

DENİZLİ İL MERKEZİ YERLEŞİM ALANININ JEOLJİK, JEOTEKNİK KENT BİLGİ SİSTEMİ (JEO-KBS)

Halil KUMSAR, Sefer Beran ÇELİK, Mustafa KAYA

Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kınıklı/Denizli

ÖZET

Yerleşim yeri seçimi projelerinin ilk aşamasında yapılan jeolojik ve jeoteknik çalışmalarda üretilen veriler kentleşmenin temel ve ilk aşamasıdır. Bu çalışmalardan elde edilen sonuçlarla üretilen mühendislik jeolojisi haritaları ise imar planlarını ve yapılaşmayı yönlendirmektedir. Denizli Belediyesi Yerleşim Alanlarının Jeolojik, Jeoteknik ve Hidrojeolojik Özellikleri adlı projede üretilen verilere ilişkin jeolojik ve jeoteknik kent bilgi sistemi JEO-KBS bu çalışmada oluşturulmuştur. Geliştirilen JEO-KBS sisteminde topoğrafik, imar, mahalle haritaları sayısallaştırılmıştır. Arazide ve laboratuvarında yapılan jeoteknik deneyler, jeofizik ölçümler ve jeolojik bilgiler için veri tabanı oluşturulmuş ve bu veri tabanındaki veriler JEO-KBS sisteminde değerlendirilerek Denizli merkezi yerleşim alanları için mühendislik jeolojisi haritaları oluşturulmuştur. JEO-KBS sistemi içinde sayısal harita üzerinde istenilen bir noktada jeolojik ve jeoteknik bilgilere grafik ortamında çok kısa sürede ulaşmak ve bu verileri uygulamaya aktarmak mümkündür. Belediyelerin bu tür kent bilgi sistemleri yardımıyla kentin gelişimini kontrol etmeleri ve yeni değerlendirmeler yapmaları açısından geliştirilen JEO-KBS sistemi önemli katkı sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler : Jeoloji, Jeoteknik, Denizli, Kent bilgi sistemi, GIS, CBS

A GEOLOGICAL AND GEOTECHNICAL CITY KNOWLEDGE SYSTEM OF THE URBAN AREAS IN THE CENTRAL PART OF DENİZLİ CITY

ABSTRACT

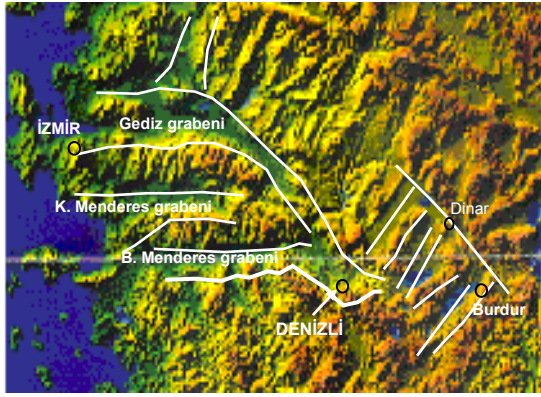
Geological and geotechnical investigations which are carried out at the first stage of a settlement place of a city play an important role on the development of urbanization. Engineering geology maps which are prepared by using the data of geological and geotechnical investigation guide urban plans and settlement. In this study a geological and geotechnical city information system of Denizli city (JEO-KBS) was developed by evaluating the Project data of the Geological, Geotechnical and Hydrogeological Properties of Denizli Municipality Settlement Place which was carried out by the research team of the Geological Engineering Department of Pamukkale University. Topography, urban plan and district maps are digitised into the system. A knowledge base system was written for evaluating geotechnical tests of field and laboratory, geophysical and geological data. Engineering geology maps were prepared in JEO-KBS system by using the data of the knowledge base system. It is possible to reach geological and geotechnical data on a defined point on the graphic screen of JEO-KBS. The developed city knowledge base system gives an important contribution to the municipalities for urban planning and re-evaluation of geological and geotechnical data.

Key Words: Geology, Geotechnique, Denizli, City information system, GIS

1. GİRİŞ

Denizli ili Ege Bölgesinde ikinci büyük il olup sanayi, kültür, eğitim, tarım, turizm açısından Türkiye'nin önde gelen illerinden biridir. Kalkınma modeli Türkiye'de bir çok il tarafından örnek alınmıştır.

