

Kocaeli Büyükşehir Belediyesi Sınırlarında Deprem Tehlike ve Riskinin Belirlenmesi

Gökmen MENGÜÇ

Şehir Plancısı / Genel Sekreter Yardımcısı / Kocaeli Büyükşehir Belediyesi

Osman GÜNLER

Mimar / İmar ve Şehircilik Daire Başkanı / Kocaeli Büyükşehir Belediyesi

Mustafa CEVHER

Jeofizik Mühendisi / Zemin ve Deprem İnceleme Müdürü / Kocaeli Büyükşehir Belediyesi



Kocaeli ili deprem üreten önemli bir tektonik kuşak üzerinde yer almaktadır. 17 Ağustos 1999 İzmit Depremini izleyen jeolojik ve jeofizik çalışmalar KAF sisteminin Marmara Denizi içindeki konumu ve deprem üretebilecek aktif parçalarının belirlenmesi üzerine yoğunlaştırılmıştır. Marmara Denizi içindeki KAF'ın 110 km'lik parçasının, büyüklüğü 6.5 veya daha yüksek olan bir deprem üretme olasılığının yüksek olduğu bu araştırmalarla ortaya çıkarılmıştır (Armijo ve diğ., 2002; Le Pichon ve diğ., 2003). Diğer taraftan KAF'ın doğuda Hendek ve Düzce ve güneyde İznik branşlarının da benzer büyüklüklerde deprem üretmesi olasılık dahilindedir. Bu durum Marmara

ra Bölgesinde yer alan bir çok metropol gibi, Kocaeli metropolitan alanı içinde önemli bir sismik tehlike oluşturmaktadır. Bu nedenle sismik tehlikenin boyutlarının, sözkonusu potansiyel depremler oluşmadan önce, sismik mikrobölgeleme esaslarına dayalı olarak belirlenmesi son derece önem kazanmıştır.

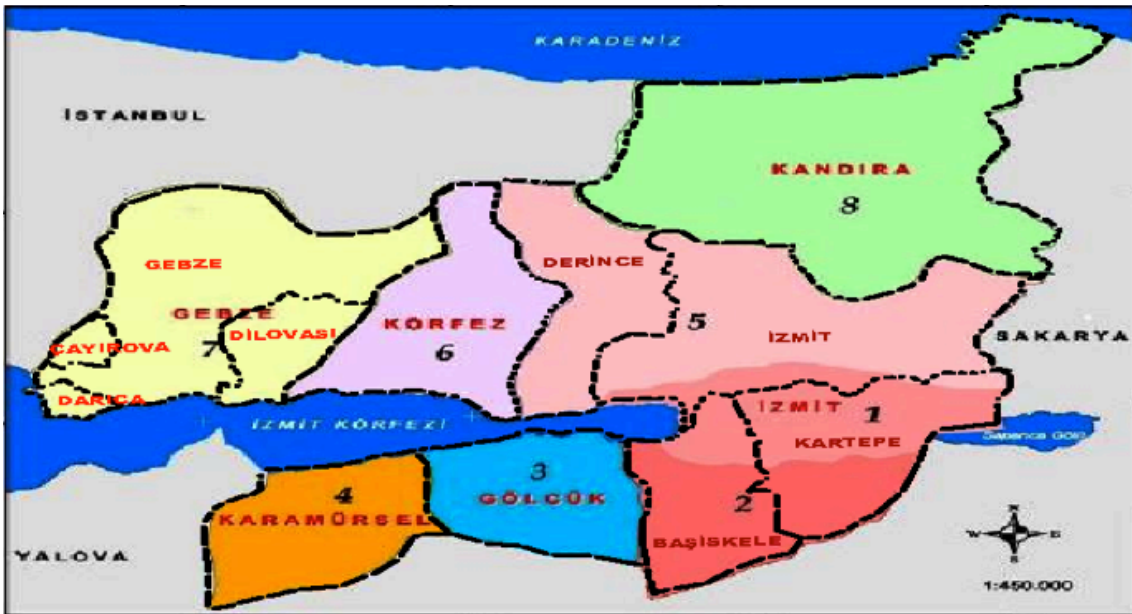
Bu kapsamda Kocaeli ilinin deprem tehlike ve riskini belirlemek Kocaeli ili için zeminin deprem açısından davranışı değerlendirilerek, olası bir depremde ağır hasar alabilecek mevkilerin belirlenmesi sağlıklı imar planları ve şehir planlaması çalışmaları için veri üretilerek, olası bir depremde karşılaşılabilecek can ve mal kayıplarının önüne geçmeye çalış-

