

TMMOB JEOLJİ MÜHENDİSLERİ ODASI

FAY ÜZERİNDE YAŞAYAN İLLERİMİZ: MUĞLA RAPORU-14

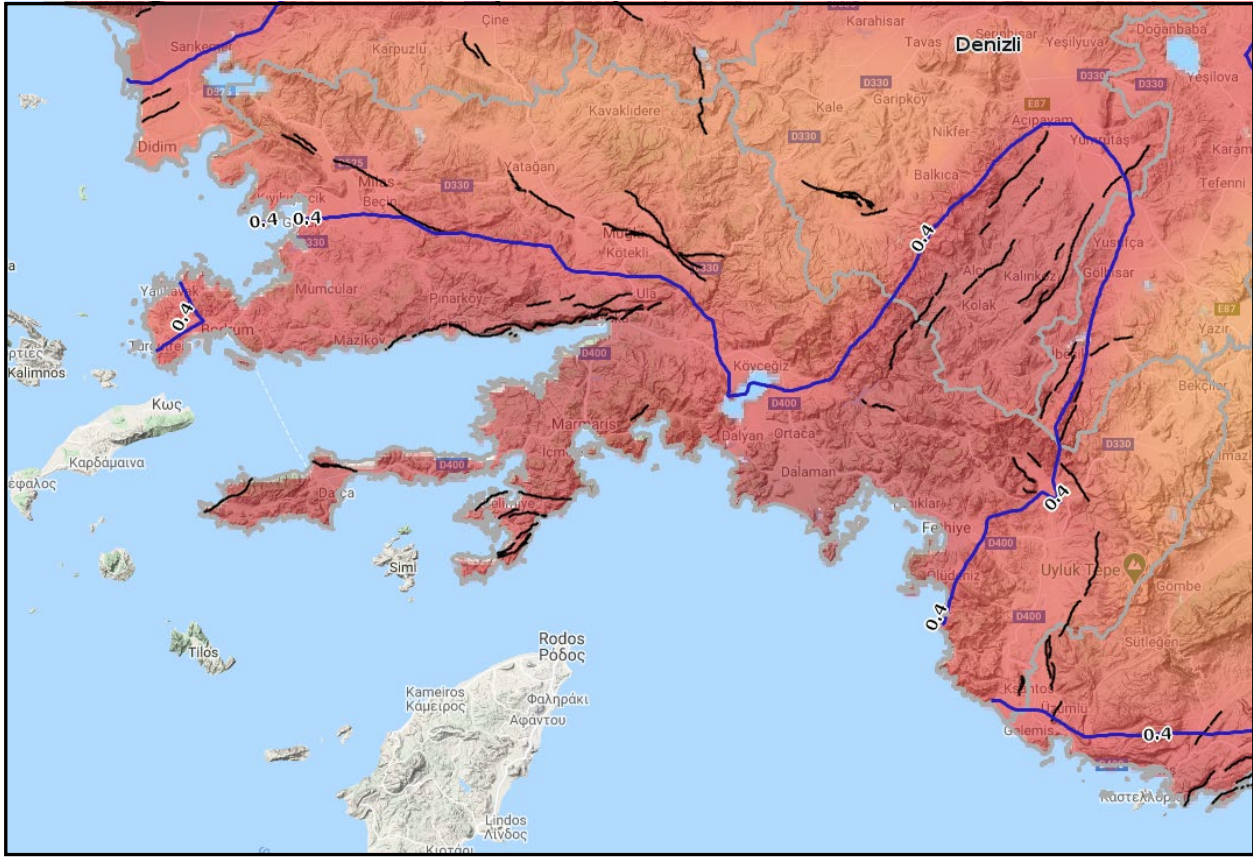
**GİRİŞ**

Deprem ülkemizin bir gerçeği. Anadolu toprakları milyonlarca yıldır depremlerle sarsılmış olup gelecekte de sarsılacaktır. Günümüzün gelişen teknolojisi ve uydu verileri ile atmosfer kaynaklı afetleri büyük doğrulukla önceden bilmek artık mümkün hale gelmiştir. Ancak depremleri önceden bilecek bir teknoloji henüz mevcut değildir. Bu nedenle tüm Dünya’da kabul edilen yaklaşım deprem olacağı tahmin edilen yerlerde depremin vereceği hasarı en aza indirmek için gerekli çalışmaların yapılmasıdır. Sorun depremler değil depremlerin verdiği zararların nasıl azaltılabileceğidir.

