kireçtaşı, çamurtaşı ve marndan oluşur. Konglomera-kumtaşı seviyeleri kalın tabakalı, gevşek, yer yer orta tutturulmuş, bazen dağılgan, kaba taneli, kötü boylanmalıdır. Birim içinde ara düzey şeklinde çok gevşek tutturulmuş, çok zayıf dayanımlı silttaşı, kiltası ve kırmızı renkli çamurtaşı gözlenir.

**Mudanya Formasyonu (Tmm):** Bursa ovasının batısı ile kuzeybatısında Nilüfer Çayı vadisi boyunca geniş alanlarda yüzeyleyen birim, konglomera, kumtaşı, çamurtaşı ve kiltasından oluşmaktadır. Konglomera seviyeleri, gevşek tutturulmuş, kötü boylanmalı çakıllı ve zayıf dayanımlıdır. Kumtaşları, köşeli-yarı yuvarlak, kaba-orta taneli, kötü boylanmalı, bazen karbonat çimentolu, yer yer düzlemsel çapraz tabakalı, gevşek tutturulmuş, dağılgan ve zayıf dayanımlıdır. Kiltasları, laminalı, ince tabakalı, gevşek tutturulmuş, dağılgan, çok zayıf-zayıf dayanımlıdır. Silttaşları, ince-orta tabakalı ve zayıf dayanımlıdır.

**Karacaoba Formasyonu (Tmka):** Volkanik kumtaşı, koglomera, tuf ve aglomeradan oluşur. Volkanik kumtaşları, orta-kalın kötü tabakalı, eklemli, sıkı tutturulmuş, seyrek çakıllı ve orta sağlam dayanımlıdır. Tüfler, gevşek-orta tutturulmuş, orta-kalın tabakalı, eklemli, orta sağlam ve zayıf dayanımlıdır. Ara seviyeler halinde izlenen konglomeralar, orta-gevşek tutturulmuştur. Yer yer ara düzey halinde gözlenen aglomeralar, andezitik çakıllı ve bloklu, tuf ile tutturulmuştur.

#### **Genç (Kuvaterner yaşlı) Çökeller**

Bursa İl Merkezi ve çevresinde, Kuvaterner yaşlı genç alüvyal çökeller, oldukça yaygın olarak, geniş alanlarda yayılım göstermektedir. Bursa ovası ile havza kenarında ve akarsuların vadi tabanlarında akarsu süreçlerine bağlı çökeller, yamaçların etek kısımlarında ise yamaç molozu çökelleri, faylanmaların etkin olduğu kesimlerde de travertenler oluşmuştur. Travertenler dışındaki çökeller, toprak zemin özellikleri taşımaları ve depremlerde olumsuz zemin davranışları göstermeleri nedeniyle, çökel alanları ve çökelmeyi sağlayan etmenler gözetilerek üç gruba ayrılarak incelenmiş ve haritalanmıştır. Bunlar: Travertenler (Qtr), Etek Çökelleri (QE) ve Akarsu Çökelleri (QA)'dir (Şekil 9A-B).

**Travertenler (Qtr):** Yaygın olarak Bursa kent merkezinde, Tophane, Muradiye ve Çekirge semtleri ve arasında görülür. Bunlar, pizolitik yapılı, gözenekli, boşluklu, bitki sapı boşluklu, bitki kırıntılı, traverten türü kireçtaşından oluşur.

**Yamaç Molozu Çökelleri (QEym):** Uludağı'n Bursa Ovasına bakan kuzey yamaçlarında, özellikle Bursa Fayının, fay düzlemi üzerinde ve önünde, batıda Çekirge çıkıntısı ile Kent Merkezi, Işıklar Lisesi, daha doğuda Değirmenlikızık, Fidyekızık ve Cumalıkızık köyleri arasında yığışım halinde izlenirler. Yamaç molozu çökelleri, kötü boylanmalı, çok kaba taneli, köşeli, küt köşeli, genellikle mermer, gnays blok ve çakıl yığışımından oluşmaktadır.

Yamaç yüzeyinde, duraysız konumda olmaları nedeniyle, yayılım gösterdiği yamaçlarda kaya devrilmesi, blok düşmesi veya moloz akması gibi kütle hareketleri beklenebilir.

**Kolüvyal Çökeller (QEk):** Genellikle yer çekimi ve yüzey yıkamalarının etkisiyle oluşmuş, aşınım-birikim karakterli çökellerdir. Yamaçların eteklerinde gözlenen bu çökeller, selinti malzemesi katkılı, tutturulmamış, köşeli, az yuvarlak, blok, çakıl, az kum ve kilden oluşur.

**Akarsu Çökelleri (QA):** Bursa Ovasının tabanında ve akarsuların vadi tabanlarında yer alan alüvyonlar, toprak zemin özellikleri taşırlar. Akarsu çökelleri; Akarsu Yelpazesi Çökeli (QAY), Akarsu Taşkın Alanı Çökeli (QAT), Kopmuş Menderes Çökeli (QAM), Bataklık Çökeli (QAB) ve Akarsu Kanal Çökeli (QAK) olmak üzere beş birime ayrılarak haritalanmıştır (Şekil 9A-B).

**Akarsu Yelpazesi Çökelleri (QAY):** Alüvyon yelpazeleri, özellikle Bursa Ovasının güney kenarında ve kuzeyinde geniş yayılım gösterirler. Bursa Ovasının güneyinde geniş alanlar kaplayan ve



ova tabanına kadar ilerleyen yelpazeler, 100 m'den 300 m'lere kadar çıkan yükseltiye sahiptir. Bu yelpazelerin eğimleri ovanın güneyinde, kuzeyine nazaran daha fazladır.

Morfolojik özellikleri bakımından yüksekçe eğimli düz veya hafif dış bükey yüzeyler ile karakterize edilen bu çökeller, birleşik alüvyon yelpazeleri şeklinde izlenirler. Alüvyon yelpazeleri, genel olarak birbiri ile geçişli, tutturulmamış, kötü boylanmalı, siltli, killi, az yuvarlak, bloklu, çakıllı, kumlu moloz akması, çamur akması, yaygı akması ve sığ dere yatağı çökellerinden oluşur. Havzanın güneyinde, çok kaba elemanlı blok, çakıl yığılması halindedir. Blokların bazılarının boyu 1- 3 m kadardır. Ovaya doğru ise az tutturulmuş, az yuvarlak blok, çakıl, kum, az silt ve az kilden oluşur. Bu çökel alanları, ani gerçekleşen yoğun sağanak yağışlarda, etkin su taşkınlarına, moloz ve çamur akmalarına maruz kalabilmektedir. Bursa kent merkezinin bir bölümü bu çökeller üzerinde yer almaktadır.

Alüvyon yelpazeleri, yeraltısuyu bakımından akifer özellikleri taşırlar. Genel olarak kötü boylanmalı, kaba ve ince taneli düzeyleri, stabilize malzeme için kaynak oluşturmaktadır.

**Akarsu Taşkın Alanı Çökelleri (QAt):** Bursa Ovasının, kuzey ve güney kenarında gelişen alüvyal yelpazeleri arasında, ova tabanında ve Nilüfer çayı boyunca gözlenir. Genellikle tutturulmamış kum, silt, kil ve az çakıldan oluşmaktadır. Yanal ve düşey yönde birbiri ile geçişli, merceksel geometri, kumlu çakıl, siltli killi kum-çakıl, kumlu çakıl şeklinde depolanmıştır. Tutturulmamış, organik maddece zengin ve suya doygunudur. Üzerinde genellikle alüvyal toprak bulunur. Akarsu taşkın çökel alanları, taşkın süreçlerinin etkisinde kalabilen, taşkın tehlikesi taşıyan alanlardır.

Akarsu taşkın çökelleri ve eski menderes çökellerinden oluşan taşkın ovası (Bursa Ovası), günümüzde yoğun tarım ve kentsel yerleşim nedeniyle, ilksel morfolojisini büyük ölçüde kaybetmiştir. Ancak yer yer ard bataklık, eski akarsu kanalları ve kopmuş menderesler seçilebilmektedir.

**Kopmuş Menderes Çökelleri (QAm):** Ova tabanında ve Nilüfer Çayı vadi tabanında izlenen, akarsuların eski yatak (kanal) çökeli olarak bilinen çökellerdir. Bu çökeller, tutturulmamış çakıl, blok, kum ile az silt ve kilden oluşur.

**Akarsu Kanal Çökelleri (QAK):** Akarsuların güncel yataklarının kenar diklikleri arasında yer alan, kaba elemanlı, tutturulmamış blok, çakıl, kum ve az silt, kilden oluşur.

