

# İstanbul'da Olası Depreme Hazırlık Deprem Senaryoları

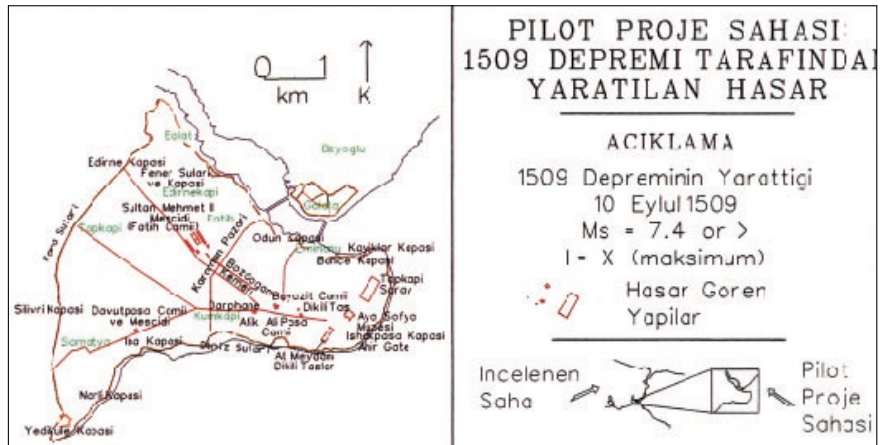
Kentlerde meydana gelebilecek deprem zararlarını azaltmanın iki temel koşulu; yeni yapılacak yapıların mevcut deprem riskini arttırmamasını sağlamak ve mevcut deprem riskinin azaltılması yönünde önlemler almaktır. Bu koşullardan ilkinin uygulanması için deprem etkilerini göz önüne alacak biçimde düzenlenmiş arazi kullanım planlarının yapılması ve tüm yapı ve şebekelerin depreme dayanıklı bir biçimde projelendirilerek kurulması gerekir. İkinci koşulun sağlanması için ise deprem direnci zayıf yapı ve şebekelerin güçlendirilmesi ve acil durum plan ve programlarının hazırlanarak uygulamaya konması gerekir. Mevcut yapı ve şebekelerin güçlendirilmesi konusunda öncelik sosyo-ekonomik yaşamın devamı için depremin ardından ayakta kalması gerekli haberleşme, ulaşım, asayiş ve sağlık gibi fonksiyonlara verilmelidir. Bu öncelik ve gerekliliklerin rasyonel bir biçimde belirlenmesi de ancak deprem hasar senaryolarıyla sağlanabilir.



**T**ÜRKİYE'de afet zararlarının azaltılması programlarının görece olarak uzun bir tarihsel geçmişi vardır. İyi belgelenmiş bir tarihsel örnek, 14 Eylül 1509 depreminden sonra İstanbul'da yeniden inşa çabalarına ilişkindir. Depremden sonra Osmanlı yöneticileri, acil durum ilan etmiş ve yeniden inşa için her haneden bir erkek işgücü katılımını zorunlu kılmış, imparatorluğun diğer yerlerinden 40 000 yapıcı getirtmiş ve etkilenen her haneye para yardımı sağlamış, böylelikle İstanbul'un 6 ay içinde baştan başa yeniden inşasını sağlamıştı. Yönetim aynı zamanda taş kâgir inşaatı yasaklamış, yalnızca ahşap çerçeve inşaata izin vermişti ki bu, taş kâgir yapılarda görülen yüksek hasar ve can kaybından etkilen-

miş bir karardı. Daha sonraki yıllarda, İstanbul'da birkaç yangın afeti yaşandıktan sonra bu yasak tam tersine döndürülmüştü. Birinci Dünya Savaşı'ndan sonra 1940'ların başlarına kadar, deprem sonrası yardım Türkiye Kızılay Derneği tarafından,

genellikle kısa vadede ilkyardım, barınma ve yiyecek yardımı ve uzun vadede yeniden inşa ve iyileştirme için parasal yardım biçiminde sağlanmıştı. 1939-1944 döneminde yaşanan depremler felaketi dizisi, "Deprem Öncesi ve Sonrası Önlemlere İlişkin