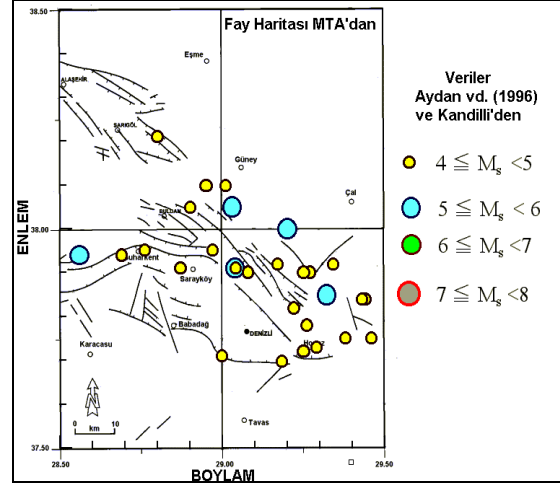
Denizli ili yerleşim alanı kuzeyden ve güneyden faylarla sınırlı olan ve Çürüksu Ovası olarak adlandırılan bir çöküntü alanı içerisinde kurulmuştur (Şekil 1). Ovayı sınırlayan ve oluşumuna neden bu faylar ve çatlak sistemleri boyunca sıcak su çıkışları gözlenmektedir.



Şekil 1. Batı Anadolu'nun Kabartma haritası ve ana tektonik hatlar.

Kentin yerleşimi genellikle alüvyonal zeminler ve yer yer Pliyosen yaşlı kiltası, kumtaşı, marn ve çakıltaşıdan oluşan birimler üzerine kurulmuştur.

Bölgede meydana gelen depremlerin dış merkez noktalarının konumları da incelendiğinde bu fay sistemlerinin deprem ürettiği ve aktif olduğu söylenebilir. Dolayısıyla meydana gelen depremlerin dış merkez noktaları Denizli şehri yerleşim alanı içinde yoğunlaşmaktadır. İleride meydana gelebilecek bir kuvvetli depremin de dış merkezi büyük bir olasılıkla yerleşim yerlerine yakın bir noktada olacak ve yerleşim yerleri bu depremden önemli miktarda etkilenecektir (Şekil 2). Aydan ve ark., (2000a; 2000b) GPS verilerinin değerlendirilmesi amacıyla geliştirdikleri sonlu elemanlar modelinde Denizli ve çevresinde gerilim hızlarında önemli bir yoğunlaşmanın olduğunu belirtmişlerdir.



Şekil 2. Denizli havzasında 1900-2000 yılları arasında meydana gelen depremler ve tektonik yapı ile ilişkisi (Kumsar ve ark., 2003).

2. JEOLJİK VE JEOTEKNİK KENT BİLGİ SİSTEMİ

Ticari amaçlı kullanıma açılan mevcut coğrafi bilgi sistemlerinde (CBS veya GIS) kullanıcılar verilerini sistem içerisine yükleyip KBS programlarının sonuçlarını uygulamaya aktarırlar.

Bununla beraber mevcut sistemlerin kullandıkları hesaplama ve değerlendirme yöntemlerinin detaylarını ve kullanılan kabullerden dolayı meydana gelen hata miktarlarını da kullanıcılar kabullenmek zorunda bırakılmaktadır. Kentleşmeye Yönelik Mühendislik Jeolojisi çalışmalarında çok sayıda veri üretilmektedir. Bu verilerin sayısal ortamda uygulamaya hızlı ve doğru bir şekilde aktarılması ve değerlendirme yöntemlerinin içeriğinin çok iyi bilinmesi gerekmektedir (Kumsar ve ark., 2003a).

Bu nedenle bu çalışmada Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği bölümü araştırma ekibi tarafından yürütülen "Denizli Belediyesi Yerleşim Alanlarının Jeolojik, Jeoteknik ve Hidrojeolojik Özellikleri" (PAÜ, 2002) adlı projede üretilen verilere ilişkin jeolojik ve jeoteknik kent bilgi sistemi oluşturulmuştur. Bu sistemin program yazılımı tamamen bu makalenin yazarları tarafından yapılmıştır.

Bir yerleşim yeri imara açılmadan önce yapılması gereken çalışmalardan olan ve o bölgenin jeolojik, jeoteknik ve depremsellik incelemesini kapsayan çalışmaların aksatılmadan ve titizlikle yürütülmesi ve kentlerin planlamasına esas teşkil edecek

verilerin üretilmesi gerekmektedir. Günümüzde bu çalışmaların yapılması 17 Ağustos 1999 Marmara ve 12 Kasım 1999 Bolu-Düzce depremlerinden sonra yasal zorunluluk haline gelmiştir. Mevcut durumda yerleşimin olduğu yerlerde ise ilgili belediyelerin bu çalışmaları bir an önce yaptırıp çalışma sonuçlarına göre imar planlarında değişiklikleri yapmaları zorunlu hale getirilmiştir.