Bursa Ovası yaklaşık 200 km<sup>2</sup> yüz ölçümüne sahiptir. Ova, yukarıda tanımlanan, akarsu yelpazesi çökeli, akarsu taşkın alanı çökeli, kopmuş menderes çökeli, bataklık çökeli ve akarsu kanal çökeli gibi alüvyal karakterli çökellerden oluşmaktadır. Bu çökeller yanal ve düşey yönde birbiriyle geçişlidir. DSİ (1973) verilerine göre, ovanın güneyinde gelişmiş olan Nilüfer, Gökdere, Kaplıkaya ve Deliçay alüvyon yelpazelerinde alüvyonun kalınlığı 80-120 m arasındadır.

Ovanın güneyindeki alüvyon yelpazeleri, çok kaba elemanlı, genellikle iri blok, moloz ve çakıl yığılmasından oluşur. Alüvyon kalınlığı ovanın orta ve doğu kesimlerinde 150-200 m, kuzeyinde 100 m, batısında ise 100-150 m civarındadır. Bu alüvyal örtünün tabanında Miyosen-Pliyosen yaşlı çökeller bulunmaktadır. Bu çökeller tahminen 500-600 m kalınlığındadır (DSİ, 1973). Yine DSİ (1973) verilerine göre, Bursa ovasında statik su seviyesinin 0-44 metre arasında değişmektedir. Statik su seviye (Ss), havza kenarında 36-44 m arasındadır. Ovanın ortasına doğru gidildiğinde hızla sığlaşarak yüzeye (sıfıra) yaklaşmaktadır.

Alüvyal çökeller, yeraltısuyuna ve verimli tarım topraklarına sahiptir. Toprak zemin özellikleri taşıyan bu çökeller, deprem dalgalarını büyütme, uygun tane boyuna ve yeraltısuyu yüzeye yakın kesimleri de yıkıcı depremlerde sıvılaşma potansiyeli taşımaktadır. Zayıf zemin özellikleri sunarlar. Ayrıca derelerin, bu çökellerde gelişen kesimleri, taşkın tehlikesi de taşımaktadır.

### **Jeomorfoloji**

Güney Marmara Bölgesinin jeolojik gelişimi, bölgenin Geç Eosen'den itibaren karasal alan haline gelmeye başladığını göstermektedir. Bölge, Oligosen / Erken-Orta Miyosen dönemleri boyunca yükselmiş, çeşitli aşınım süreçlerinin etkisinde şekillenmeye başlamıştır. Orta Miyosen Sonu-Geç Miyosen, Kuzey Anadolu Fayı (KAF) ve diğer tektonik yapılar ortaya çıkmaya başlamış, Geç Miyosen-

Pliyosen'de bölge yükselim alanları ve havzalardan oluşan günümüzdeki topoğrafik yapısını kazanmıştır (Şengör ve Yılmaz, 1981; Barka ve Kadisky-Cade, 1988; Erol ve Çetin, 1995; Emre ve diğerleri, 1997).

Bu dönemde yükselim alanları çeşitli aşınım süreçleri ile şekillendirilirken, faylarla sınırlanan havza tabanlarında akarsu-gösel çökeller depolanmıştır. Bölgenin günümüzdeki morfolojiyi kazanmasında ve drenaj sistemlerinin kurulmasında da, tektonik yapılar belirleyici olmuştur. İnceleme alanı ve çevresinde, tektonik etkinliğe ve çeşitli aşınım süreçlerine bağlı olarak, aşınım yüzeyleri, yamaçlar ile ova ve vadi tabanlarından oluşan jeomorfik yüzey sistemleri gelişmiştir (Şekil 10).

Bursa kent merkezi, tektonik yapıların denetiminde şekillenen Bursa-Gönen çöküntü alanının batı ucunda yer almaktadır. Fluvio-tektonik bir çöküntü ovası (Bursa Ovası) niteliği kazanmış olan bu havza, güneyden Bursa Fayı, kuzeyden Barakfakı Fayı ve Kaynakoba Fayı tarafından kontrol edilir. Güneydoğu Marmara Bölgesinin en büyük çöküntü ovası olan Bursa Ovası, güneyden Uludağ (2543 m)'in dik yamaçları ile kuzeyden ise Katırdağı (969 m)'nin dik yamaçları ile sınırlanmaktadır. Bu havzada Bursa kentsel alanı ile Kestel ve Gürsu ilçe merkezleri yer almaktadır.

İnceleme alanında, Miyosen, Pliyosen ve Pleyistosen jeomorfik sistemlerine ait aşınım yüzeyleri bulunmaktadır. Yükselim alanlarındaki yüzeyler, daha çok Eosen ve öncesi yaşlı kayatürlerinde, havza içindeki yüzeyler ise Miyosen-Pliyesen yaşlı birimlerde gelişmiştir. Havzanın kuzeyi ve güneyindeki yükselim alanlarının üst kotlarında görülen bu yüzeyler, Miyosen'in en karakteristik yerçeklini oluştururlar. Drenaj sistemleri ile derin şekilde yarılan bu yüzeyler, çoğu yerde faylarla basamaklandırılmış, farklı yükseltilerde, değişik yönlerde eğimlenmiş olarak izlenir. Bu yüzeyler, dik eğimli yamaçlarla ova tabanlarından ayrılmaktadır. Bu aşınım yüzeylerinin eşleniği olan yüzeyler, Uludağ'ın zirve kesiminde, 2000 m'lerde de görmek mümkündür.

Pliyosen aşınım yüzeyleri daha çok havza tabanında ve çevresinde yüzlek veren Geç Miyosen-Alt Pliyosen yaşlı çökeller üzerinde gelişmiştir. Görükle, Hamitler çevresi ve Demirtaş kuzeyi bu yüzeylerin geliştiği alanlardır. Bu yüzeylerin yükseltileri Görükle ve Hamitler'de 200 m'lere çıkarken, Demirtaş çevresinde 500 m'leri bulmaktadır. Çalışma alanının batısında yer alan Görükle ve Hamitler'de aşınım yüzeyleri, oldukça yayvan, yeknesak bir topoğrafyaya sahiptir. Bu yüzeyler, düşük eğimli yamaçlarla vadi tabanlarına doğru alçalmaktadır.

İnceleme alanındaki en geniş yerçekillerinden biri yamaçlardır. Bölgenin yükselmesi ve akarsuların aşındırmasına bağlı olarak, inceleme alanının kuzeyindeki ve güneyindeki dağlık alanlarda, oldukça yüksek eğimli yamaçların yer aldığı, engebeli, sarp bir topoğrafya ortaya çıkmıştır (Şekil 10). Yamaçlar aşınım karakterinde olup, genel olarak aktif tektonik ve litolojik unsurlar tarafından kontrol edilmektedir. Eosen ve öncesi yaşlı kayatürlerinde yüksek eğimli yamaçlar gelişirken, Miyosen-Pliyosen yaşlı kırıntılı çökellerde daha düşük eğimli, basık bir topoğrafya hakimdir.

Bursa ovasını güneyden sınırlayan Uludağ'ın kuzeye bakan yamaçları, aynı zamanda düşük açılı bir sıyrıma fayı olan Bursa Fayının, fay düzlemine karşılık gelmektedir. Genellikle 17-35 derece arasında ve yer yer daha yüksek kuzeye eğimli, D-B yönünde belirgin çizgisel uzanımlı olan bu yamaçlar, çoğunlukla Paleozoyik yaşlı mermerler üzerinde gelişmiş, tipik üçgen şeklinde fay façetası geometrisine sahiptir. Kuzeye akışlı, birbirine paralel akarsularla derin bir şekilde yarılmış olan Uludağ yükselim alanında, yamaçların yüksekliği 1000 m'lere kadar çıkmaktadır (Şekil 10).

Havzanın kuzeyindeki yamaçlarda, Eosen ve öncesi yaşlı kayalar ile Miyosen yaşlı gösel-akarsu çökelleri yüzeylenmektedir. Bu kayatürleri güneye akışlı dereler tarafından yarılmış, Eosen ve öncesi kayalarda oldukça sarp bir topoğrafya gelişmiştir. Yarılmanın miktarı batıdan doğuya gidildikçe artmaktadır. Miyosen yaşlı kayalar, oldukça yayvan, sade bir topoğrafyaya sahipken, Eosen ve öncesi yaşlı kayalarda yüksek eğimli yamaçlar gelişmiştir. Yamaçların gelişiminde kayaların özelliklerinin yanı sıra, doğuya gidildikçe dağlık alanın yükseltisinin artması da etkili olmuştur.

Yamaçlarda, kayatürü çeşitliliğine bağlı olarak kornişler, gerilemiş fay diklikleri, kuesta cepheleri, boğazlar, karstik birimler ve bazı kesimlerde kütle hareketleri de gelişmiştir. Yamaçlarda farklı dönemlerde gelişmiş, basamaklar halinde uzanan aşınım yüzeyi parçaları izlenir.