maktır. Projenin şehir planlaması yönünden yararı, olası ağır hasar alabilecek mevkilerin yeşil alan olarak, önemli ve yüksek binaların ise daha güvenli zeminlere doğru planlamalarını sağlamak olacaktır. Söz konusu verileri sağlayabilmek için derin yer araştırmaları ile Tabankaya topoğrafyası ve yanal değişimlerinin saptanması, yer içi sismik hız modelinin elde edilmesi ve anakayaya kadar yer alan formasyonların yer mühendislik parametrelerinin elde edilmesine yönelik TÜBİTAK MAM işbirliği ile, Kocaeli ili için bir zemin sınıflaması ve tehlike değerlendirme projesi 2005 -2008 yılları arasında yapılarak tamamlanmıştır. Bu çalışmada, mikrotremör dizin (SPAC) ve sismik kırılma, ana kaya topoğrafyasını belirlemek üzere (372 nokta) gravite ölçümleri ile derin mekanik sondajlar, 422 nokta 3 bileşenli mikrotremör ölçümleri, yerleşim alanlarını kapsayan (60 nokta) yerlerde zeminin S-dalga hız yapısı belirlenmiştir. Jeofizik ölçümlerle elde edilen S- dalgası hız değerleri kullanılarak Avrupa Birliği Standardı (Eurocode 8), Türk Deprem Yönetmeliği (TDY) ve ABD’de yaygın olarak kullanılan NEHRP (National

Earthquake Hazard Reduction Programme)’e göre (V_{s30}) kayma dalga hızına göre yerel zemin sınıflama haritaları yapılmıştır. S-dalga hızına göre belirlenen zemin sınıfları ve ana kaya haritası kullanılarak deterministik (tanımsal) metotlarla senaryo depremler için oluşabilecek en büyük yatay yer ivmesi haritaları CBS ortamında üretilmiştir.

Bu proje ile Türkiye’de ilk defa bir ilin tamamı için geniş kapsamlı ve ölçekli, uluslararası jeofizik ölçüm teknik ve standartlarına dayalı bir sismik tehlike değerlendirme çalışması gerçekleştirilmeye çalışılmıştır. Sismik tehlikenin olası büyük depremlerden önce belirlenmesi, deprem hasarlarının en aza indirilebilmesi için gerekli mühendislik, afet planlama ve yönetim önlemlerinin en doğru ve etkin olarak alınmasını sağlayacaktır. Üç yıllık bir çalışma programı uygulanarak gerçekleştirilen bu projede, aşağıda özetlenen yöntemler uygulanarak çalışmalar başlatılmıştır. Proje çalışmaları şekil 1’de görülen 8 ayrı alt bölgelerde uygulanmıştır.