*Bir mikrobölgeleme örneği olarak, İstanbul'un merkezine, eski kent duvarları içindeki alana odaklanabiliriz. 1894 depremi hasar bölgeleme haritaları için bir ön çalışma sunulmuştur. Haritada, siyah noktalar ağır ilâ tümünden hasarlı önemli yapıları, daire içine alınmış alanlar ise genel hasar bölgelerini göstermektedir. 1894 depreminde hasarın büyük kısmı Fatih- Beyazıt sırtında olmuş ve Eminönü'nde eğim kaymaları gözlenmiştir. "Gevşek dolgu sınıfı zemin özelliği yüzünden Kapalı Çarşı ağır hasar görmüştür.*

Yasa'nın 1944 yılında yürürlüğe girmesini hızlandırmıştı.

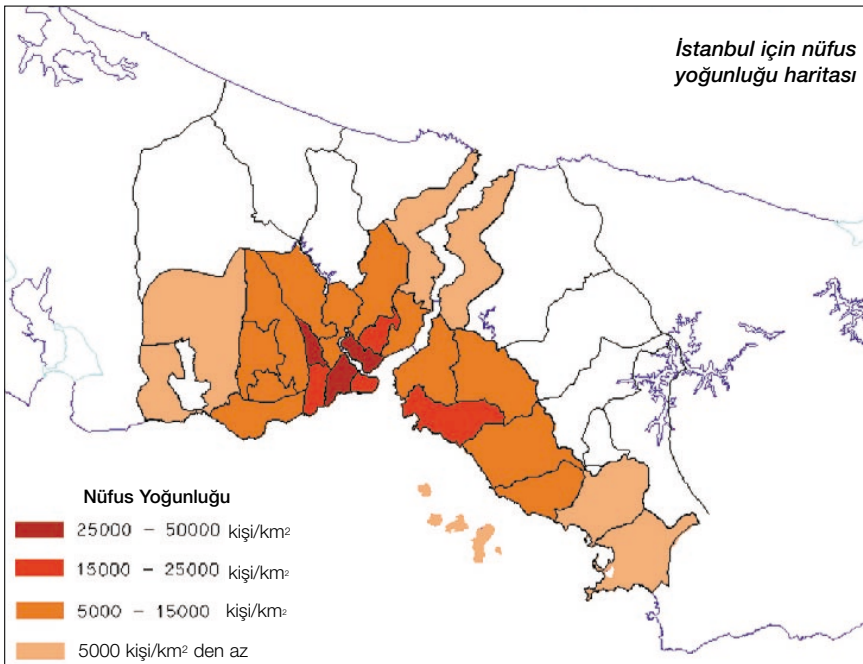
Ülkenin hızla gelişmesi ve yüksek kentleşme oranı, 1956'da "Bayındırlık Yasası" (Kentleşme) ve 1959'da "Doğal Afetler Yasası" için (Kanun No. 7269-1051: Umumi Hayata Müessir Afetler Dolayısıyla Alınacak Tedbirlerle Yapılacak Yardımlara Dair Kanun. Kabul Tarihi: 25 Mayıs 1959. Değişiklik 17 Temmuz 1968) zemin hazırlamıştı. Bu ikinci yasa, daha önceki 1944 yarasını, gerek tehlikelerin kapsamı gerekse afet yardımı konularında genişletmiştir. Yasa afet sonrası yerleşmeler de dahil ol-

mak üzere, yardım ve iyileştirme için hükümet desteğinin türünü belirler ve bu desteği karşılamak için bir "Afet Fonu" kurar. Bu fon için ayrılan kaynaklar şimdilik genel bütçeden ödemeleri, devlet yatırımlarının yıllık kârının %3'ünü, deprem sonrası konutların ipotek ödemelerini, ve devlet tekelindeki mallara getirilen vergiyi içermektedir. Bu yasa aynı zamanda da "Doğal Afet Merkez Eşgüdüm Komitesi"nin oluşturulmasını hükme bağlar. Kentsel fiziksel planlama hakkındaki mevzuat, afetin hafifletilmesine ilişkin diğer önemli mevzuattır. Kasım 1985 tarihli İmar