Günümüzde kent bilgi sistemleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu bilgi sistemlerinin özelliği aranan verilere ulaşımın uzaysal koordinat verileri kullanılarak noktasal tanımlama kodları ile sağlanmasıdır. Bu uygulamalarda veri türleri detaylandırılabilir ve her veri türüne göre ayrı bir CBS uygulaması yapılabilmektedir. Kent bilgi sistemlerinin oluşturulması için çok sayıda paket program yazılımı mevcuttur (Kumsar ve ark., 2003b). Kentlerin jeolojik yapısına bağlı olarak oluşturulan verilerin derlenmesi, ve bu kente ait jeolojik bilgi sisteminin oluşturulması özel çalışma yöntemleri ve iyi bir jeolojik, jeoteknik ve mühendislik jeolojisi bilgi birikimi gerektirdiğinden, mevcut yazılımların bünyesinde jeoteknik verilerin değerlendirilmesi için analiz yöntemleri içerilmemektedir. Ayrıca bu yazılımlarda kullanılan yöntemlere ilişkin kabuller ve diğer parametreler kullanıcı tarafından değiştirilemediği için, kullanıcı mevcut sistemlerin hata miktarlarını önceden kabul etmek ve uygulamak zorunda bırakılmaktadır (Kumsar ve ark., 2003c).

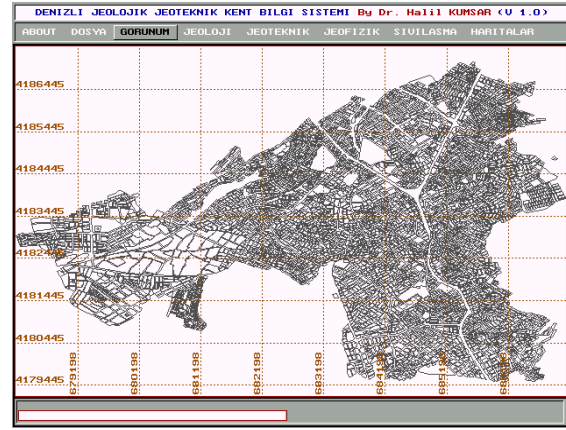
Bu çalışmada, C++ programlama dili kullanılarak, yeni bir jeolojik ve jeoteknik bilgi sistemi geliştirilmiş ve yazarlar tarafından JEO-KBS olarak adlandırılmıştır. Sitem içinde topoğrafik veriler ve eş yükselti eğrileri topoğrafya veri tabanında, imar adalarına ilişkin sınırların koordinatları imar veri tabanında, jeolojik ve tektonik bilgiler jeolojik harita veri tabanında, jeoteknik sondaj logları, sondajlardan alınan örselenmiş ve örselenmemiş örneklerin fiziksel ve mekanik zemin mekaniği deney verileri, arazi deney sonuçları, yeraltısuyu seviyesi, sondajın açıldığı noktaya ait x , y ve z koordinatlarını içeren jeoteknik veri tabanı oluşturulmuştur.

Ayrıca bölgenin depremselliği ve faylanma sistemleri ile ilişkisinin incelendiği deprem veri tabanı hazırlanmıştır. Sistem içerisinde jeolojik ve jeoteknik verilerin ışığında çeşitli analiz yöntemleri kullanılarak sınırlama analizleri her sondaj için ayrı ayrı yapılabilmektedir.

Bu veriler değerlendirilerek kolay sınırlanabilir ve potansiyel sınırlanabilir alanlar belirlenmekte ve jeoteknik zonlama haritası geliştirilen sistem tarafından oluşturulabilmektedir. Sonuçta bütün veriler değerlendirilerek kentin yapılaşması

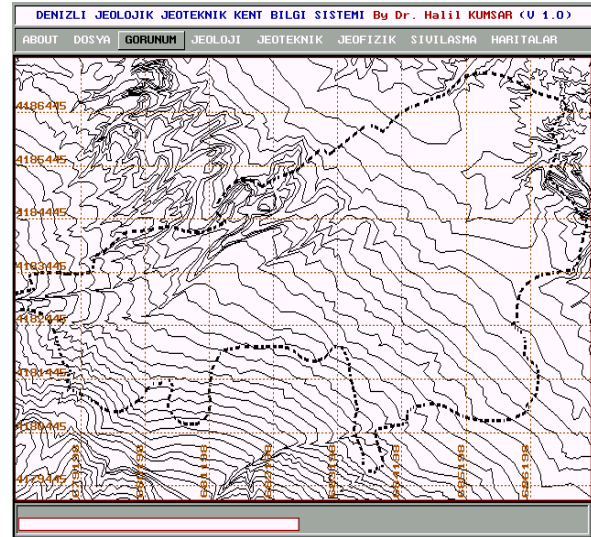
açısından temel teşkil eden yerleşime uygunluk haritasının sistem içinde hazırlanabilmesi mümkün olmaktadır. Bu zonlama haritasında herhangi bir noktaya ilişkin jeolojik ve jeoteknik veriler sorgulandığında JEO-KBS sisteminin bunu noktasal bazda üretmesi mümkün olmaktadır.