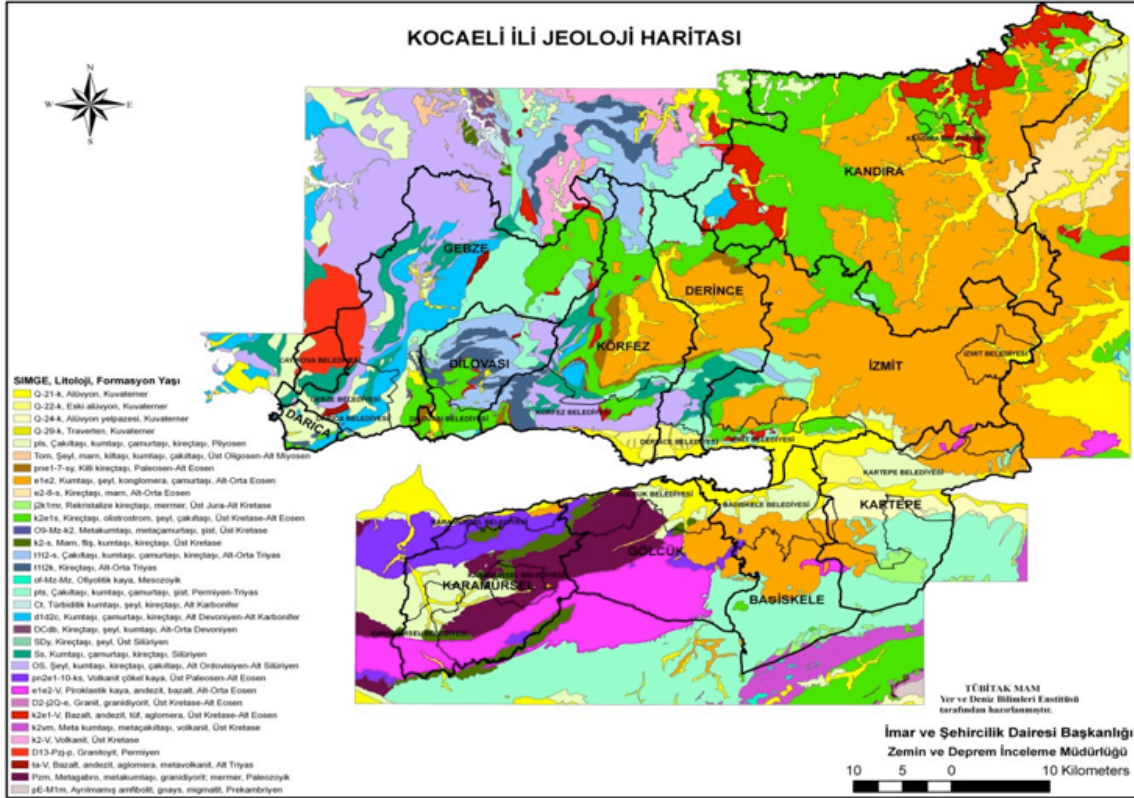
Şekil 1. Kocaeli ili için sismik tehlike değerlendirme çalışmasının gerçekleştirildiği alt bölgeler haritası



1. JEOLJİ

Kocaeli ili jeoloji haritasının sayısal ortamda üretilmesi için MTA'dan 27 adet pafta 1/25,000'lik, 1 adet pafta ise 1/100,000'lik olarak temin edilmiştir. MTA'dan temin edilen orijinal jeoloji veri paftaları, tüm Kocaeli ilini kapsayacak şekilde birleştirildikten sonra CBS'de oluşturma aşamasında, paftalararası uyumsuzluklar, ölçek farkları, hatalı ve eksik öznitelik bilgileri düzeltilmiştir. Hatalı ve gereksiz ayrıntılar indirgenerek genelleştirilmiş, fazlalıklardan arınmış ve tutarlı bir jeolojik veri tabanı oluşturulmuştur. Çalışmada amaçlanan jeolojik veri tabanı ihtiyacını karşılamak için anlamlı ve okunaklı olan şekil 2'deki jeoloji haritası üretilmiştir. Haritadan da görülebileceği gibi İzmit Körfezi'nden Sapanca'ya kadar uzanan İzmit baseni kuvaterner ve pliyosen yaşlı çökeltilerden oluşmakta ve İzmit Baseni'nin kuzey ve güneyine doğru daha yaşlı ve sağlam zeminlere doğru geçiş gözlenmektedir.