Kentin güneyindeki yüksek eğimli yamaçlarda, yamaç molozu yığılımlarının duraysız konumda olmaları nedeniyle kaya düşmesi, moloz akması gibi kütle hareketleri beklenebilir. Ayrıca iklim ve morfoloji ile birlikte aktif tektonik, kütle hareketlerinin tetikleyici bir faktörü olarak göz önüne alınmalıdır. 2005 yılında Çekirge semtinde, İntam bloklarında oluşan heyelan, Bursa Fayının fay düzlemi üzerinde meydana gelmiştir.

Çalışma sahasında düşük eğimli yamaçlar ise Mudanya formasyonu üzerinde gelişmiştir. Bu yamaçlar Hamitler, Görükle ve Demirtaş batısında ova tabanına doğru yeknesak bir topoğrafya ile tedrici bir şekilde alçalırlar. Bu kesimler kütle hareketleri açısından oldukça duraylı alanlardır.

Bursa Ovası tabanının deniz seviyesinden yüksekliği 100 m, uzun eksenini doğu-batı yönünde 25 km, kısa eksenini ise en fazla 12 km'dir. Havza tabanı ile havzayı çevreleyen yamaçlar arasında Kuvaterner yaşlı, traverten sekileri, yamaç molozları, kolüviyal çökeller, alüviyal yelpazeler ve akarsu taşkın çökelleri özellikleri sunan birimler gelişmiştir.

**Yamaç molozları**, Uludağ'ın kuzey yamaçlarında, özellikle Bursa Fayının, fay düzlemi üzerinde ve önünde, Kaplıkaya vadisi ile Çekirge çıkıntısı arasında yığılımlar halinde izlenirler. **Alüvyon yelpazeleri**, özellikle Bursa Ovasının güneyinde ve kuzeyinde Demirtaş ve Gürsu arasında geniş yayılım gösterirler. En gelişmiş olanları ovanın güneyinde Gökdere, Kaplıkaya, Hamamlıkızık ve Deliçay alüvyon yelpazeleri ile ovanın kuzeyinde Demirtaş ve Barakfakı yelpazeleridir. **Travertenler**, yaygın olarak Bursa kent merkezinde, Tophane, Muradiye ve Çekirge semtlerinde görülmektedir. İnceleme alanında travertenler üç basamaklı bir seki sistemi oluşturmaktadır.

Bursa Ovası, kuzeyden ve güneyden gelen akarsuların alüvyal yelpazeleri arasında, Nilüfer Çayı boyunca uzanır. Akarsu taşkın çökelleri ve eski menderes çökellerinden oluşan taşkın ovası, günümüzde yoğun tarım ve kentsel yerleşim nedeniyle, ilksel morfolojisini büyük ölçüde kaybetmiştir. Ancak yer yer ard bataklık ve kopmuş menderesler seçilebilmektedir.

### **Eğim Analizleri**

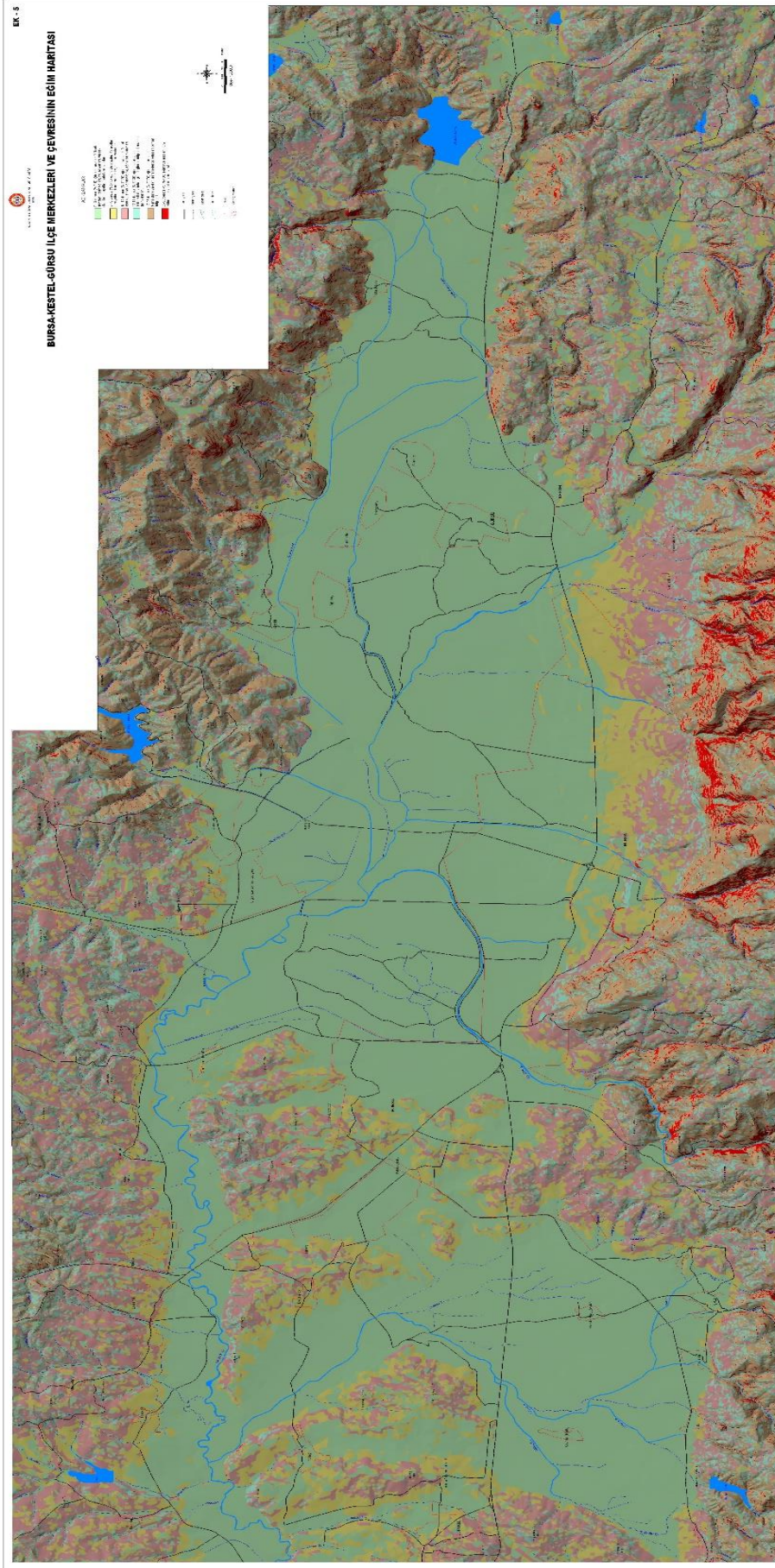
Yerbilimsel verilerin yanı sıra, topoğrafik yapı ve eğim özellikleri, arazinin hangi amaçlarla kullanılması gerekliliğinin değerlendirilmesinde belirleyici olmaktadır. Yerşeklinin eğimi hakkında bilgi sunan eğim haritaları, arazi kullanım planlamalarında, sosyal ve ekonomik etkinlik alanlarının verimli kullanılmasında gereksinim duyulan temel verilerdendir. Bu nedenle, Bursa kentsel yerleşim alanı ve çevresinin eğim haritası hazırlanmıştır (Şekil 10).

Eğim haritaları, 1/25 000 ölçekli sayısal topoğrafik harita verileri kullanılarak oluşturulmuştur (Şekil 10). Eğim aralıklarının seçiminde uluslararası standartlar gözetilmiştir. Eğim haritaları, kent, sanayi, tarım ve orman alanlarının seçilmesinde, sosyo-ekonomik açıdan zorunlu görülen eğim değerlerine göre (derece ve yüzde değerleri belirtilerek) altı sınıfa ayrılmıştır. Aşağıda eğim sınıfları, özellikleri ve uygun kullanım seçenekleri yönünden tanıtılmıştır:

**1. Eğimi 0°-3° (% 0-5) arasındaki alanlar:** Bu kesimler az yarılmış yüzey sistemlerini, akarsu vadi tabanlarını kapsamaktadır. Bu eğim aralığında yüksek standartlı demiryolları, hava limanları, yüksek standartlı otoyolların planlaması öngörülmektedir. Bu eğim aralığında yer alan akarsu vadi tabanları ve ova tabanı verimli tarım topraklarına ve yeraltısuyuna sahiptir. Bu kesimler tarımsal amaçlı değerlendirilmesi gereken alanlardır. Yine yüksek düzlük arazilerin büyük bölümünde, sulu tarım etkinliklerinin öngörülmesine rağmen, su yetersizliği nedeniyle uygulama zorluğu vardır.

**2. Eğimi 3°-6° (% 5-10) arasındaki alanlar:** Alt yamaç niteliğindeki bu eğim sınıfındaki alanlarda karayolları, her mevsimde kullanılabilecek kent yolları, ticaret merkezleri ve sulu tarım alanlarına yönelik planlama ve uygulamalar öngörülmektedir. Ancak ticaret merkezleri planlamalarında özenli olmak gereklidir.