Deprem farklı şekillerde hasar verebilmektedir. Bunlardan en önemlisi ve en yaygın olanı yer sarsıntısıdır. Deprem büyüklüğü, yakınlığı ve şiddeti arttıkça yarattığı sarsıntı ve buna bağlı olarak hasar da artıyor. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) tarafından yayınlanan ve 2019 yılında yürürlüğe giren Türkiye Deprem Tehlike Haritası (TDTH) depremin bir bölgede yaratabileceği şiddeti farklı olasılıklar için göstermektedir. 2019 yılı başından itibaren yürürlüğe giren Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği ise TDTH da gösterilen deprem sarsıntısı ile baş edebilecek yapılaşmanın kurallarını açıkça tanımlamaktadır. Bu iki unsur dikkate alınarak ve bu kurallara uyularak inşa edilen binaların olası bir depremi can kaybına neden olmadan atlatması mümkündür. Muğla ilimizin deprem tehlike haritası Şekil 1 de verilmiştir. Haritadaki mavi çizgi önümüzdeki 50 yıl içerisinde gerçekleşme olasılığı %10 dan fazla bir depremde Muğla topraklarında meydana gelmesi beklenen yer sarsıntısı miktarını göstermektedir. Mavi çizgi bu sarsıntının yer çekiminin %40 ı kadar (0.4g), mavi çizgilerin koyu kırmızıya doğru olan kesimi daha fazla, turuncuya doğru olan kesimi ise daha az sarsılacak alanları göstermektedir. Özetle bu harita Muğla’nın çok önemli

bir deprem bölgesi olduğunu ve il merkezinin de deprem olduğu takdirde en fazla sarsılacak alanlardan biri üzerinde yer aldığını açıkça göstermektedir.

Muğla kent merkezi zemini büyük ölçüde alüvyon olan illerimizden biridir. Deprem dalgaları bu tür zeminler tarafından büyütülerek binalara iletilir. Zemin büyütmesi olarak tanımlanan bu durum bir deprem olduğu takdirde Muğla kent merkezinin kaya üzerinde yer alan kent merkezlerinden daha şiddetli olarak sarsılacağı, bunun sonucunda da hasar oranının fazla olacağı anlamına gelmektedir. 30 Ekim 2020 de İzmir'e 70 km uzakta meydana gelen Sisam Adası-Kuşadası Körfezi Depremi İzmir kent merkezinde büyük hasar yaratmış, bunun ana nedeni olarak da düşük yapı kalitesi yanı sıra zemin büyütmesi gösterilmiştir. Öte yandan yapılan araştırmalar büyük bir depremde Muğla kent merkezinin bilhassa güneybatıda yer alan ovaya yakın kesimlerinde sıvılaşma ve yanılma olaylarının da yaşanabileceğini göstermektedir. Belli büyüklüğe ulaşan depremlerde belli koşullara sahip zeminlerde meydana gelebilen sıvılaşma, zeminin üstündeki yapıları taşıyamamasına neden olmakta, yapılar yer sarsıntısının bir sonucu olan bu olay nedeniyle de hasar almaktadır.



Şekil 1- Muğla ili Deprem Tehlike Haritası (<https://tdth.afad.gov.tr/TDTH/main.xhtml>).