Şekil 2. Kocaeli ili genelleştirilmiş jeoloji haritası



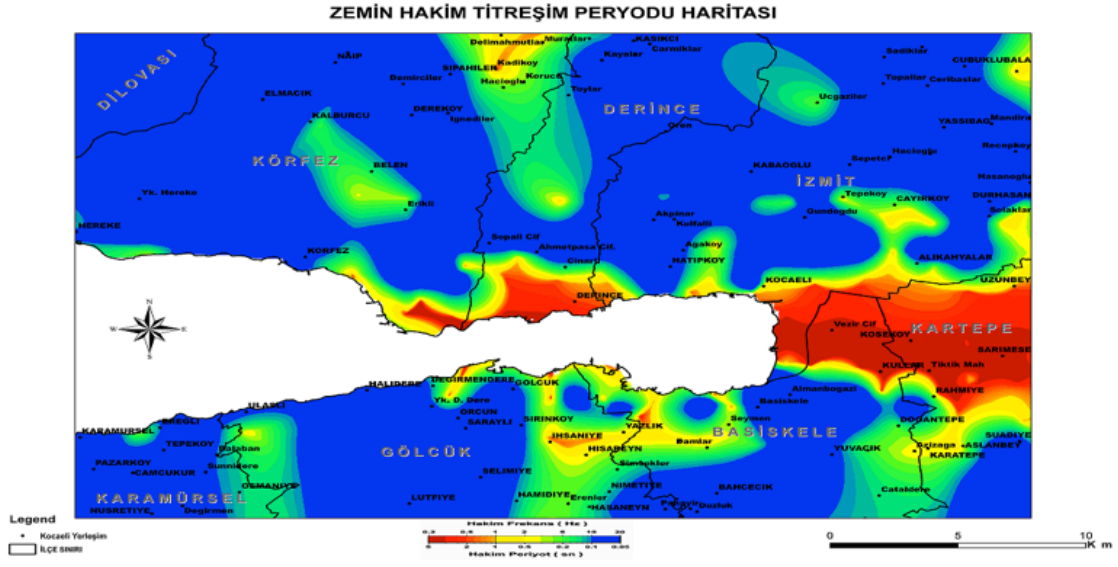
2. JEOFİZİK VERİ ÖLÇÜM VE DEĞERLENDİRMELERİ

Zeminin deprem güvenli yerleşime uygunluğunun sismik macro bölgeleme esaslarına dayalı olarak saptanabilmesi için zemin sınıflaması ve buna bağlı olarak zeminin deprem sırasında dinamik davranışının bölgelendirilerek belirlenmesi, gelecekte olabilecek bir depremin hangi alanı ne düzeyde etkileyebileceği 'sismik tehlike' bilgisini sağlamakta kullanılan en önemli girdilerden biridir. Bu amaca yönelik olarak, yerleşim alanlarını kapsayan 60 ayrı noktada mikrotremör dizin ölçümleri yapılarak, zeminin S-dalgı hız profili en az 30-40 metre derinliğe kadar belirlenmiştir. Sonuç olarak, zemin ve derin yapının göz önüne alındığı senaryo depremlerde oluşabilecek sismik tehlike'nin derecesinin tayini için, en büyük yatay yer ivmesinin hesaplanarak haritalanması deterministik yöntemle yapılmıştır.

2.1. Kocaeli İli Zemin Hakim Peryodu Haritası

Her tür ölçekteki imar planlarında altlık olarak değerlendirilen ve planlarda hangi bölgelerde kaç katlı yapı yapılacağına ilişkin kat yükseklikleri belirlenirken şehir plancıları tarafından karar verilirken kullanılan en önemli parametrelerden birisi olmakla birlikte zemin hakim titreşim periyodu haritası binalarda yıkıma sebep olan rezonans etkisinin saptanmasında da önemli parametrelerden biridir. Bu harita Kocaeli ilimiz için yapılarak Şekil-3'de verilmektedir.