**3. Eğimi 6°-12° (% 10-20) arasındaki alanlar:** 6°-12° arasındaki eğimli alanlar, yamaç zonunun orta bölümüne karşılık gelmektedir. Bu alanlar, yörede parçalı kuşaklar oluşturmaktadır. Bu eğim aralığında genel kent kullanımı, eğimli tarım alanları etkinliklerinin uygulanması önerilmektedir. Ancak eğimli tarım alanlarındaki tarımsal etkinliklerin sürdürülmesi erozyonu arttıracığından, bilinçli tarımsal etkinlikler öngörülmektedir.



Şekil 10. Bursa kentsel yerleşim alanı ve çevresinin eğim haritası (Ateş ve diğerleri, 2009).

**4. Eğimi 12°-17° (% 20-30) arasındaki alanlar:** Yatırım planlamalarında mühendislik yapıları, genel eğlence bölgeleri, makinalı tarım alanları öngörülmektedir. Bu kuşakta yoğun kütle hareketlerinin bulunması ve arazinin çok parçalı oluşu, bayındırlık hizmetlerinin götürülmesi ve makinalı tarım etkinliklerinde özenli davranmayı gerektirir.

**5. Eğimi 17°- 35° (% 30-70) arasındaki alanlar:** Bu eğim sınıfındaki alanlarda; mühendislik yapıları, genel eğlence bölgeleri ve orman bölgeleri önerilmektedir. Kütle hareketlerinin görüldüğü bu eğim sınıfının, özellikle % 45'den yüksek eğimli kesimlerinde ekolojik ortama uygun orman geliştirilmesi öngörülmektedir.

**6. Eğimi 35° (% 70-100)'den fazla alanlar:** Tüm mühendislik uygulama ve yapıları için sorun yaratan eğim sınıfındaki yerlerdir. Hızlı kütle hareketleri ve erozyonun sık görüldüğü bu eğim sınıfındaki arazilerde, doğal dengenin korunması gerekmektedir. Dolayısıyla erozyon önleme ve ağaçlandırma etkinlikleri önerilmektedir.

### ***Yerbilimi Verilerinin Değerlendirilmesi***

Bursa İl Merkezi ve çevresinde Eosen ve öncesi yaşlı gnays, amfibolit, mermer, kristalize kireçtaşı, metapelitik ve metabazit gibi metamorfik kayalar, radyolarit, diyabaz, kumtaşı, grovak, siltaşı, kiltası, kireçtaşı konglomera, killi kireçtaşı, kumlu kireçtaşı, kireçtaşı, kiltası ve marn, çamurtaşından oluşan kayatürleri ile derinlik mağmatik kayalar, Miyosen-Pliyosen yaşlı konglomera, kumtaşı, çamurtaşı ve kiltası, volkanik kumtaşı, tuf ve aglomeralar ile Kuvaterner yaşlı traverten, yamaç molozu çökelleri ve alüvyal çökeller yayılım göstermektedir (Şekil 9A-B).

Çoğunlukla havzayı çevreleyen dağlık alanlarda yüzeyleyen Miyosen ve öncesi yaşlı kayatürleri, orta sağlam dayanımlı ile çok sağlam dayanımlı, yer yer zayıf dayanımlı arasında değişen özelliklere sahip kaya zemin özelliklerini sunarlar. Miyosen yaşlı akarsu-gösel çökeller ile Kuvaterner yaşlı traverten, yamaç molozları ve alüvyal çökeller havza tabanında yayılım göstermektedir.

İnceleme alanı ve çevresi, çeşitli jeolojik dönemlerde, farklı aşınım süreçleri ile şekillenmiş, aşınım yüzeyleri, yamaçlar ile ova ve vadi tabanlarından oluşan jeomorfik yüzey sistemleri gelişmiştir (Şekil 10). Bölgenin havzalar ve yükselim alanlarından oluşan bu morfolojik şekillenmesinde ve drenaj sistemlerinin kurulmasında tektonik yapılar belirleyici olmuştur. Bölgenin yükselmesi ve akarsuların aşındırmasına bağlı olarak, inceleme alanının kuzeyindeki ve güneyindeki dağlık alanlarda, oldukça yüksek eğimli yamaçların yer aldığı, engebeli, sarp bir topoğrafya ortaya çıkmıştır (Şekil 10). Eosen ve öncesi yaşlı kayatürlerinde yüksek eğimli yamaçlar gelişirken, Miyosen-Pliyosen yaşlı kırıntılı çökellerde daha düşük eğimli, yataya yakın bir topoğrafya egemen olmuştur.

Bursa Ovasını güneyden sınırlayan Uludağ'ın kuzeye bakan yamaçları, genellikle 17-35 derece arasında ve yer yer daha yüksek eğimlidir (Şekil 10). Doğubatu yönünde uzanan ve kuzeye eğimli olan bu yamaçlar, çoğunlukla Paleozoyik yaşlı mermerler ve metamorfik kayalar üzerinde gelişmiştir. Kentin güneyindeki yüksek eğimli yamaçlarda, yamaç molozu yığılımlarının duraysız konumda olmaları nedeniyle, kaya düşmesi, moloz akması gibi kütle hareketleri beklenebilir. Ayrıca iklim ve morfoloji ile birlikte aktif tektonik, kütle hareketlerinin tetikleyici bir faktörü olarak göz önüne alınmalıdır.

Bursa Ovası, yüksek dağlık alanlardan akaçlanan akarsuların taşıdığı çakıl-kum-mil ve çamurun depolanmasıyla oluşan, alüvyon dolguludur. Alansal yayılımları bakımından farklılıklar gösteren alüvyal çökeller; alüvyon yelpazesi çökeli, akarsu taşkın çökeli, bataklık çökelleri, akarsu eski menderes çökelleri ve güncel akarsu kanal çökel ortamlarını yansıtan çökellerden oluşur. Bu çökeller içinde en geniş yayımlı olanlar ise akarsu yelpazesi çökelleridir. Alüvyon yelpazeleri, özellikle Bursa Ovasının güneyinde ve kuzeyinde geniş yayılım gösterirler. Ovanın güneyindeki yelpazeler, 3-6 derece kuzeye eğimlidir. Bunların eğimleri, ovanın kuzeyindeki yelpazelere göre daha fazladır (Şekil 10).

Önceki bölümlerde tanıtıldığı gibi, Bursa İl Merkezi ve yakın çevresinde Kuzey Anadolu Fayı Sistemi (KAFS)'nin kuzeydeki ana kolu ile güney koluna ait Güney Marmara Bölgesindeki diri faylar bulunmaktadır (Emre ve diğ., 2001; 2009; Şaroğlu ve diğerleri, 1987). Bu faylardan Kuzey Anadolu Fayı Sistemi (KAFS)'nin kuzeydeki ana kolu üzerinde en son 1999 yılındaki büyük yıkıcı depremler olmuştur. Güney Marmara Bölgesindeki faylar üzerinde ise hem aletsel dönemlerde, ayrıca tarihsel dönemlerde de can kaybına ve hasar oluşturan depremler olduğu bilinmektedir (Şekil 7).

Bursa kentsel alanı ve çevresini etkileyen önemli depremler ise 1851 ve 1855 yıllarında oluşan depremlerdir. Bu depremlerden başta Bursa İl merkezi olmak üzere, Güney Marmara'daki yerleşim birimleri etkilenmiştir. Birçok araştırmacı bu depremlerin Bursa Fayı ve Uluabat Fayının etkinliğine bağlı olarak oluştuğu görüşündedir (Şekil 6). Bu depremlere kaynaklık eden Bursa Fayı, Bursa kentsel alanın içinden, Uludağın kuzey yamaçları ile Ovanın güney kenarından geçmektedir. Bu fayın hangi aralıklarla deprem ürettiği bilinmemekle beraber, 150 yıldan beri deprem üretmemiş olması nedeniyle birçok yerbilimci Bursa Fayının deprem üretme potansiyeli taşıdığı görüşündedir. Yine Kuzey Anadolu Fayı Sistemi (KAFS)'nin güney kolunu oluşturan Mekece-İznik-Gemlik ve Bandırma arasında uzanan faylar üzerinde bir kaç yüz yıldan beri deprem olmamıştır.

Toprak zemin özellikleri taşıyan alüvyal çökeller, depremlerde zemin büyütmesine neden olabilmekte ve yeraltı suyu seviyesi yüzeye yakın olan kesimleri sıvılaşma potansiyeli taşımaktadır. Depremlerde olumsuz zemin davranışı göstermeleri nedeniyle, bu çökel alanları, sanayi ve kentsel yapılaşma dışında bırakılması gereken alanlardır. Oysa, Bursa kentsel yerleşim alanı ile sanayi tesislerinin büyük bölümü, alüvyon yelpazeleri ve akarsu taşkın çökelleri üzerinde yer almaktadır (Şekil 9A-B). Alüvyal çökel alanları zemin büyütmesi ve sıvılaşma potansiyeli taşıdığından Bursa Ovasının batısında ve Nilüfer Çayı vadisinin kuzey ve güneyinde yayılım gösteren, Miyosen-Pliyosen yaşlı kayatürleri (Mudanya formasyonu), çoğu yerde kaya zemin özellikleri göstermesi ve düşük eğimli yamaçlar ile yayvan sırtlardan oluşan uygun topoğrafik yapıya sahip olması nedeniyle, kentsel gelişme alanları olarak uygun özelliklere sahiptir.