Denizli ilinin imar haritasının JEO-KBS ekranındaki görünümü Şekil 3'de verilmiştir. Yukarıda bahsedildiği gibi bu haritanın ekranda oluşturulmasında imar veri tabanından yararlanılmıştır.



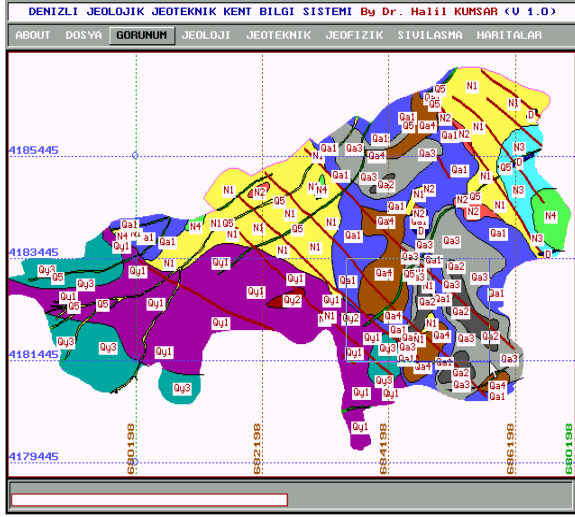
Şekil 3. Denizli Belediyesi imar haritası

Topoğrafik verilerin kullanılması ile eş yükselti eğrileri çizilebilmekte ve eğimi yüksek olan alanlar belirlenebilmektedir. Bu sayede yamaç sorunu olabilecek bölgeler kolaylıkla tespit edilmektedir (Şekil 4).



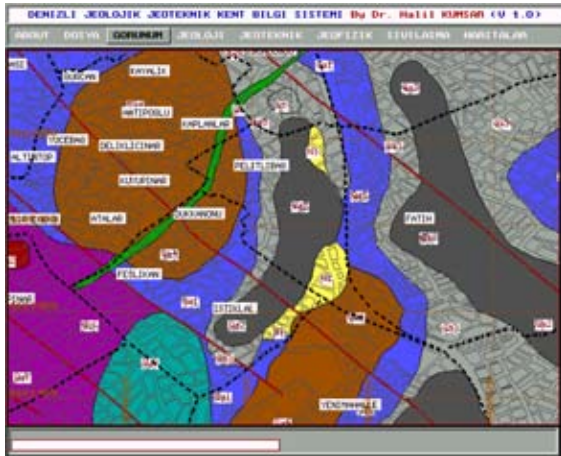
Şekil 4. Denizli mevzi imar alanı sınırının eş yükselti eğrileri ile görünümü

JEO-KBS'nin oluşturulma nedenlerinden birisi de istenilen noktadaki jeolojik bilgiye ulaşma gereksinimidir. Arazi gözlemleri, sondajlar, gözlem çukurları ve jeofizik ölçümlerden elde edilen veriler kullanılarak hazırlanan jeolojik haritanın sisteme girilmesi suretiyle meydana getirilen jeoloji veri tabanı ile istenilen mahallenin, hatta imar adasının yüzey jeolojisi hakkında bilgi edinilmesi mümkün olmaktadır (Şekil 5).



Şekil 5. Sistemdeki sayısal jeoloji haritası

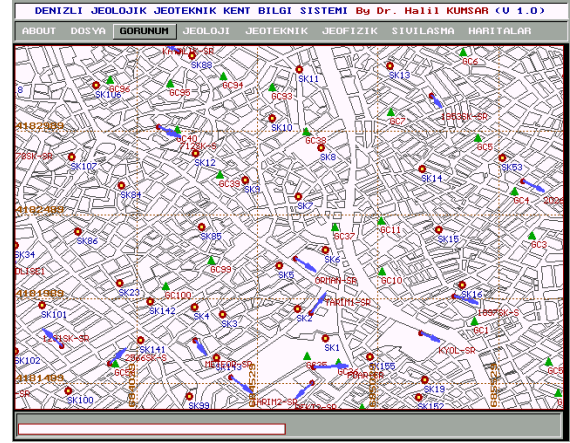
Ayrıntılı veri için istenilen bir alan büyütülerek o alan hakkındaki bilgiye ulaşılması mümkündür. Şekil 6'da mahalle adları ve sınırları, imar adaları, yüzey jeolojisi, Jeolojik bilgilerin sembelleri, faylar görülmektedir.