Depremin hasar nedeni ne yazık ki yer sarsıntısı ile sınırlı değildir. Deprem belli bir büyüklüğün üzerinde olursa (ülkemiz için bu değer fay türü ve odak derinliğine göre farklılıklar göstermekle birlikte yaklaşık olarak 6.5 ve daha büyüktür) depremi yaratan fay yüzeye kadar ulaşmış burada metrelere varan oranda yırtılmalar, çökmeler ya da kabarmalara neden olmaktadır. “Yüzey Faylanması Tehlike Kuşağı” olarak adlandırılan bu deformasyon kuşağı içindeki yapılar çoğu zaman yıkılır ya da ağır hasar alır. Bu raporun amacı içerisinden diri (geçmişte deprem üretmiş, gelecekte de deprem üretme potansiyeli olan) fayların geçtiği

illerde yaşayanları ve bu bölgelerden sorumlu yönetimleri konudan haberdar etmek, uyararak ve tedbir almalarını sağlamaktır. Çünkü başta deprem olmak üzere doğa kaynaklı tüm olaylarla baş edebilmenin tek yolu tehlike ve riski bilmek ve yönetmekten geçmektedir. Risk yönetimi çalışmalarında geri kalan toplumlar krizi yönetmek zorunda kalırlar ki bunun bedeli riski önlemekten çok daha ağırdır. Bu raporda üzerinde durulan konu sadece diri faylar ile sınırlı olup depremin sarsıntı etkisini ve buna bağlı olarak gelişen heyelan, sıvılaşma, sel ve benzeri tehlikeleri kapsamamaktadır.

Diri faylar yeraltında bulunan ve hareket ettiklerinde depremlere neden olan kırık düzlemlerdir. Ülkemizde yıllardır yapılan çalışmalarla diri fayların nerelerde olduğu ve geçmişte hangi sıklıkta ve hangi büyüklükte deprem ürettikleri araştırılmaktadır. Yenilenmiş Türkiye Diri Fay Haritası (TDFH) Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü tarafından 2013 yılında yayınlanmış olup Şekil 1 de verilen tehlike haritası da bu diri fay haritası üzerine inşa edilmiştir. TDFH 1:25.000 ölçeğinde hazırlanmış olduğundan gösterdiği faylar imar planları içerisinde kullanılabilir hassasiyette haritalanmış değildir. Bu haritalar fayların nerelerden geçtiğini belli bir hassasiyette gösterirler, ancak bunların 1:1.000 ve 1:5.000 ölçekli yerbilim araştırmalarıyla kontrol edilmeleri ve fayların yerlerinin çok disiplinli konuya özel çalışmalar ile hassas olarak belirlenmeleri gerekir. Öte yandan deprem biliminde hala çok sayıda bilinmezlik vardır. Örneğin günümüzden yüzlerce hatta binlerce yıl önce oluşmuş bir depremin nerede olduğu net olarak bilinemez, sadece tarihsel kayıtlara bağlı olarak tahminlerde bulunulabilir. Oysa gelecek depremlerin anlaşılmasında geçmişin bilinmesi çok önemlidir. Bu nedenle bu raporda verilen bilgiler bilinenlerin yanı sıra tahmin ve olasılıkları da içermektedir.

GENEL KONUM

Güneybatı Anadolu'da yer alan Muğla İli, jeolojik açıdan Ege Genişleme Sistemini oluşturan normal fayların yoğun olduğu bir coğrafyada yer alır. Muğla, kuzeybatıdaki bir dağ yamacının eteğinde yerleşmiştir. Bu yamaç ile ova arasında üzerine şehrin yerleşmiş olduğu kısım büyük ölçüde yamaç molozlarından ve güneybatıya doğru da alüvyondan oluşur. İlin kuzeyinde yer alan yaşlı kayalar ile yamaç molozu ve alüvyonlar arasında çok kollu bir yapıya sahip olan diri faylar bulunmaktadır. Gerek Muğla ve ilçeleri gerekse komşusu olan iller tarihsel (1900 öncesi) ve aletsel (1900 sonrası) dönemlerde yıkıcı depremler ile sarsılmış ve önemli hasara uğramışlardır. Jeolojide bir temel kural vardır: Bir yer geçmişte depremlerden etkilenmiş ise gelecekte de etkilenecektir.