## SONUÇLAR

Bu çalışma kapsamında, Bursa İli'nin bölgesel arazi kullanım planlamaları ve çevre düzeni planlamalarında yararlanılacak temel yerbilim verileri araştırılmıştır. Araştırmalar jeoloji, hidroloji, hidrojeoloji, mühendislik jeolojisi, jeomorfoloji ile kütle hareketleri (heyelanlar)- deprensellik gibi doğa kaynaklı afetlere dair süreçler konularında yoğunlaşmıştır. Sunulan bu çerçevede ışığında, aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

**1.** Bursa İli genelinin jeoloji, hidrojeoloji ve doğa kaynaklı afetler konularında araştırmalar yapılmış ve bu konulara dair 1/150 000 ölçekli harita üretilmiştir. Bu çerçevede, İl genelinin 1/150 000 ölçekli jeoloji haritasında yer alan kayatürlerinin özellikleri, dağılımları ve yapısal özellikleri irdelenmiştir.

**2.** İnceleme alanındaki formasyonlar, hidrojeolojik özelliklerine göre geçirimsiz, yarı geçirimli ve geçirimli olarak sınıflandırılmış ve 1/150 000 ölçekli hidrojeoloji haritası üretilmiştir.

- Alüvyal çökellerde, sıvılaşma potansiyeline yaklaşımlarda bulunmak ve hidrodinamik yapının anlaşılması amacıyla Bursa, Çayırköy, İnegöl, Yenişehir, İznik, Orhangazi ve Karacabey ovalarının yeraltısuyu eş derinlik eğrileri oluşturularak hidrojeoloji haritalarına eklenmiştir.
- Yeraltısularının kimyasal özelliklerinin belirlenmesine yönelik çalışmalarda, sadece üç kaynak örneğinde Mg kirliliği, bir kaynakta Ca kirliliği bir kuyuda ise SO<sub>4</sub> kirliliği gözlenmiştir. İnegöl ilçesine bağlı Kınık'tan alınan örnekte (AB40) ise Eİ, K, Na, Ca, Mg ve B değerleri TS 266'da belirtilen sınır değerlerin üzerinde çıkmıştır.
- Analiz sonuçlarına göre; Nilüfer Çayı bölgede kirlilikten en çok etkilenen akarsudur. Analiz sonuçları, Nilüfer Çayında NH<sub>4</sub>, Fe, K, As, Eİ, Cl, SO<sub>4</sub> ve Na kirliliği olduğunu ortaya koymuştur. Uluabat Gölü çıkışında NH<sub>4</sub>, Fe, Cr, As, Kocasu Çayının Hayırlar Köyü mevkiinde Fe ve As kirliliği olduğu görülmüştür. Mustafakmalpaşa Çayında Fe, B, As, ve Mg kirliliği, Orhaneli Çayında ise Fe, Mg, As ve B kirliliği olduğu belirlenmiştir.
- 2007 yılı itibarıyla Bursa'daki yeraltı suyu kaynakları potansiyelinin yaklaşık %87'si kullanılmaktadır. Kentin endüstri ve tarım sektörlerindeki gelişme potansiyeli dikkate alındığında, yeraltısuyu kaynaklarının kullanımıyla ilgili ciddi bir planlama yapılmasını gerekli kılmaktadır.

**3.** Doğa kaynaklı afetlere dair süreçlerle ilgili araştırmalar yapılmış, deprem üretme potansiyeli taşıyan diri (aktif) faylar, kütle hareketleri (heyelan) haritalanmış ve bunların dağılımları ve nitelikleri belirlenmiştir.

- İl ve çevresinde deprem oluşturma potansiyeli taşıyan önemli aktif faylar; Kuzey Anadolu Fayı Sistemi (KAFS)'nin kuzeydeki ana kolu ile güney koluna ait faylardır.

- Bu faylar içinde, tarihsel ve aletsel dönemlerde yıkıcı depremler ürettiği bilinen, önemli fay ise Kuzey Anadolu Fayı'dır. Bu fayın kuzeydeki ana kolu ile güney kolu ve güney Marmara Bölgesindeki fayların bir bölümü,  $M > 7$ 'den büyük depremler oluşturma potansiyeline sahiptir. 1999 yılında, Kuzey Anadolu Fayının kuzey kolu üzerinde, 1964'te de güney Marmarada Manyas Fayı üzerinde büyük yıkıcı depremler olmuştur. Tarihsel dönemlerde de 1855 Bursa depremi, Bursa fayının etkinliğine bağlı olarak oluşmuştur. Kuzey Anadolu Fayının güney kolu üzerinde de önemli yıkıcı depremler en son 1419 tarihinde olmuştur. Birkaç yüz yıldır, fayın bu bölümü üzerinde deprem olmaması nedeniyle, bu fay sistemi bölgede deprem oluşturma potansiyeli taşımaktadır. Bursa Fayı üzerinde de yaklaşık 150 yıldır deprem olmaması, bölgede deprem olasılığını arttırmıştır.
- Kütle hareketleri aktivitelerine, türlerine ve alansal yayılımlarına göre sınıflandırılarak, 1/150 000 ölçekli İl'in Heyelan Envanter Haritası oluşturulmuştur.

**4.** Bursa kent alanı ve çevresi ile İl'in 14 ilçe merkezi ve çevresinde mühendislik jeolojisi, jeomorfoloji ve eğim analizleri konularında araştırmalar yapılmış ve bu konulara özgü 1/25 000 ölçeğinde haritalar üretilerek, İl-İlçe merkezleri ve çevresi yerleşime uygunluk açısından değerlendirilmiştir.

- Kaya ve güncel çökellerin kayatürü, gözleme dayalı mühendislik özellikleri belirlenerek 1/25 000 ölçekli mühendislik jeolojisi haritası yapılmıştır.
- Kentsel planlamalardaki önemi nedeniyle, güncel çökeller (Kuvaterner yaşlı) fasiyeslerine göre, 1/25 000 ölçekli ayrıntıda haritalanmıştır.
- İl-İlçe merkezi ve çevresinin, aşınım yüzeyleri, dolgu düzlükleri, bataklık alanları, akarsu yatakları, erozyon alanları, yamaç özellikleri incelenmiştir.
- İl-İlçe merkezleri ve çevresinin topoğrafik yapısı hakkında bilgi sunan, 1/25 000 ölçekli eğim haritaları yapılmıştır.

#### KAYNAKLAR

- Akat, U., Çağlayan, A. ve İvakk, M., 1978, Dursunbey-Orhaneli-Susurluk arasındaki bölgenin jeolojisi: MTA Rapor No: 6618, Ankara.
- Akçay, A. E., Dönmez, M., Ilgar, A., Duru, M., Pehlivan, Ş., 2008; 1/100.000 ölçekli Türkiye jeoloji haritaları serisi, BANDIRMA-H19 paftası, No:103-, MTA, Ankara.
- Akdeniz, N., ve Konak, N., 1979, Simav-Emet-Tavşanlı-Dursunbey-Demirci Yörelerinin Jeolojisi, MTA Rapor No: 6547, Ankara, 108 s.
- Aktimur, H.T., Sarıslan, M. M., Sönmez, M., Yurdakul, M. E., Potoğlu, S., Keçer, M., Tamgaç, Ö.F., Emre, Ö., 1995, Orhaniye-Görükle dolayısı ile Seymen-Turanköy dolayının (Bursa) arazi kullanım potansiyeli. MTA Rapor No: 9793, Ankara.
- Akyüz, S., ve Okay, A. İ., 1998, Manyas güneyinin (Balıkesir) jeolojisi ve Mavişistlerin tektonik konumu, MTA Derg., 120, 105-120.
- Altınler, D., Koçyiğit, A., Farrinacci, A., Nicosia, U., ve Conti, 1991, Jurassic-Lower Cretaceous stratigraphy and paleogeographic evolution of the southern part of North-Western Anatolia (Turkey), Geology and Paleontology of Western Pontides, Turkey. (Eds. A. Farrinacci, D. V. Ager, U. Nicosia), Geologica Romana. 27, 13-80.
- Altınlı, İ. E., 1973, Bilecik Jurasijı. 50. Yıl Yerbilimleri kongresi, Tebliğler Dergisi MTA Yay., s.112-113.
- Altunkaynak, Ş. ve Yılmaz, Y., 1998. The Kozak magmatic complex; Western Anatolia. J Volcanol Geoth Res. 85(1-4), 211-231.
- Altunkaynak, Ş. ve Yılmaz, Y., 1999. The Kozak pluton and its emplacement. Geological Journal, 34, 257-274.
- Ambraseys, N.N., 1988. Engineering seismology. Journal of Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 17, 1-105.
- Ambraseys, N. N. ve Jackson, J. A., 1998. Faulting associated with historical and recent earthquakes in the Eastern Mediterranean region. Geophysical Journal International, 133, 390-406.
- Appelo, C. A. J. ve Postma, D., 1994, Geochemistry Groundwater and Pollution, 36-37.
- Armijo, R., Meyer, B., Hubert-Ferrari, A. ve Barka, A., 1999. Westward propagation of North Anatolian Fault into the Northern Aegean: timing and kinematics. Geology, 27, 267-270.
- Armijo, R., Flerit, F., King, G. ve Meyer, B., 2003. Linear elastic fracture mechanics explains the past and present evolution of the Aegean. Earth Planet. Sci. Lett., 217, 85-95.