Şekil 6. Büyütülmüş bir alanın Jeolojik, imar ve mahalle bilgileri haritası

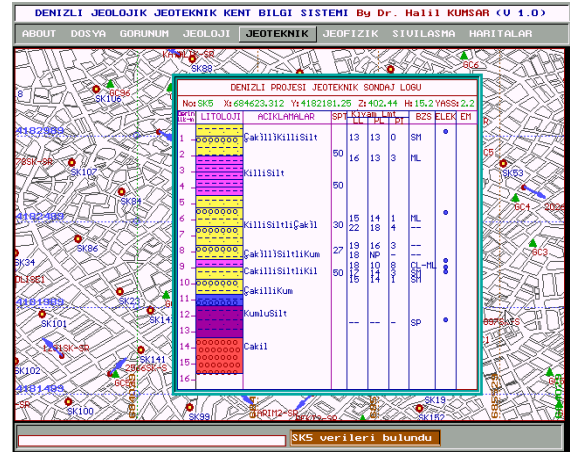
Verilerin değerlendirilmesinde kullanılan sondajlar, gözlem çukurları ve jeofizik ölçüm noktalarının konumları Şekil 7'de verilmiştir. İleriye dönük

değişik amaçlı çalışmaların planlanmasında JEO-KBS'de oluşturulan verilerin sayısal ortama aktarılması ile oluşturulan veri tabanları bir temel olacaktır.



Şekil 7. Sondajlar, gözlem çukurları ve jeofizik ölçüm noktalarının büyütülmüş bir alandaki görünümü

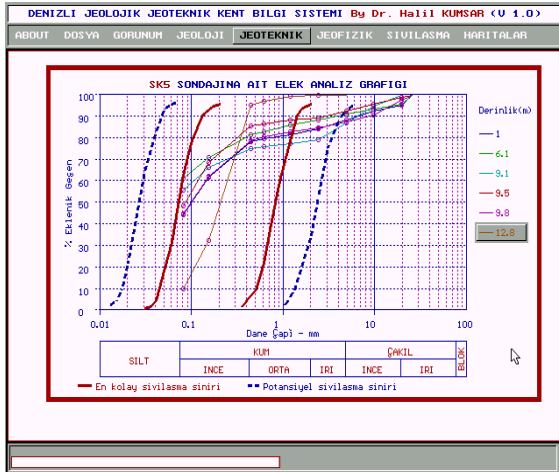
Herhangi bir sondajın logu incelenmek istendiğinde sistemden loga ulaşılması mümkün olabilmektedir. Bu şekilde laboratuvar ve arazi deneyleri sonuçlarına ulaşılabilir. Örneğin SK 5'nolu sondaj kuyusunun logu Şekil 8'de görülmektedir.



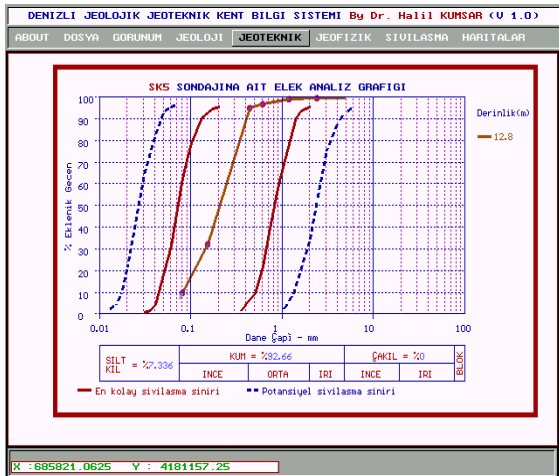
Şekil 8. SK 5 nolu sondaja ait log.

Bu sondaj logunda SK5 sondajının yerinin koordinatları, yeraltı suyu seviyesi, sondaj derinliği, sondaj boyunca kesilen jeolojik birimlerin kalmınlıkları ve tanımlaması, sondajda farklı derinliklerde yapılan SPT (standart penetasyon-çakmaya karşı direnç) deneyi değerleri, sondaj boyunca zemin karotlarından alınan örneklerin laboratuvar deney sonuçları (Likit, plastik limit, zemin sınıfı gibi) ve zeminlerin tane boyu dağılımlarını belirlemek için yapılan elek analizi