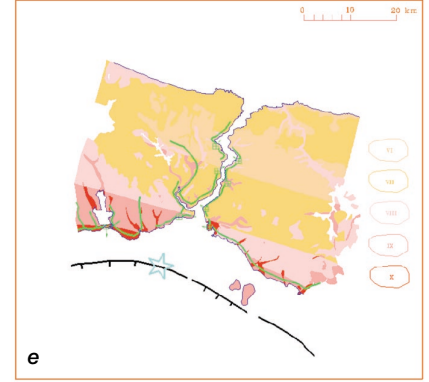
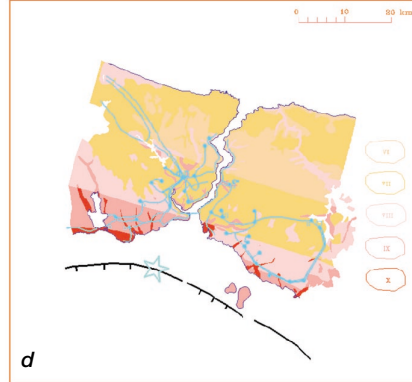
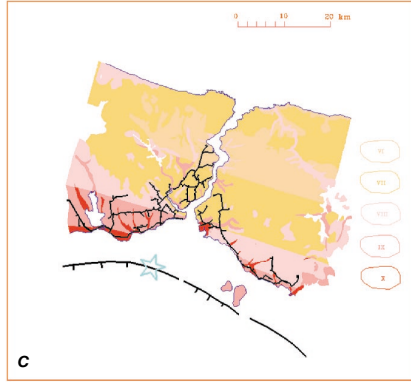
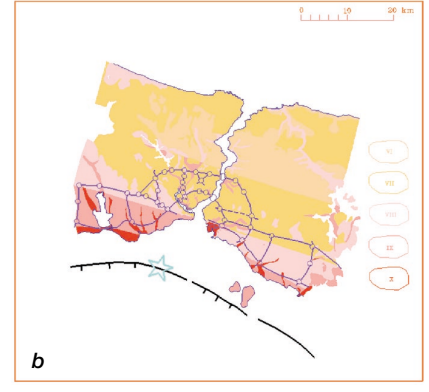
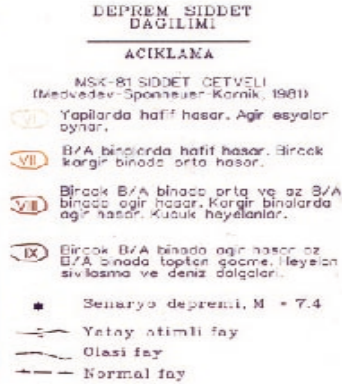
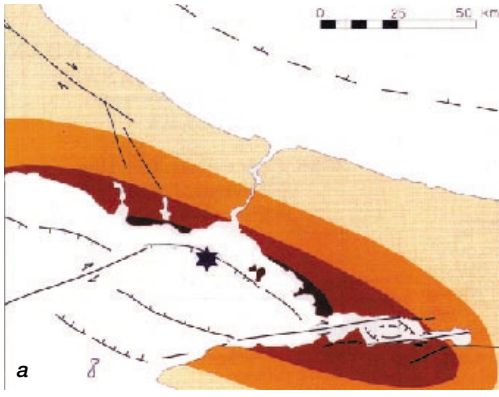
Yarası ve ekindeki yönetmeliklerse Türkiye'de fiziksel planlama üzerine en önemli mevzuattır.

Türkiye'de, insanların, binaların, altyapının ve sosyo-ekonomik etkinliklerin yoğunlaştığı kentsel alanlarda, doğal ve insan eliyle ortaya çıkan tehlikeler, insanların ve faaliyetlerinin daha dağınık olduğu durumda olacağından, daha fazla fiziksel hasar ve can kaybına yol açabilir. Ülkemizde, kentsel alanlarda hasargörebilirliği ve kirlenmeyi azaltmak için yasalar ve yönetmelikler çıkarılmıştır. Ancak, kentsel alanlardaki nüfus artışı, kısmen de olsa, güvenli olmayan arazi üzerinde güvenli olmayan binalarla kurulmuş düzensiz yerleşmelere neden olmuştur. Dahası, endüstriyel gelişimi ve bununla ilişkili iş olanaklarını cesaretlendirmek için geçmişte kirlilik denetimleri gereğince yapılmıyordu ve uygunsuzluk saptandığında uygulanan cezai yaptırımlar da hafifti. Bundan dolayı artan fiziksel hasargörebilirlik ve çevresel bozulma afet riskinde artışlara önemli katkıda bulunmaktadır.