- Armijo, R., Pondard, N., Meyer, B., Uçarkus, G., Mercier de Lepinay, B., Malavieille, J., Dominguez, S., Gustcher, M.-A., Schmidt, S., Beck, C., Çagatay, N., Cakir, Z., Imren, C., Eris, K., Natalin, B., Özalaybey, S., Tolun, L., Lefevre, I., Seeber, L., Gasperini, L., Rangin, C., Emre, O. ve Sarikavak, K., 2005. Submarine fault scarps in the Sea of Marmara pull-apart (North Anatolian Fault): implications for seismic hazard in Istanbul. *Geochemistry Geophysics Geosystems*, 6, 6, 1-29, doi:10.1029/2004GC000896
- Ateş, Ş., Keçer, M., Mutlu, G., Karakaya, F., Özata, A., Özerk, O. C., Bulut, A., Osmañcelebioğlu, R., Şule, S., 2004, Ordu İlinin Yerbilim Verileri ve Doğal Afet Özellikleri. MTA Derl. No: 10667, Ankara, 243 s.
- Ateş, Ş., Mutlu, G., Bulut Üstün, A., Özata, A., Özerk, O. C., Karakaya Gülmez F., Osmañcelebioğlu, R., 2009. Bursa İli ve Kentsel Alanların Yerbilim Verileri. MTA Derl. No: 11163, Ankara, 243 s.
- Atilla, H., 1973. Bursa Orhaneli (Harmanlık) jeolojisi ve ekonomik olanakları. (yüksek lisans tezi). MTA Rapor No: 5096, Ankara.
- Ayan, M., 1979. Geochronological and petrological studies of the Eybek granodiorite pluton (Edremit): *Comm. Fac. Scien. Univ. Ankara*, 22, 19-31
- Barka, A.A., 1984. Kuzey Anadolu Fay Zonundaki Bazı Neojen-Kuvaterner Havzalarının Jeolojisi ve Tektonik Evrimi. *Ketin Simpozyumu Kitabı*, 209-227.
- Barka, A., 1992. The North Anatolian Fault zone. *Annales Tectonicae*, 6, 164-195.
- Barka, A., 1996. Slip distribution along the North Anatolian Fault associated with the large earthquakes of the period 1939 to 1967. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 86, 1238-1254.
- Barka, A. ve Kadinsky-Cade, K., 1988. Strike-slip fault geometry in Turkey and its influence on earthquake activity. *Tectonics*, 7, 663-684.
- Bingöl, E., Akyürek, B. ve Korkmazer, B., 1973, Biga Yarımadasının jeolojisi ve Karakaya formasyonunun bazı özellikleri. *Cumh. 50. Yılı Yerbilimleri kongresi tebliğler dergisi*, MTA yayınları s.70-76.
- Bingöl, E., Delaloye, M. And Ataman, G., 1982, Granitic intrusions in Western Anatolia: A contribution to the geodynamic study of this area, *Eclogae Geologicae Helvetiae* 75/2, 437-446
- Bingöl, E., Delaloye, M., Pişkin, A. And Genç, Ş., 1992, Significance of the granitoids of Eastern and Southern Marmara within the framework of the regional geotectonic evolution., *Abstract of the Interna. Symp. Geol. Black Sea Region*, MTA, 3 p.
- Brinkmann, R., 1966, *Geotektonische Gliederung von Westanatolien*. *Neu. Jahr.Geol. und Paleon.Monat.*, 10, 603-618
- Bursa İli Çevre Durum Raporu, 2007, Çevre ve Orman İl Müdürlüğü, ÇED Şube Müdürlüğü, Ankara.
- Cuello C., Correa, P., Haenszel, W., 1976, Gastric Cancer in Columbia I. Cancer Risk and Suspect Environmental Agents. *J. Cancer Inst.*, 57, 1015-1020.
- Demirbağ, E., Rangin, C., Le Pichon, X. ve Şengör, A.M.C., 2003. Investigation of the tectonics of the Main Marmara Fault by means of deep-towed seismic data. *Tectonophysics*, 361, 1-19.
- DSİ, 1973, Bursa ve Çayırköy Ovaları Hidrojeolojik Etüt Raporu, 36 s.
- DSİ, 1990, Bursa ve Çayırköy Ovaları Hidrojeolojik Etüt Raporu, 34 s.
- DSİ, 1974, İznik, Orhangazi ve Gemlik Ovaları Hidrojeolojik Etüt Raporu, 41 s.
- DSİ, 1980, Aşağı Susurluk Havzası Hidrojeolojik Etüt Raporu, 50 s.
- DSİ, 1981, İnegöl Ovası Hidrojeolojik Etüt Raporu, 42 s.
- DSİ, 2005, Sondaj Kuyu Logları.
- DSİ, 2008, Barajlar ve Göletler. <http://www.dsi.gov.tr/bolge/dsi1/bursa.htm#baraj>
- Doyuran, V., Koçyiğit, A., Yazıcıgil, H., Karahanoğlu, N., Toprak, V., Topal, T., Süzen, L., Yeşilnacar, E., Yılmaz, K. K., 2000, Yenişehir Belediyesi Yerleşim Alanı Jeolojik/Jeoteknik İncelemesi, 94
- Duru, M., Pehlivan, Ş., Dönmez, M., Ilgar, A., ve Akçay, A.E, 2007b; 1/100.000 ölçekli Türkiye jeoloji haritaları serisi, BALIKESİR-İ18 paftası, No: -, MTA (baskıda), Ankara
- Duru, M., Pehlivan, Ş., Dönmez, M., Ilgar, A., Akçay, A.E., Alan, B., Erdoğan, K., İslamoğlu, Y. ve Özer, D., 2007. 1:100.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları Bandırma-H18 Paftası. MTA Genel Müdürlüğü, No:102, Ankara.
- Ekmekçi, M., 2003, Review of Turkish Karst With Emphasis On Tectonic and Paleogeographic Controls, *Acta Carsologica*, 32/2, 205-218.
- Emre, Ö., Doğan, A., Özalp, S., Tokay, F., 2001, BP Petrolleri A.Ş. Gemlik dolum tersisleri ve yakın çevresinin (Gemlik Körfezi) aktif fay etüdü. MTA Rapor No: 10398, Ankara.