deney numunelerinin alındıkları derinlikler belirtilmiştir. Aynı sondaja ait çeşitli seviyelerdeki zeminlere ait tane boyu dağılım eğrileri de sistem içerisinde gösterilebilmektedir. Şekil 9 ve Şekil 10'da sırası ile SK5 nolu sondajın tüm seviyelerindeki ve 12.50m deki zeminlerin tane boyu dağılım eğrileri görülmektedir. Tane boyu dağılım grafikleri her seviye için ayrı ayrı çizdirildiğinde zeminlerin çakıl, kum, kil ve silt yüzdeleri de hesaplanarak her bir zemin sondajı için sınıflama veri dosyası oluşturulur. JEO-KBS sistemi içinde oluşturulan sondaj kuyularında ölçülen yeraltı suyu seviyeleri ile çalışma alanındaki yeraltı suyunun zemin yüzeyinden derinliğini gösteren yeraltı su tablası eş derinlik haritası Şekil 11'de verilmiştir. Şekilden de anlaşıldığı gibi Denizli il merkezinde yer altı suyu derinliği zemin yüzeyinden 1-5m arası derinliklerdedir. Bu da olası büyük bir deprem sırasında zemin davranışından dolayı üst yapıya gelecek dinamik yüklerde önemli artışlara neden olacaktır.

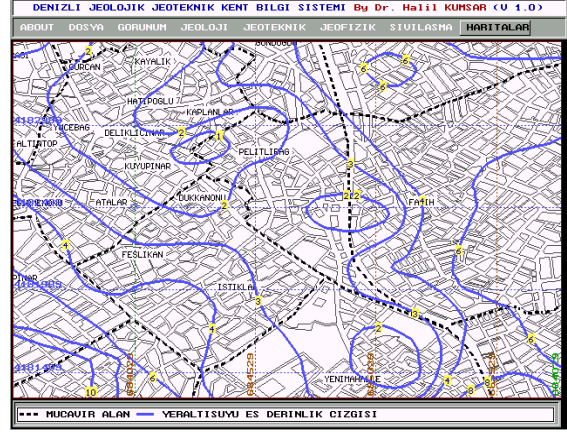


Şekil 9. SK5 sondajının çeşitli seviyelerindeki tane boyu dağılım eğrileri



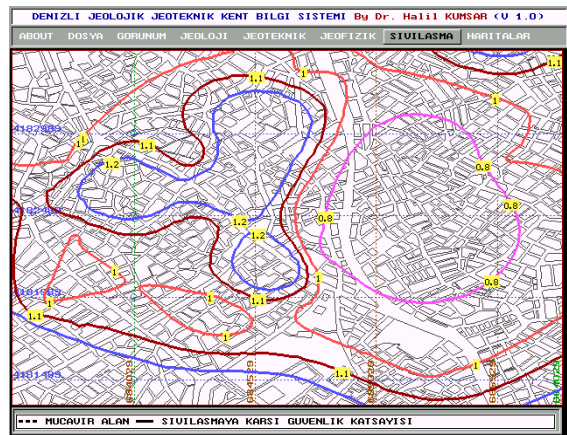
Şekil 10. SK5 sondajının 12.8m seviyesindeki tane boyu dağılım eğrisi

Elde edilen veriler ışığında sistem içinde gerçekleştirilen sınıflama analizleri sonucunda sınıflamaya karşı eş güvenlik katsayısı eğrilerinin çizdirilmesi (Şekil 11) ile güvenli ve riskli alanlar belirlenebilmektedir.



Şekil 11. Yer altı suyu eş derinlik eğrileri, imar ve mahalle haritaları.

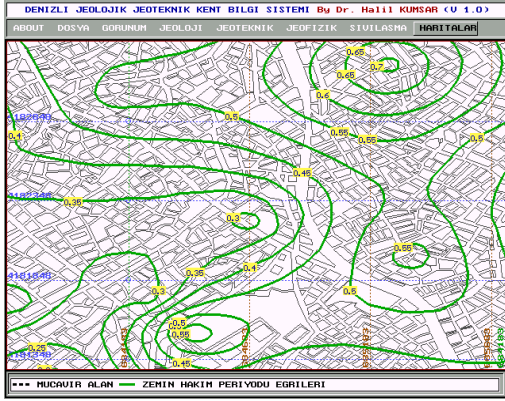
JEO-KBS sisteminde Denizli ilini etkileyebilecek deprem büyüklüğü Aydan ve diğ. (2001) tarafından 6.3 ve derinliği 17.6 km olarak belirlenmiştir. Bu sismik değerlendirme baz alınarak zemin sondajlarında yapılan arazi deneyleri ve sondajlardan alınan zemin örnekleri üzerinde yapılan laboratuvar deney sonuçları değerlendirilerek Denizli il merkezinin zeminlerinde meydana gelebilecek sınıflama riski dikkate alındığında Denizli il merkezi için kolay sınıflanabilir, potansiyel sınıflanabilir ve sınıflamaya karşı güvenli alanlar belirlenmiştir (Şekil 12). Sınıflamaya karşı güvenlik katsayısı (F_s) eğrilerinde $F_s \leq 1$ kolay sınıflanabilir, $1 < F_s \leq 1.2$ potansiyel sınıflanabilir ve $1.2 < F_s$ sınıflamaya karşı güvenli alanlar olarak tanımlanmıştır (Seed and Idriss, 1982).