Nüfus ve endüstri şiddetli depremlere yatkın bir bölgede yoğunlaşmışsa, tek bir deprem bile afeti ulusal teknik ve ekonomik olanakların önemli bir kısmını yok edebilir. Türkiye'nin endüstriyel ve sosyo-ekonomik etkinliklerinin büyük kısmının yerleşik olduğu İstanbul ile Adapazarı arasındaki kıyı bandı, ne







a) Senaryo depreminin bölgede sert zeminlerde yaratması beklenen deprem şiddeti. b) İstanbul otoyol şebekesi ana hatları senaryo depremi şiddet dağılımı haritası üzerinde gösterilmiştir. c) İstanbul doğal gaz şebekesi ana hatları senaryo depremi şiddet dağılımı haritası üzerinde gösterilmiştir. d) İstanbul'da şehir suyu şebekesinin ana hatları senaryo depremi şiddet dağılımı haritası üzerinde gösterilmiştir. e) İstanbul'da atık su şebekesinin ana hatları senaryo depremi şiddet dağılımı haritası üzerinde gösterilmiştir.

yazık ki, böylesi bir bölge olmaya adaydır.

Kentsel alanlarda birleşik bir olgu olarak çevresel bozulma ve afette hasargörebilirlikle başa çıkılması güçtür. Kentsel alanlarda afette hasargörebilirlik, artan nüfus yoğunluğu, uygun olmayan teknoloji ile yetersiz altyapının bir sonucu olarak artar. Bir doğal afetin herhangi bir kentsel alan üzerindeki etkisi de büyüklük, nüfus, fiziksel hasargörebilirlik ve çevresel bozulma derecesinin bir işlevi olarak artar.

## Deprem Senaryoları Mikrobölgelendirme Hasargörebilirlik

Kentsel bölgelerde meydana gelebilecek büyük depremlerin neden olacağı yapı alt yapı ve sistem hasarlarını; heyelanları, zemin göçmenlerini ve sıvılaşmaları; can kayıplarını ve yaralanmaları; deprem sonrası patlama, yangın ve su baskınlarını, bunun yanında diğer sosyo-ekonomik kayıpları nitelik ve nicelik açısından önceden

belirleyen çalışmalar, deprem senaryoları olarak adlandırılır. Kentsel bölgelerde deprem öncesi hazırlıkların ve afet plan ve programlarının yapılmasından, depreme karşı güçlendirilmesi gereken yapı ve sistemlerin öncelik sıralarıyla belirlenmesine, deprem sonrası için gerekli acil yardım, kurtarma ve enkaz kaldırma hizmetlerinin düzenlenmesi ve geçici iskân planlarının yapılmasına olanak sağlayacak bilgiler bu senaryolar yardımıyla elde edilir. Depremsellik-Mikrobölgelendirme çalışmaları ve Hasargörebilirlik belirlemelriyse, Dünyada yaygın olarak geliştirilen bu tür senaryoların iki önemli bileşenini oluşturur.