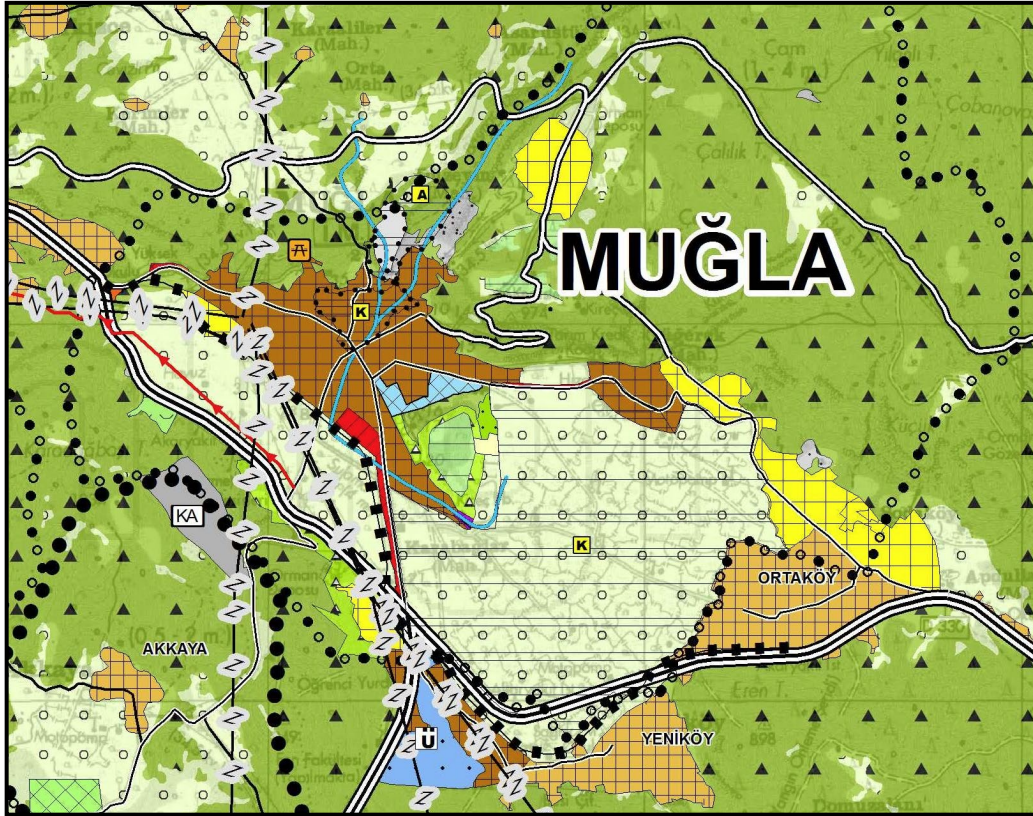
Muğla kent merkezi neredeyse tamamı alüvyon zemin birimleri üzerinde yer alan bir bölgede yerleştiği için depremlerde zeminden kaynaklanan olumsuzluklar yaşamış ve gelecekte de yaşayacak olan bir ilimizdir. Alüvyon zeminler yukarıda da değinildiği gibi zayıf mühendislik özellikleri nedeniyle depremden kaynaklanan sarsıntıyı binalara iletirken olduğundan daha fazla büyütmede, bu da deprem dalgalarını sönlendiren zeminlere oranla hasarın çok daha fazla olmasına neden olmaktadır. Bunun yanı sıra bu tür zeminler depremden heyelan, sıvılaşma, oturma, yanal yayılma gibi problemlere de yol açmaktadır. Zeminlerin deprem davranışı ancak detaylı zemin araştırmalarını kapsayan mikrobölgeleme çalışmaları ile ortaya konulmaktadır. Bu çalışmalardan sonra eğer ekonomik sınırlar içerisinde kalıyor ise zemindeki olumsuzlukları önleyecek uygun önlemler deprem olmadan önce alınabilmektedir.