- Emre, Ö., Yıldırım, C., Duman, T.Y., Özalp, S., Türkiye Diri Fay Haritası., 2007, 1:250 000 Ölçekli Bandırma (NK35-11B) Paftası. MTA 1: 250 000 Ölçekli Diri Fay Haritası Serisi, No: 2, Ankara.
- Emre, Ö., Yıldırım, C., Duman, T.Y., Özalp, S., Türkiye Diri Fay Haritası., 2007, 1:250 000 Ölçekli Bursa (NK35-12) Paftası. MTA 1 : 250 000 Ölçekli Diri Fay Haritası Serisi, No: 3, Ankara.
- Emre, Ö., Duman, T.Y., Doğan, A., Özalp, S., Tokay, F. and Kuşçu, İ., 2003. Surface faulting associated with the Sultandağı earthquake (Mw 6.5) of 3 February 2002, Southwestern Turkey. *Seismological Research Letters*, 74, 4, 382-392.
- Emre, Ö., Doğan, A., Yıldırım, C. ve Şaroğlu, F., 2005. Active fault pattern and bend kinematics in NW Anatolia. *International Symposium on the Geodynamics of Eastern Mediterranean: Active Tectonics of the Aegean Region*, 15-18 June 2005, Kadir Has University, Abstracts, s. 98, İstanbul, Turkey.
- Emre, Ö., Duman, T.Y., Doğan, A., Özalp, S., Yıldırım, C., Kürçer, A., Özaksoy, V., Elmacı, H. ve Koç, G., 2009. Batı Türkiye'nin Diri Fay Geometrisi ve Güncel Kinematiki. 62. Türkiye Jeoloji Kurultayı, 13-17 Nisan 2009, Bildiriler, Ankara.
- Ercan., T., Ergül, E., Akçaören, F., Çetin, A., Granit, S. ve Asutay, J., 1990, Balıkesir-Bandırma arasının jeolojisi, Tersiyer volkanizmasının petrolojisi ve bölgesel yayılımı: MTA Derg., 110, 113-130.).
- Ercan, T., Satır, M., Sevin, D. ve Türkecan, A., 1997, Batı Anadolu'daki Tersiyer ve Kuvaterner Yaşlı Volkanik Kayaçlarda Yeni Yapılan Radyometrik Yaş Ölçümlerinin Yorumu: MTA Derg., 119, 103-112.
- Ercan, T., Türkecan, A., Guillou, H., Satır, M., Sevin, D. ve Şaroğlu, F., 1998. Marmara Denizi çevresindeki Tersiyer volkanizmasının özellikleri. MTA Derg. 120, 199-221.
- Erendil, M., Göncüoğlu, C., Tekeli, O., Aksay, A., Kuşçu, İ., Ürgün, B., Tünay, G., Temren, A., 1991, Armutlu yarımadasının jeolojisi: MTA Rapor No: No. 9165, Ankara.
- Ergül, E., Öztürk, Z., Akçaören, F. ve Gözler, M.Z., 1980, Balıkesir İli-Marmara Denizi arasının jeolojisi, MTA Rapor No:6760, Ankara.
- Ergül, E., Gözler, Z., Akçören, F., 1986 ;1/100.000 ölçekli Türkiye jeoloji haritaları serisi, BALIKESİR-F6 paftası, MTA, Ankara.
- Eyidoğan, H., ve Barka, A., 1996. The 1 October 1995 Dinar earthquake, SW Turkey. *TerraNova*, 8, 479-485.
- Feter, C. W., 1994, *Applied Hydrogeology.*, s. 289-290.
- Franz, S.O., Schwark, L., Brüchmann, C., Scharf, B., Klingel, R., Van Alstine, J. D., Cagatay, M. N., Ülgen, U. B., 2006, Results From a Multi-Disciplinary Sedimentary Pilot Study of Tectonic Lake İznik (NW Turkey)-Part I: Geochemistry and Paleolimnology of the Recent Past.
- Gallardo, A. H., Borja, W. R., Tase, N., 2005, Flow and Patterns of Nitrate Pollution in Groundwater: A Case Study of An Agricultural Area in Tsukaba City, Japan, *Env. Geol.*, 48, 908-919.
- Genç, Ş., 1986, Uludağ-İznik Gölü arasının Jeolojisi, MTA Rapor No:7853, Ankara.
- Genç, Ş., 1987, Geology of the region between Uludağ and İznik Lake, Guide Book for the field excursion along western Anatolia, Turkey, MTA Enstitüsü, s. 19-25.
- Genç, Ş.C. and Yılmaz, Y., 1995, Evolution of the Triassic continental magrin, Northwest Anatolia, *Tectonophysics*, 243, 193-207.
- Genç, Ş.C., 1998. Evolution of the Bayramiç magmatic complex. *J. Volcanol. Geoth. Res.* 85(1-4), 233-249.
- Genç, Ş. C., Dönmez, M., Akçay, A.E. ve Altunkaynak, Ş., 2004, The Middle Eocene to late Miocene magmatic evolution of the Biga peninsula, NW Turkey. 32 nd. IGC Florence 2004 – Scientific Sessions: abstracts (part 2) – 1298.
- Gilli, G., Corrao, G., Favilli, S., 1984, Concentrations of Nitrates in Drinking Water and İndicence of Gastric Carcinomas: First Descriptive Study of the Piemonte Region, Italy. *Sci. Total Environ.*, 3, 35-48.
- Granit, Y., and Tintant, H., 1960, Observation preliminaires sur le Jurassic de la region de Bilecik (Turquie): *Comptes Rendus Acad. Science, Paris*, v. 251, p. 1801-1803.
- Gümüş, A., 1964, Contribution al'étudegeologique de secteur serpentinal de Kalabal Köy-Eymür Köy region D'Edremit, Turquie, MTA Enstitüsü, Ankara, 117s.
- Hamil, L., ve Bell, F. G., 1986, *Groundwater Research Development*. Butterworths Publ., Britain, 344.
- I.S.R.M., 1981, *Rock characterization testing and monitoring: I.S.R.M. suggested methods*, editör: E. T. Brown. Pergamon Press, 211 s.
- Hem, J. D., 1985, *Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water*. Department of the Interior. 263 s.

- Kalafat, D., Güneş, Y., Kara, M., Deniz, P., Kekovalı, K., Kuleli, H.S., Gülen, L., Yılmaz, M. ve Özel, N.M., 2007. Bütünleştirilmiş Homojen Türkiye Deprem Kataloğu (1900-2005);  $M \geq 4.0$ ). Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Yayın No: 977, Bebek-İstanbul, 558 s.
- Kalafatçoğlu, A., 1961, Bilecik-Kütahya-Tavşanlı-Harmancık-İnegöl arasındaki bölgenin jeolojisi. MTA rapor No. 2821, Ankara.
- Kaya, O., Özkoçak, O. ve Lisenbee, A., 1989, stratigraphy of the pre-Jurassic blocky sedimentary rocks to the south of Bursa, NW Turkey, MTA Enstitüsü Bülteni, 109, 15-24.
- Kaya, O., Wiedmanm, J. ve Kozur, H., 1986, Preliminary report on the stratigraphy, age and structure of the so-called Late Paleozoic and/or Triassic Melange or Suture Zone Complex of northwestern and western Turkey, *Yer bilimleri*, 13, 1-16.
- Kazancı, N., Toprak, Ö., Leroy, S. A. G., Öncel, S., İleri, Ö., Emre, Ö., Costa, P., Erturaç, K. ve McGee, E., 2005, Boron Content of Lake Ulubat Sediment: A Key to Interpret the Morphological History of NW Anatolia, Turkey.
- Koçyiğit, A., 1987, Hasanoğlan (Ankara) yöresinin tektonostratigrafisi: Karakaya orojenik kuşağının evrimi, *Yer bilimleri* 14, 269-294.
- Koçyiğit, A., ve Özacar, A., 2003. Extensional neotectonic regime through the NE edge of outer Isparta Angle, SW Turkey: new field and seismic data. *Turkish J. Earth Sci.*, 12, 67-90.
- Konak, N., Akdeniz, N., ve Armağan, F., 1980, Akhisar-Gölmarmara-Gördes-Sındırgı Dolaylarının Jeolojisi, MTA Rapor No: 6916, 177 s. (Yayınlanmamış)
- Kreemer, C., Chamot-Roke, N. ve Le Pichon, X., 2004. Constraints on the evolution and vertical coherency of deformation in the North Aegean from a comparison of geodetic, geologic and seismologic data. *Earth and Planetary Science Letters*, 225, 329-346
- Krushensky, R.D., 1976, Neogene calc-alkalene extrusive and intrusive rocks of the Karalar-Yeşiller area, Northwest Anatolia, Turkey: *Bulletin Volcanologique*, 40, 336-360.
- Krushensky, R.D., 1976, Neogene calc-alkalene extrusive and intrusive rocks of the Karalar-Yeşiller area, Northwest Anatolia, Turkey: *Bulletin Volcanologique*, 40, 336-360
- Kuşçu, İ., Okamura, M., Matsuoka, H. ve Awata, Y., 2002. Active faults in the Gulf of İzmit on the North Anatolian Fault, NW Turkey: a high-resolution shallow seismic study. *Mar. Geol.* 190 (1-2), 421-443.
- Küçükayman, A., 1987, Bozüyük-Tavşanlı-Kütahya arasının jeolojisi. MTA rapor No. 8356.
- Le Pichon, X., N. Lyberis ve F. Alvarez, 1984. Subsidence history of the North Aegean Trough. In *Geological Evolution of the Eastern Mediterranean*, (eds. J.E. Dixon and A.H.F. Robertson), *Geol. Soc. Spec. Publ.*, 17, 727-741.
- Le Pichon, X., Şengör, A. M. C., Demirbağ, E., Rangin, C., İmren, C., Armijo, R., Görür, N., Çağatay, N., Mercier de Lepinay, B., Meyer, B., Saatçılar, R. ve Tok, B., 2001. The Active Main Marmara Fault. *Earth and Planetary Science Letters*, 192, 595-616.
- Le Pichon, X. Chamot-Rooke, N. Rangin, C. ve Şengör, A.M.C., 2003. The North Anatolian Fault in the Sea of Marmara. *Journal of Geophysical Research*, 108 (B4), 2179, doi: 10.1029/2002JB001862
- Lisenbee. A. L., 1971, the Orhaneli ultramafic-Gabbro Thurst sheet and its Surrounds : A progress report in " *Geology and History of Turkey* " *Pet. Explor. Soc. Libya, Tripoli* 349-360 (ed. Campbell. A.S)
- Maila, Y. B., El-Nahal I. ve Al-Agha M. R., 2004, Seasonal Variations and Mechanisms of Groundwater Nitrate Pollution in the Gaza Strip, *Env. Geol.*, 47, 84-90.
- Meade, B.J., Hager, B.H., McClusky, S.C., Reilinger, R.E., Ergintav, S., Lenk, O., Barka, A. ve Özener, H., 2002. Estimates of seismic potential in the Marmara region from block models of secular deformation constrained by GPS measurements. *Bull. Seismol. Soc. Am.* 92(1), 208-215.
- Mert, E., 2003, Doğu Bursa Ovası Hidrojeoloji Modellemesi ve Sorunları, 93 s., Doktora Tezi, Kocaeli Üniversitesi.
- McKenzie, D. P., 1972. Active tectonics of the Mediterranean region. *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, 30, 109-185.
- McKenzie D.P., 1978. Active tectonics of the Alpine-Himalayan belt: the Aegean Sea and surrounding regions. *Geophys. J. Royal Astron. Soc.*, 55, 217-254.
- McNelly, R. N., Neimanis, V. P. ve Dwyer, L., 1979, *Water Quality Sourcebook , A Guide to Water Quality Parameters*. Inland Waters Directorate, Water Quality Branch, Ottawa, Canada, 88 p.
- Okamura, M., Matsuoka, H., Kuscu, İ., Özalp, S., Kinjo, S., Yamamori, K. ve Awata, Y., 2003. Submarine faults activities in the Gulf of İzmit and Gemlik Bay, NW Turkey: high-resolution