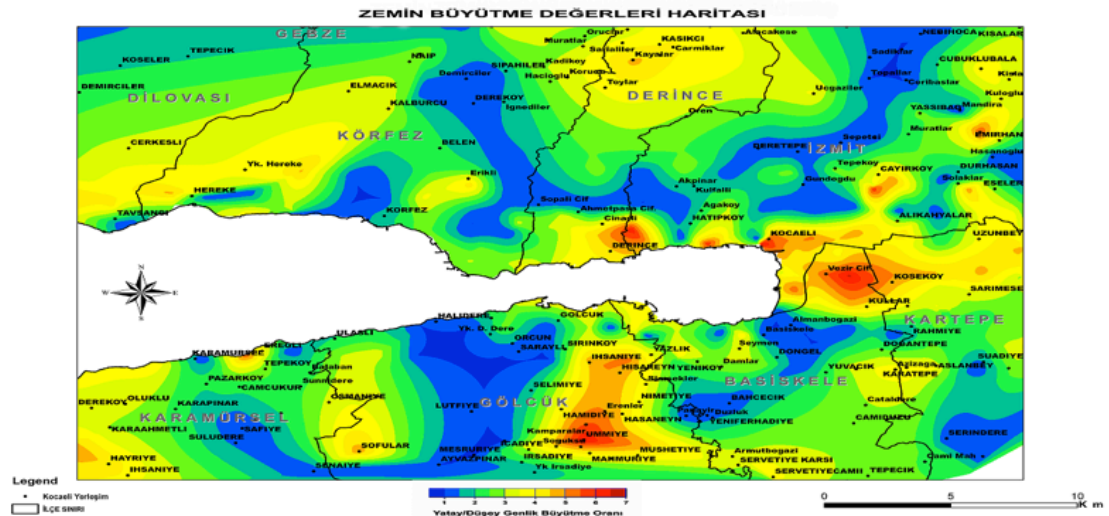
Şekil 3. Zemin hakim titreşim periyodu haritası



2.2. Kocaeli İli Zemin Büyütme Haritası

Her tür ölçekte imar planlarına altlık olarak değerlendirilen zemin büyütme haritaları ile zeminlerin deprem şiddetini hangi ölçüde arttıracığı saptanır. Bu haritalara göre de imar planlarında zemin büyütmesinin yüksek olduğu kısımlar yeşil alan olarak, veya önemli ve yüksek binaların daha güvenli zeminlere yapılması gibi hususlar şehir plancıları tarafından plan kararlarında değerlendirilmesi açısından önemli parametrelerden biridir.

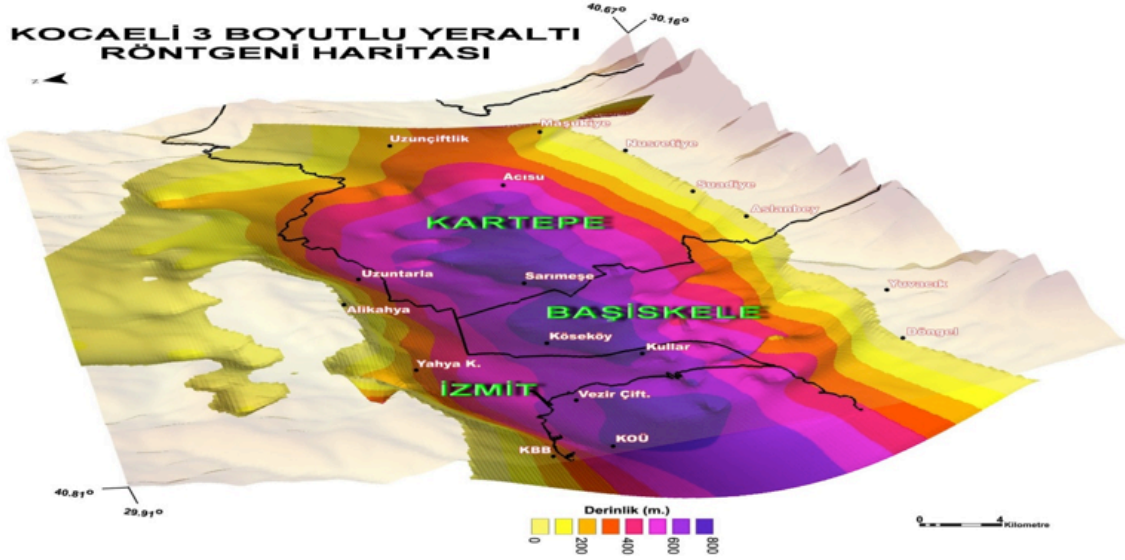
Şekil 4. Zemin büyütme haritası



2.3. Kocaeli İli 3 Boyutlu Yeraltı Derinlik Haritası

Olası İstanbul depremi veya ilimiz kaynaklı depremlerin yaratacağı ağır hasar bölgeleri odaklanma ve rezonans ile Kocaeli ilinin İzmit baseninin derin sediman ana kaya geometrisinin yer ivmesi üzerine etkilerini belirlemek üzere 3 boyutlu anakaya yeraltı derinlik haritası yapılmıştır.