Muğla kent merkezi zayıf bir zemine sahip olmanın, bu nedenle de olası bir depremden şiddetle sarsılacak olmanın yanı sıra il merkezindeki binalarının altından diri fay geçen illerimizden biridir. Bu nedenle Muğla'nın 6.5 dan büyük bir olası depremden hem depremin yaratacağı şiddetli sarsıntı hem de yüzey faylanması tehlikesi nedeniyle hasar alması beklenmektedir. Bu durumda en akıllıca yaklaşım yapıların deprem sarsıntısını karşılayacak biçimde kurallara uygun hale getirilmesidir. Ayrıca diri fayların yerinin net

olarak belirlenmesinin ardından fay sakinim bantı üzerindeki bina ve bina türü yapıların zaman içerisinde kaldırılarak bu alanlardaki nüfus yoğunluğunun azaltılması, yüzey faylanması tehlike kuşağı içerisindeki yerlerin farklı biçimde (park, günöbirlik tesisler vb) kullanılması, henüz yerleşim olmayan bu tür alanlar varsa da bunların bina ve bina türü yapılar için kullanılmak üzere imara açılmaması gerekir.

Mikrobölgeleme çalışmaları ve Deprem Master Planı bir ilin deprem ile mücadelesinin temel adımları ve alınabilecek önlemlerin yol haritasıdır. Mikrobölgeleme çalışmaları sayesinde zemin yapısı detaylı bir biçimde öğrenilir, deprem üretme potansiyeli olan diri faylar belirlenir ve böylece Deprem Master Planı doğru bir temel üzerine oturtulur. Muğla doğrudan fay hatları/zonları üzerine oturmasına rağmen bu iki temel çalışmadan da yoksundur.

09.03.2011 tarihinde onaylanan "Aydın-Muğla-Denizli Planlama Bölgesi 1/100 000 Ölçekli Çevre Düzeni Planı" nın 11.11.2008 tarih ve 27051 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan "Çevre Düzeni Planlarına Dair Yönetmelik", 4856 sayılı Kanun'un 2 (h) ve 10 (c) maddeleri ile 2872/5491 sayılı Kanun'un 9 (b) maddesi uyarınca 05.07.2011 tarihinde değişiklik yapılmıştır. Planda daha sonra da 13 defa değişiklik yapılmıştır. Plan içerisinde deprem ve diri fay konusuna yer verilmemişse de plan hükümlerinde "Bu plan kapsamında kalan alanlarda, deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmelik gereği alt ölçekli planların yapımı aşamasında jeolojik ve gerekli görülmesi halinde jeoteknik-jeofizik ve/veya mikrobölgeleme etütlerinin hazırlanması zorunludur" denilmektedir.



Şekil 2- Muğla ili çevre düzeni planı (Haritadaki renklerin açıklaması aşağıda verilmiştir).