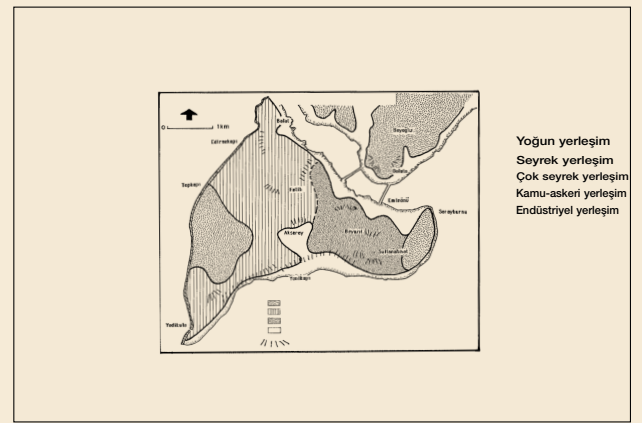
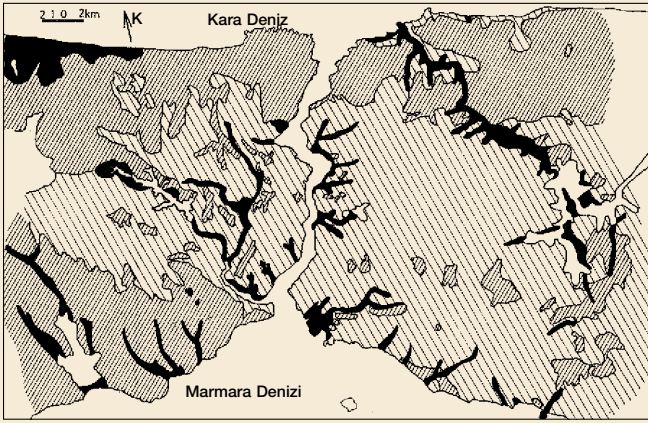
Deprem hasar senaryoları birincil ve ikincil deprem tehlikeleri (mikrobölgelendirme bilgileri) ile hasargörebilirliklerin akıllı bir birleşimine dayanır. Risk, deprem yönetimi bağlamında, bir tehlikenin meydana gelmesi sonucunda oluşabilecek kayıplar olarak tanımlanabilir. Kentsel alanlarda nüfus, yapılar, kamusal hizmetler, sistemler ve sosyo-ekonomik etkinlikler "Risk Altındaki Elemanlar"ı oluşturur. Risk kavramı, herhangi bir coğrafi

alanda belirli bir zaman diliminde belirli bir tehlike kaynaklı olarak alındığında, beklenen kayıp düzeyleri anlamına gelir. Örneğin, herhangi bir bölgede ve herhangi bir zaman dilimi içinde deprem kaynaklı olarak beklenen can kayıplarını hesaplamak için: O bölge için deprem şiddeti tekrar dönemi; o bölgede bina türlerinin dağılımı; her bina türünün hasargörebilirlik oranı; her bina türü için her hasar derecesinde beklenen can kayıplarının birleştirilmesi gerekir. Risk, tehlike, hasargörebilirlik ve risk altındaki elemanların bir karışımı olarak saptanır. Bu bileşkelere herhangi birindeki bir değişiklik, riski doğrudan etkiler.

## Mikrobölgelendirme

Binalar, diğer mühendislik yapı ve sistemlerinin yer seçimi ve depreme dayanıklı olarak projelendirilmelerine yönelik bilgi ve parametreleri sağlayan deprem mikrobölgelendirme haritaları, deprem hasarı senaryolarının hazırlanması yanında kentsel arazi kullanım planlarının da temelini oluştururlar. Yerleşim ve sanayi bölgele-





*Istanbul'un, jeolojik özellikler kaynaklı, beklenen şiddet değişikliklerini gösterir ölçeğinde hazırlanmış microzonation haritası. Siyah bölgeler 1,5 - 2 birim arasında şiddet artışlarına karşılık gelir. Koyu taranmış alanlar 0,5 - 1 birim arasında şiddet artışlarına karşılık gelir. Açık taranmış alanlar şiddet artışı beklenmeyen sağlam kaya bölgelere karşılık gelir (solda). İstanbul için şematik arazi kullanımı haritası (sağda).*

Beşiktaş, Üsküdar ve Ümraniye bölgelerinde bu oranın %22, daha kuzeyde yer alan Kağıthane, Sarıyer ve Beykoz'da ise %9 olarak gerçekleşmesi beklenebilir.

#### Can Kaybı ve Yaralanmalar

Istanbul'daki nüfus yoğunluğu dağılımı göz önüne alınırsa şehir nüfusunun yaklaşık yarısının senaryo depremi sonunda açıkta kalacağı anlaşılabilir. İstanbul'da deprem senaryosu için yapılacak can kaybı ve yaralanma tahminlerinin yıkılan bina sayılarına, bina kullanım zamanlarına ve acil yardım-kurtarma olanaklarına göre yapılması gerekir. Ancak bu bilgilerin veri eksikliği nedeni ile derlenememiş olması bizleri büyük yanılğı paylarını içeren kaba tahminlere yönlendirmektedir. Bu durumda İstanbul'un Avcılar, Küçükçekmece, Bakırköy, Bağcılar, Bahçelievler, Zeytinburnu, Fatih, Kadıköy, Maltepe, Kartal ve Pendik semtlerini içeren bölgede ve adalarda can kaybı oranı ortalama %0,6 olacağı tahmin edilmektedir. Bayrampaşa, Eyüp, Beyoğlu, Beşiktaş, Üsküdar ve Ümraniye bölgelerinde bu oranın %0,2, daha kuzeyde yer alan Kağıthane, Sarıyer ve Beykoz'da ise %0,3 olarak gerçekleşmesi beklenebilir. İstanbul'daki nüfus yoğunluğu dağılımı göz önüne alınırsa şehir nüfusunun ortalama %0,4'ünün senaryo depremi sonunda yaşamını yitireceği ve ortalama %1,6'sının hastaneye sevkı gerekecek biçimde yaralanacağı anlaşılabilir. Bu oranların çok büyük hata payları içerdiğine ve gerçek sonuçlarının beklenenden daha fazla ve-