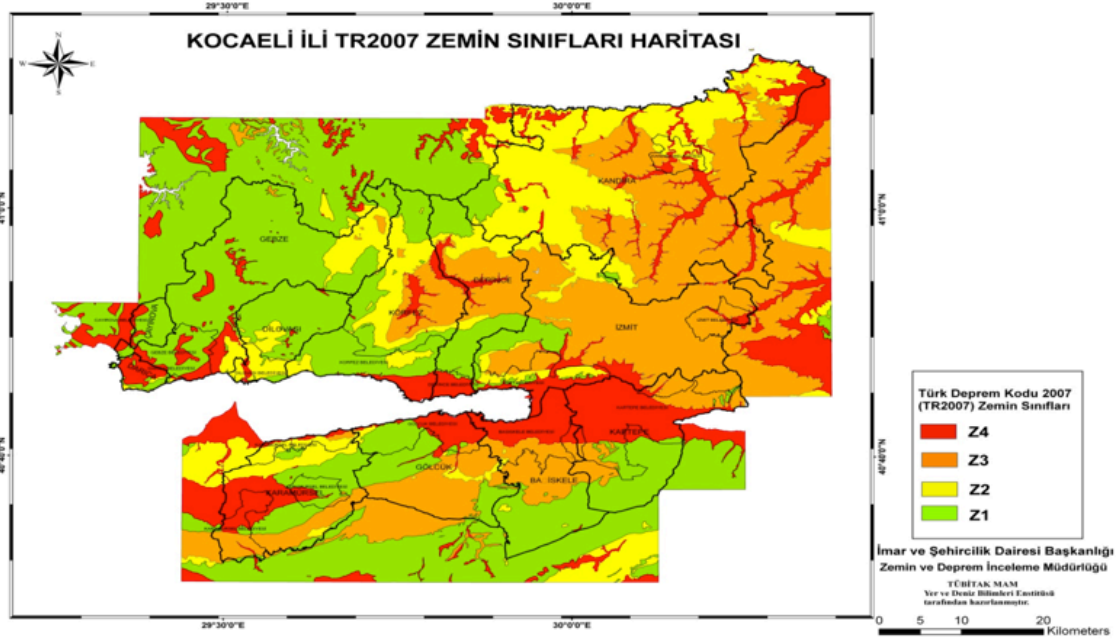
Şekil 5. Kocaeli ili 3 boyutlu yer altı haritası



2.4. Zemin Sınıflama Kriterleri ve Kocaeli İli Zemin Sınıf Haritası

Zemin sınıf bilgisinin oluşturulması için çeşitli sınıflama kriterleri mevcuttur. Bu kriterler ayrıntılarında farklı olup genelde aynı özellikleri içermektedir. Bu kriterlerden birincisi NEHRP (National Earthquake Hazard Reduction Programme) zemin sınıflama kriterleridir. NEHRP, A.B.D'de jeoteknik ve inşaat mühendisliği camiasında kabul görmüş ve yeni yapılan inşaatların sismik dizaynında yaygın olarak kullanılan zemin sınıflama kriterleridir (Wills ve diğ., 2000) NEHRP'e göre zemin sınıfı, S-dalga hızının 30 metre derinliğe kadar olan ortalama hızına (V_{s30}) dayanmaktadır. İkinci bir zemin sınıflama kriteri ise Avrupa Birliği Standardı Eurocode 8 (E8) ile verilmektedir. Eurocode 8 kriterlerinde zeminler NEHRP'e benzer şekilde V_{s30} ortalama değerlerine göre sınıflandırılmaktadır. Üçüncü ve son olarak T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Deprem Yönetmeliğinde tanımlanan (TR) 2007 Türk Deprem Yönetmeliği'ne bağlı Türk Standartları Enstitüsü'nce yayınlanan TSE standardı TS EN 1998-1 aralık 2005'e göre zemin sınıflama kriterleri kullanılmıştır. Bu üç farklı kritere göre zemin sınıflaması ve haritaları makro ölçekte Kocaeli ili için yapılmıştır. Türk Deprem Yönetmeliği'ne göre V_{s30} ortalama hızına dayalı zemin sınıflama haritası Şekil 6'da verilmektedir.