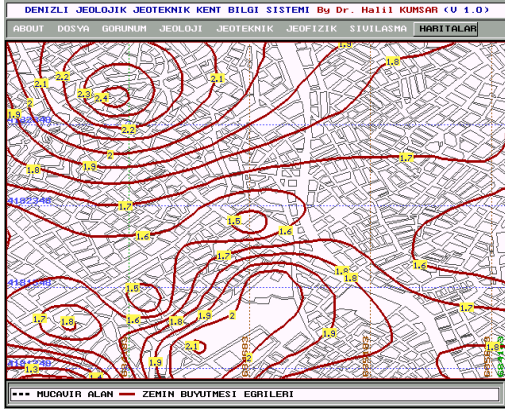
Şekil 12. Sınıflamaya karşı güvenlik katsayısı eğrileri ve imar haritası

Jeofizik ölçümlerden elde edilen zemin hakim periyodu ve zemin büyütmesi eşdeğer eğrileri sırasıyla Şekil 13 ve 14'de verilmiştir.

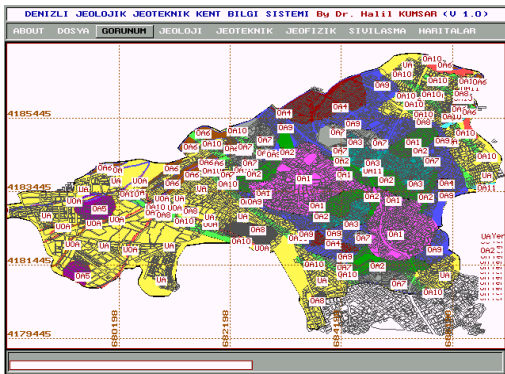
Bütün veriler ışığında tüm verilerden yararlanılarak oluşturulan yerleşime uygunluk haritasında yerleşime uygun, önemli uygun ve uygun olmayan alanlar belirlenebilmektedir (Şekil 15).



Şekil 13. Zemin hakim periyodu eşdeğer eğrileri ve imar haritası.



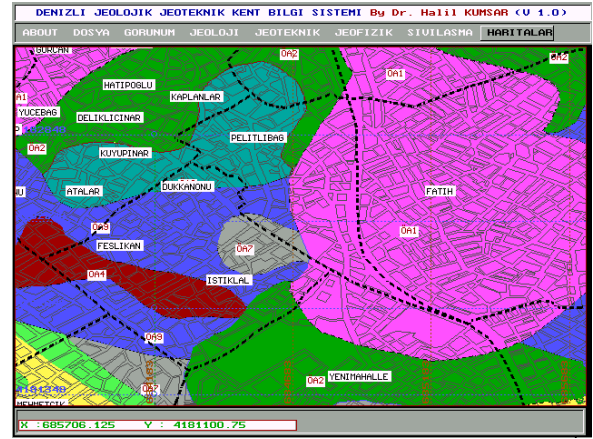
Şekil 14. Zemin büyütmesi eşdeğer eğrileri ve imar haritası.



Şekil 15. Denizli Belediyesi mücavir alanının yerleşime uygunluk ve imar haritaları

Denizli il merkezi için bu çalışma sonucunda 11 ayrı yerleşime önemli uygun, yerleşime uygun olmayan ve yerleşime uygun alanlar belirlenmiş ve mikro bölgelendirme çalışması yapılmıştır. Yerleşime önemli uygun alanlarda jeolojik yapı ve zeminlerin fiziksel ve mekanik özelliklerine göre alınması gereken mühendislik önlemleri de önerilmiştir.

Bu çalışmada üretilen bu veriler ve JEO-KBS bilgi sistemi inceleme alanı içinde ileride inşaatı yapılacak binalar için sorumlu mühendislere ve yerel yönetimlere ışık tutacaktır (Şekil 16).



Şekil 16. Denizli il merkezinin yerleşime uygunluk, mahalle ve imar haritaları

3. SONUÇLAR

Bu çalışmada Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü tarafından yürütülen "Denizli Belediyesi Yerleşim Alanlarının Jeolojik, Jeoteknik ve Hidrojeolojik Özellikleri" adlı araştırma projesi çerçevesinde üretilen verilere ilişkin jeolojik ve jeoteknik kent bilgi sistemi oluşturulmuştur.