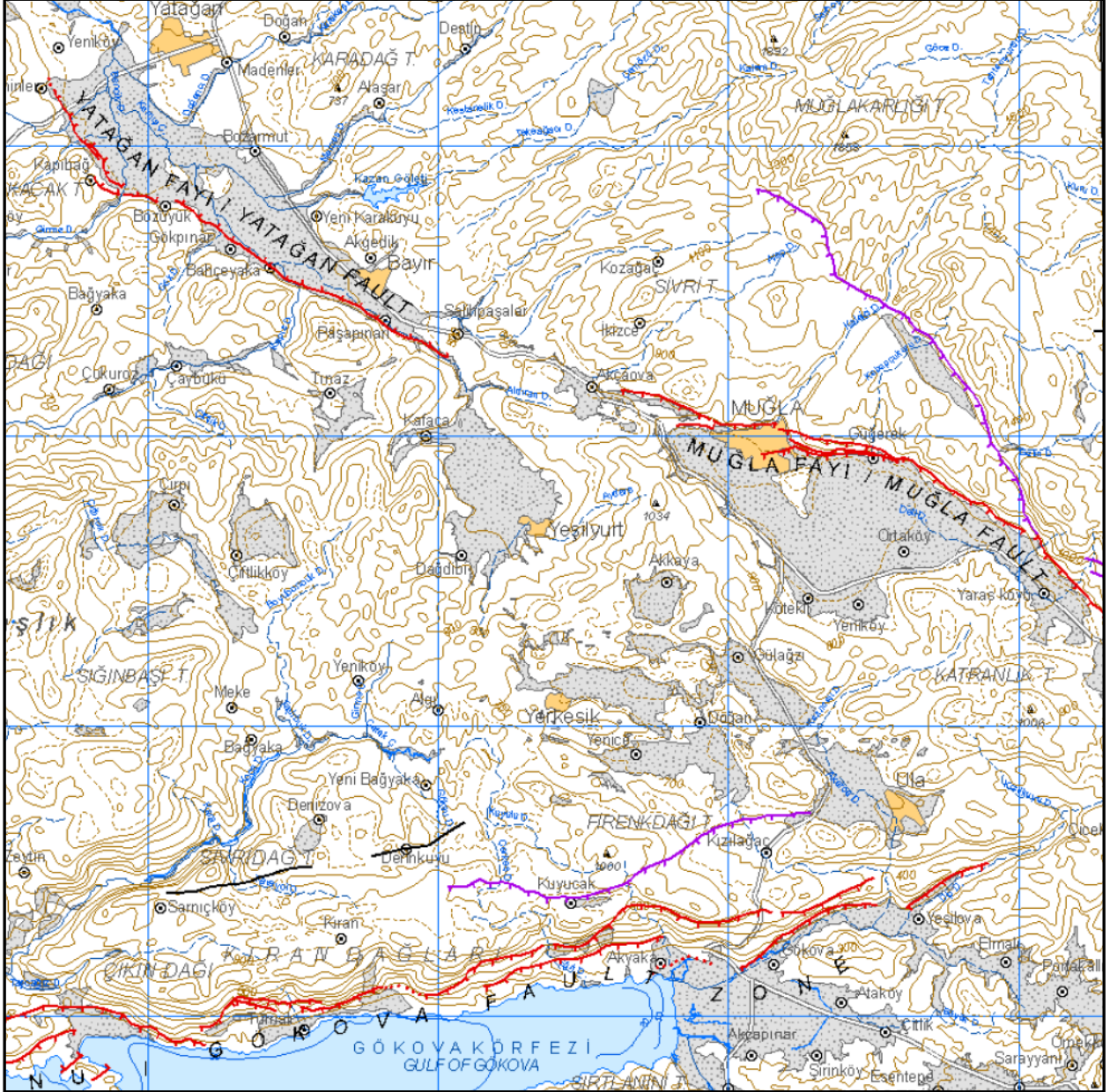
NÜFUS ve YERLEŞİM

12.974 km² lik bir alan kaplayan Muğla ilinin toplam nüfusu 2020 sayımına göre 967.000 olup il merkezinde 99.000 kişi yaşamaktadır. Ancak bu nüfus ilçelerde yaz turizmi nedeniyle 4 milyona kadar artmaktadır. Muğla ilinde toplam 13 ilçe, merkez ilçede ise 15 mahalle vardır.

JEOLOJİ ve TOPOĞRAFYA

Muğla il merkezi, eski ve yeni alüvyon çökelleri olarak tanımlanabilecek bir zemin üzerine yerleşmiştir. Bu çökeller kuzeydoğudaki dağlık alandan aşındırılıp akarsular tarafından ovaya taşınan ve bir kısmı faylar

tarafından yükseltilmiş olan zayıf, pekişmemiş çökellerden oluşmaktadır. Güneydoğuya yani ovaya doğru ise daha ince taneli alüvyonlar egemen olmaktadır (Şekil 3).