Şekil 6. Kocaeli ili Türk deprem yönetmeliği zemin sınıflama haritası



3. SİSMİK TEHLİKE DEĞERLENDİRME ÇALIŞMALARI

Kocaeli ili için deprem riski ve bununla ilişkili sismik tehlike'nin değerlendirilerek belirlenmesi için bölgeye yakın yerel ve bölgesel aktif tektonik faylar ve bu fayların uzunlukları ile orantılı olarak üretebileceği en yüksek moment büyüklükleri belirlenmiştir. Bu belirlemelerde MTA tarafından yayımlanan Türkiye Diri Fay Haritası (Şaroğlu ve diğ. 2002) ve TÜBİTAK MAM YDBE Marmara Bölgesi sismolojik gözlem açısından elde edilen depremsellik haritaları (Özalaybey ve diğ., 2002) altlık olarak kullanılmıştır. Bu faylar Şekil 7'de verilen haritada görülmektedir. Altı farklı aktif fayın bulunduğu bu haritada yer alan faylar arasında moment büyüklüğü ($M_w=8.4$) en yüksek olan ana Marmara fayıdır. İlimiz için yer ivmesinin uzaklıkla sönüm ilişkisi saptanarak diğer fayların üreteceği depremlerin büyüklükleri 7.2 ile 7.4 arasında belirlenmiştir. (Şekil 7)

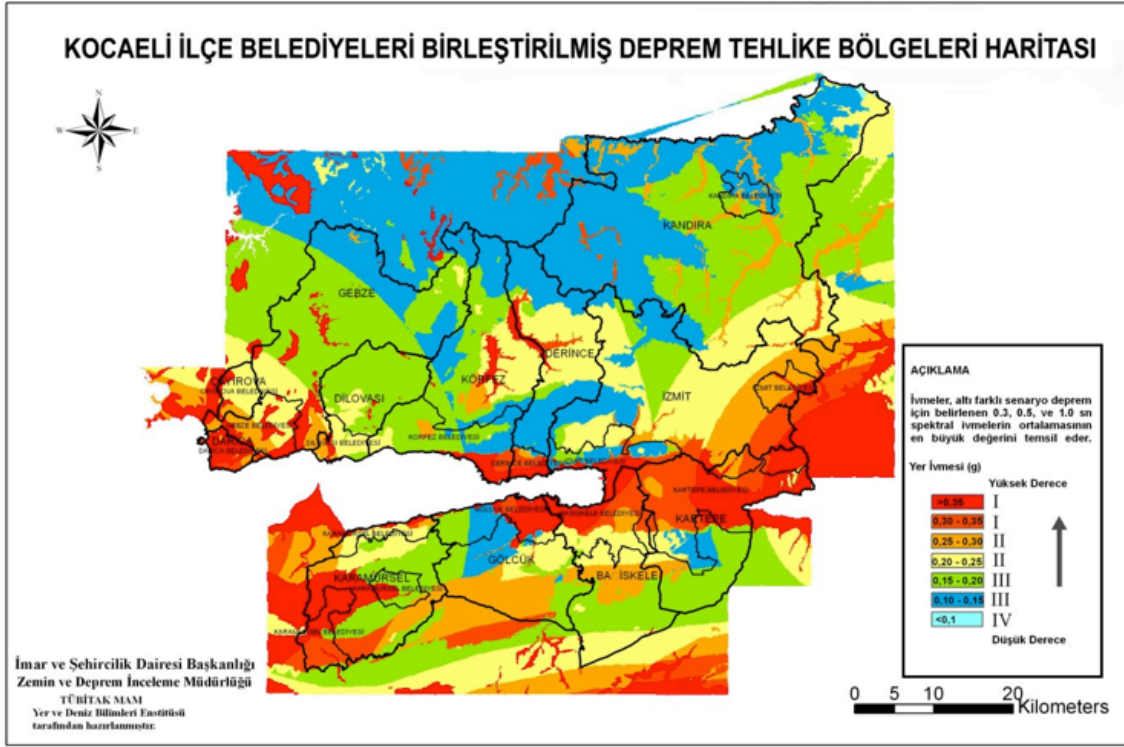
Şekil 7. Kocaeli ili için yerel ve bölgesel ölçekte aktif fay haritası