ya daha az olabileceğine dikkat edilmelidir.

#### Köprü ve Yol Hasarları

E5 Otoyolundaki viyadük, alt ve üst geçitlerde %5-%20 oranlarında hasar beklenmektedir. E5 Otoyolunun büyük bir olasılıkla senaryo depremi sonrasında ulaşım kapanacaktır. TEM Otoyolu viyadük, alt ve üst geçitlerde %2-%10 oranlarında hasar oluşması beklenebilir. Bu hasar düzeyleri TEM Otoyolu'nu geçici olarak devre dışı bırakabilir. Mevcut bulgular senaryo depremi sonunda her iki otoyolda da ulaşım kesileceğini göstermektedir.

#### Doğal Gaz, İçme Suyu ve Atık Su Şebekeleri

Istanbul'da kurulu bir içme suyu, atık ve su ve doğal gaz şebekesini önemli bir kısmı senaryo depremi sonunda hasara uğrayacaktır. İstanbul'un güney bölgelerinde, doğal gaz şebekesinde her bir kilometre boru hattı başına 2 hasar noktası (kırılma) beklenebilir. İçme suyu ve atık su şebekeleri için bu değerler sırasıyla 4 ve 8 olarak alınabilir. İstanbul'un güney kıyılarında yer alan içme suyu pompa ve depolama tesisleri ile atık su ön arıtma tesislerinin senaryo depremi sonucunda hasar göreceği ve devre dışı kalacağı beklenebilir. İçme suyu şebekesinin önemli bir elemanı olan Alibeyköy Barajı'nın depremde hasar görmesi ve Haliç bölgesinde ani su baskınlarının oluşması muhtemeldir.

Senaryo depremi sonucunda İstanbul'da doğal gaz, içme suyu ve atık

su şebekelerinin büyük ölçüde faaliyet dışı kalması beklenmektedir.

#### Elektrik Şebekesi

Istanbul'un güneyinde yer alan bölgelerdeki elektrik dağıtım ve trafo merkezlerinde %30 mertebelerinde bir hasar oranı gözlenmesi beklenmektedir. Yapılan çalışmalar Ambarlı Termik Santral'i'nin senaryo depremi sonrasında hasar göreceğini ve devre dışı kalacağını göstermektedir. Senaryo depremi sonrasında İstanbul'da uzun bir süre elektrik enerjisi kesintisinin olacağı kabul edilmelidir.

#### Dolaylı Kayıplar

Dolaylı ekonomik kayıplar, depremde hasar gören endüstriyel ve ticari tesislerin kullanılmamasından kaynaklanır. Hasarlı tesisteki üretim ve/veya satış kaybı; Diğer hasar görmüş iş yerlerinden malzeme temin edememekten dolayı firmaların üretim ve/veya satış kaybı; Alt yapıda oluşan hasardan dolayı imalat ve/veya satış kaybı; Vergi ödemelerinden ve artan işsizlik tazminatlarının sebep olduğu kayıplar. Bu tür dolaylı kayıpların tutarının direkt fiziki kayıpların birkaç katına ulaşması mümkündür. İstanbul'da, senaryo depremi sonrasında oluşacak fiziki ve sosyo-ekonomik kayıpların ve normal yaşama dönüşebilmesi için gerekli rehabilitasyonun Türkiye'nin kalkınma çizgisini ve ekonomisini tehdit eden boyutlarda olabileceği konusu göz önünde tutulmalıdır.

Mustafa Erdik  
Prof. Dr., Boğaziçi Üniversitesi Deprem Mühendisliği Bölümü