- shallow seismic survey and earthquake recurrence studies. American Geophysical Union (AGU) 2003 Fall Meeting, 08-12 December 2003, EOS Transactions, 84 (46), p. F1367, Poster No: T22A-0490, San Francisco, California, USA.
- Okay, A. İ., 1980, The Petrology of blueschists in North-west Turkey, north-east of Tavşanlı, PhD Thesis. (unpubl.) University of Cambridge, England.
- Okay, A.İ., 1984, Ağvanis metamorfileri ve civarının jeolojisi, MTA Derg., 99/100, 16-31
- Okay, A. İ., 1987, Distribution and characteristics of the North-west Turkish blue schists. In " The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean " Special publ. Of the Geological society No. 17.455-466 (Eds. Dixon, JE and Robertson A.H.F.)
- Okay, A.İ ve Siyako, M., 1993, İzmir-Balıkesir arasında İzmir-Ankara Neo-Tetis kenarının yeni konumu, in Turgur, S., (Ed), Türkiye ve Çevresinin Tektoniği-Petrol Potansiyeli, 333-355.
- Okay, A.İ., Satır, M., Maluski, H., Siyako, M., Monie, P., Metzger, R. ve Akyüz, S., 1996. Paleo- and Neo-Tethyan events in northwest Turkey: geological and geochronological constraints. In. Yin, A. And Harrison, M. (eds). Tectonics of Asia. Cambridge Üniv. Pres, 420-441.
- Okay, A.İ. ve Satır, 2000, Coeval plutonism and metamorphism in a Latest Oligocene metamorphic core complex in Northwest Turkey, Geol. Mag, 137/5, 495-516
- Okay, A.İ. ve Göncüoğlu, M. C., 2004. The Karakaya Complex: A Review of Data and Concepts, Turkish Journal of Earth Science, TÜBİTAK, 13/2, 77-96.
- Okay, A.I., Satır, M., Zatin, M., Cavazza, W. ve Topaz, G., 2008, An Oligocene ductile strike-slip shear zone: The Uludağ Masif, northwest Turkey-İmplications for the westward translation of Anatolia, Geological Society of America. 26229, 2nd pages / 1 of 19.
- Özkoçak, O., 1969, Etude geologique du masif ultra basic d' Orhaneli et de Sa proche bordre, These University of Paris. 181 P. (unpubl.)
- Pickett, E.A., Robertson, A.H.F. ve Dixon, 1995, The Karakaya Complex, NW Turkey: A Paleo-Tethyan accretionary complex, in Erler, A., Ercan, T., Bingöl, E. And Örcen, S., (eds), Geology of the Black Sea Region. MTA, Special Publ. 11-18.
- Pickett, E.A. ve Robertson, A.H.F., 2004, Significance of the volcanogenic Nilüfer Unit and related components of the Triassic Karakaya Complex for Tethyan subduction/accretion processes in NW Turkey, Turkish Journal of Earth Science, TÜBİTAK, 13/2, 97-144
- Polonia, A., Cormier, M.-H., Cagatay, M.N., Bertoluzzi, G., Bonatti, E., Gasperini, L., Ligi, M., Capotondi, L., Seeber, L., McHugh, C.M.G., Ryan, W.B.F., Görür, N., Emre, O. ve Tok, B., MARMARA 2000 scientific party ve MARMARA2001 scientific party, 2002. Exploring submarine earthquake geology in the Marmara Sea. Eos Transactions AGU 83 (21), 229, 235-236.
- Polonia, A., Gasperini, L., Amorosi, A., Bonatti, E., Bertoluzzi, G., Cagatay, N., Capotondi, L., Cormier, M.H., Görür, N., McHugh, C. ve Seeber, L., 2004. Holocene slip rate of the North Anatolian Fault beneath the Sea of Marmara. Earth Planet. Sci. Lett. 227, 411-426.
- Saner, S., 1980, Batı Pontidlerin ve komşu havzaların oluşumlarının levha tektoniği kavramı ile açıklanması, Kuzeybatı MTA Dergisi, 93/94, p. 1-19
- Siyako, M., Bürkan, K. A. ve Okay, İ. A., 1989, Biga ve Gelibolu Yarımadalarının Tersiyer Jeolojisi ve Hidrokarbon Olanakları, TPJD Bülteni, C. 1/3, 183-199.
- Şaroğlu, F., Emre, Ö. ve Boray, A., 1987. Türkiye'nin Diri Fayları ve Depremsellikleri. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Jeoloji Etüdüleri Dairesi Başkanlığı, MTA Rapor No: 8174, Ankara.
- Şaroğlu, F., Emre, Ö. ve Kuşçu, İ., 1992. Türkiye Diri Fay Haritası, ölçek 1:2.000.000, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara
- Şengör, A.M.C., 1980, Türkiye'nin neotektoniğinin esasları: Türkiye Jeol. Kur. Yayını., 40 s, Ankara.
- Şengör, A.M.C., ve Yılmaz, Y., 1981, Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach, Tectonophysics, 75, 181-241.
- Şengör, A.M.C., 1979. The North Anatolian Transform Fault: its age, offset and tectonic significance. Journal of the Geological Society of London, 136, 269-282.
- Tan, O., Tapırdamaz, M.C. ve Yörük, A., 2008. The earthquake catalogues for Turkey. Turk. J. Earth Sci. 17, 405-418.
- Tekeli, O., Boray, A., Akyürek, B. ve Akay, E., 1989, Gökçedağ (Dursunbey, Balıkesir) dolayının jeolojisi. MTA Rapor No: 8608, Ankara.
- Tekeli, O., 1981, Subduction complex of pre-Jurassic age, Northern Anatolia, Turkey, Geology, 9, 68-72.
- Todd, D.C., 1980, Groundwater Hydrogeology. John Wiley And Sons. New York. 336 p.
- TS 266, 2005, Sular-İçme ve Kullanma Suları, Türk Standartları Enstitüsü.
- Türkiye Jeotermal Envanteri, 2005, MTA yayın no: 201, Ankara.

- Türkiye'deki Barajlar ve Hidroelektrik Santraller, 1994, D.S.İ. Genel Müdürlüğü yayını, Ankara.
- Ustaömer, T., Gökaşan, E., Tur, H., Görüm, T., Batuk, F.G., Kalafat, D., Alp, H., Ecevitöğlü, B. ve Birkan, H., 2008. Faulting, mass-wasting and deposition in an active dextral shear zone, the Gulf of Saros and the NE Aegean Sea, NW Turkey. *Geo-Mar Lett.*, 28, 171-193, DOI 10.1007/s00367-007-0099-6.
- Vachette, M., Blanc, P. ve L. Dubertret., 1968, Determination de l'âge d'une granodiorite d'Orhaneli, au sud de Bursa (Anatolie) sa signification regionale: *Akad Sci., C. R ., Ser D*, v. 267, No. 10. p 927-930.
- Yalçınkaya, S., ve Avcı Ö.P., 1980, Mustafakemalpaşa (Bursa) ve dolayının Jeolojisi, MTA, Rapor No:6717, Ankara.
- Yılmaz, Y., 1990, Comparison of young volcanic associations of Western and Eastern Anatolia review: *J. Volcan. Geoth. Res.*, 44, 69-77.
- Yılmaz, Y., 1995, Ege Bölgesindeki Genç Magmatizmanın oluşumu ile Litosferin Evrimi arasındaki ilişki üzerine düşünceler: *Jeofizik*, 9, 107-110.