3.1. Kocaeli İli Deprem Tehlike Haritası

Kocaeli ili için yerel ve bölgesel ölçekte sismik tehlike haritaları Şekil 7’de görülen altı farklı fay için deprem senaryosu oluşturularak kestirilmiştir. Bu hesaplamalarda zemin sınıflaması çalışmalarında oluşturulan Vs30, Mikrotremör Dizin (SPAC ve FK) ve gravite çalışmalarından elde edilen üç-boyutlu sediman-ana kaya derinliği haritaları kullanılmıştır. Bu şekilde yerel zemin koşulları (Vs30) ve İzmit Baseninin derin sediman-ana kaya geometrisinin yer ivmesi üzerine etkileri sismik tehlike haritalarına doğrudan yansıtılmıştır. Bu haritanın oluşturulmasında ivmeler derecelendirilerek tehlike bölgeleri belirlenmiştir. Bu belirlemelerde 0.3g ve daha yüksek ivme değerleri I. derece, 0.2 ve 0.3g arasındaki değerler II. derece, 0.1 ve 0.2g arasındaki değerler III. derece ve 0.1g’den düşük değerler ise IV. derece tehlike bölgesi olarak belirlenmiştir. (şekil 8)

Şekil 8. Kocaeli ilçe belediyeleri birleştirilmiş deprem tehlike bölgeleri haritası



3.2. Projeden Sağlanan Faydalar

- Proje Kocaeli Büyükşehir Belediye sınırlarının tamamını kapsamaktadır.
- Türkiye’de ilk defa proje kapsamında bir ilin tamamı için makro ölçekte bir zemin sınıflama ve sismik tehlike değerlendirme çalışması gerçekleştirilmiştir.
- Kocaeli Büyükşehir Belediyesi sınırlarının tamamında deprem riski ve tehlikesi belirlenmiştir.
- Olası İstanbul depremi ve bölgemizi etkileyecek depremlerin etkileyeceği yerler tespit edilmiştir.
- Büyük sanayi kuruluşları, barajlar, elektrik santralleri ve yerleşim alanları için uzun dönemli deprem riski belirlenerek söz konusu kuruluşlara deprem risk planlarını yapmaları için altlık veri sağlanmıştır.

- Olası İstanbul depremi veya ilimiz ve çevresinde meydana gelecek depremlerden etkilenecek potansiyel ağır hasar mevkileri önceden saptandığından bu mevkilerdeki mühendislik yapılarının iyileştirme ve güçlendirilmesine öncelik verilerek gerekli önlemler alınacaktır.
- Sağlıklı imar planları, şehir planlaması çalışmaları, güvenli yapılaşma yerleri ve gelecekteki yerleşim alanlarının belirlenmesine yönelik altlık veri sağlanmıştır.
- Potansiyel ağır hasar mevkileri önceden belirlendiğinden deprem tehlikesi azaltma çalışmalarındaki büyük maliyetler aşağı çekilecektir.
- Kocaeli Büyükşehir Belediyesince kurulmuş olan KAFKOM' (Kocaeli Afet Koordinasyon Merkezi) bölgede acil eylem planlarının yapılmasına katkı sağlamak üzere altlık veri sağlamıştır.
- Kocaeli Büyükşehir Belediyesi tarafından yaptırılacak Kocaeli ili deprem master planına altlık veri sağlanmıştır.
- Proje kapsamında coğrafi bilgi sistemi kurulmuştur.
- Proje kapsamında Kocaeli Büyükşehir Belediyesince internet sitesinde her vatandaşımızın mahalle sokağına kadar evinin zemin depremsellik özellikleri internet ortamında görülebilmeye yönelik altlık veri oluşturulmuştur.

Kaynaklar

1. Kocaeli Büyükşehir Belediyesi Ekim-2008 Tübitak yer ve Deniz Bilimleri Enstitüsü Kocaeli ili zemin sınıflaması ve değerlendirilmesi proje raporu, Kocaeli