Borland C++ programlama dili kullanılarak geliştirilen JEO-KBS sisteminde bir şehrin yerleşimine ve yapılaşmasına temel teşkil eden jeolojik ve jeoteknik bilgilerin sayısal ortamda saklanması için veri tabanı oluşturulmuştur. Bu verilerin hızlı ve doğru bir şekilde değerlendirilmesi geliştirilen JEO-KBS sisteminde sağlanmaktadır.

Kentin herhangi bir yerleşim yerine ait jeolojik ve jeoteknik bilgiler program ekranından bilgisayar faresi (mouse) sol tuşu basılarak hesaplanan koordinat bazında sorgulanmaktadır. Bir kentin gelişimi süresince değişik kuruluşlarca yapılacak jeolojik ve jeoteknik çalışmalarda elde edilen veriler de JEO-KBS sistemi içerisine kolaylıkla

aktarılabilecektir. Artan veri sayısına bağlı olarak jeolojik ve jeoteknik değerlendirmeler sistem içinde tekrar yapılacak ve kentin mikro bölgeleme haritaları sürekli yenilenerek daha detaylı çalışmalar yürütülecek ve uygulamaya aktarılacaktır.

4. KATKI BELİRTME

Bu çalışmanın yürütülmesi için araştırma alt yapısının gelişmesine destek sağlayan Pamukkale Üniversitesi Rektörü sayın Prof. Dr. Hasan Kazdağlı'ya, JEO-KBS sisteminin veri tabanına temel teşkil eden Jeolojik ve Jeoteknik verilerin üretilmesinde önemli katkıları olan Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü öğretim üyeleri ve elemanlarına, imar haritaları sağlayan Denizli Belediyesine yazarlar teşekkür ederler.

5. KAYNAKLAR

Anonim., 2002. PAÜ., “Denizli Belediyesi Yerleşim Alanlarının Jeolojik, Jeoteknik ve Hidrojeolojik Özellikleri” Pamukkale Üniversitesi, Döner Sermaye Projesi, PAÜ., Denizli, 762 s.

Aydan, Ö., Kumsar, H. ve Ulusay, R. 2000a. “GPS Ölçümlerinden Yararlanılarak Batı Anadolu'nun Depremselliğine Bir Yaklaşım”, **Batı Anadolu'nun Depremselliği Sempozyumu**, İzmir, 279-292.

Aydan, Ö., Ulusay, R., Kumsar, H. 2000b. “The Implications of Crustal Strain- Stres Rate Variations Computed From GPS Measurements on the Earthquake Potential of Turkey”, **ICGESA, The Second International Conference on GIS for**

Earth Science Applications, Menemen, Turkey.on CD, 1-15.

Aydan, Ö., Kumsar, H. and Ulusay, R. 2001. “How to Infer the Possible Mechanism and Characteristics of Earthquakes From Striations and Ground Surface Traces of Existing Faults”, **Seismic Fault Induced Failures**, Tokyo, 153-162.

Kumsar, H., Çelik, S. B., Aydan, Ö. 2003. “Some Characteristics of Recent Earthquakes in Western Turkey: Seferihisar (İzmir) and Buldan (Denizli) Earthquakes” **An International Colloquium on the Instrumentation and Monitoring of Landslides and Earthquakes in Japan and Turkey**, Organised by Hisataka Tano, H. Watanabe, Ö. Aydan, November 8, 2003, Koriyama, Japan (In press).

Kumsar, H., Çelik, S. B., Kaya, M. 2003a. “Kentleşmeye Yönelik Mühendislik Jeolojisi Uygulamalarında Jeolojik ve Jeoteknik Bilgi Sistemlerinin Önemi ve Denizli Örneği”, **56. Türkiye Jeoloji Kurultayı**, Bildiriler Kitabı, 14-20 Nisan 2003, Ankara, 248-250.

Kumsar, H., Çelik, S. B., Kaya, M. 2003b. “Kentleşmede Yeni Bir Jeolojik ve Jeoteknik Bilgi Sistemi”, **Süleyman Demirel Üniversitesi 20. Yıl Jeoloji Sempozyumu**, Bildiriler kitabı, 14-16 Mayıs 2003, Isparta, 269-271.

Kumsar, H., Çelik, S. B., Kaya, M., 2003c. “Denizli Merkezi Yerleşim Alanının Jeolojik, Jeoteknik Kent Bilgi Sistemi ve Kentin Gelişimine Olan Katkısı”, **Bilgi Teknolojileri Kongresi II**, Bildiriler kitabı, 01-04 Mayıs 2003 Pamukkale Üniversitesi, Denizli, 94-95.

Seed, H. B. and Idriss, I. M. 1982. “Ground motion and Soil Liquefaction During Earthquakes”, **Earthquake Engineering Research Institute Monography Series**, 134.