Şekil 3- TDFH'na göre Muğla ve çevresindeki diri faylar (Duman vd., 2011). Kırmızı ve mor renkli kalın çizgiler diri faylar, siyah çizgiler ise olası diri faylardır. Gri renkli alanlar alüvyon çökellerini gösterir.

MUĞLA İLİNİ ETKİLEMİŞ OLAN ÖNEMLİ DEPREMLER

Muğla ili, Batı Anadolu'nun önemli diri jeolojik yapılarından biri olan ve Gökova Grabeni¹ kuzeyinde ve Yatağan-Muğla fay zonu üzerinde yer alır. Bölgede gerek Gökova Grabeni, gerek Yatağan-Muğla fay zonu,

¹ Graben, kenarları faylar ile sınırlı çöküntü alanlarına verilen isimdir

Fethiye ilçesi içerisinde geçen Fethiye-Burdur fay zonu ve Ege Denizi içerisinde bulunan faylardan kaynaklı çok sayıda yıkıcı deprem meydana gelmiştir.

MÖ 227, MÖ 198 ve MS 142-144 tarihlerinde Muğla ve civarında büyük depremlerin yaşandığı bilinmektedir. 1631 Milas ile 1851 ve 1896 Muğla depremleri dikkat çeken depremlerdir. 1631 depremleri bilhassa Milas çevresini defalarca sallamış ve hasara yol açmıştır. 1851 depremi de olasılıkla tek bir deprem olmayıp birbirini izleyen bir depremler serisi olarak gelişmiş ve Muğla'da hasara yol açmıştır. En son tarihsel deprem ise 19 Nisan 1896 tarihinde Muğla kent merkezi ya da yakınında meydana gelmiş Milas ve Muğla'da öneli hasra neden olmuştur. Depremin artçıları 22 Nisan'a kadar sürmüş, 29 Nisan'da ise bir deprem daha gerçekleşmiştir. Tarihsel dönemde bilhassa 19. yüzyılın ikinci yarısında Muğla il sınırları içerisinde 50 den fazla depreme ait kayıtlar vardır: Bunların bir kısmı il merkezinde, çoğu da Fethiye, Bodrum gibi ilçelerde hasara yol açmıştır.

Aletsel dönemde (1900 sonrası) de Muğla ve yakın çevresinden çok sayıda irili ufaklı depremler gelişmiştir. Ancak bunların il merkezine yakın olanlarının büyüklüğü genellikle 6'nın altında kalmıştır. Muğla'da net olarak bilinen ve kent merkezinde yüzey faylanması neden olan bir deprem bilinmemektedir. Ancak, Muğla kent merkezi içerisinde geçen fayların büyük depremler üretme ve yüzey faylanması oluşturma kapasitesi vardır. Fay boylarından hareketle yapılan hesaplamalar Yatağan-Muğla fay zonunda bulunan fay parçalarının 6.8 e varabilecek büyüklükte deprem üretme potansiyelinin olduğunu göstermektedir. Batı Anadolu'da bu büyüklükteki depremlerde yüzey kırığı oluşturduğu bilinmektedir, bu nedenle Muğla ilimiz yüzey faylanması tehlikesi altındaki illerimizden biri olarak değerlendirilmekte, bilinmezlikleri ortadan kaldıracak diri fay üzerindeki çalışmaların hayati öneme sahip olduğu vurgulanmaktadır.

MUĞLA'DAKİ DİRİ FAYLAR NEREDE?

TDFH'na göre Muğla ili, Muğla fayı olarak adlandırılan çok parçalı bir diri fayın üzerinde yerleşmiştir. Doğrudan il merkezinin içinden ve yakınından geçen birçok diri fay vardır (Şekil 4 ve 5). Söz konusu fayların normal fay karakteri egemendir, yani depremlerde fayın eğimli olduğu taraf (tavan bloku) çökmekte ve en çok hasar da bu blok üzerinde meydana gelmektedir. Muğla ili de Muğla fayının tavan bloku üzerinde yer alır.

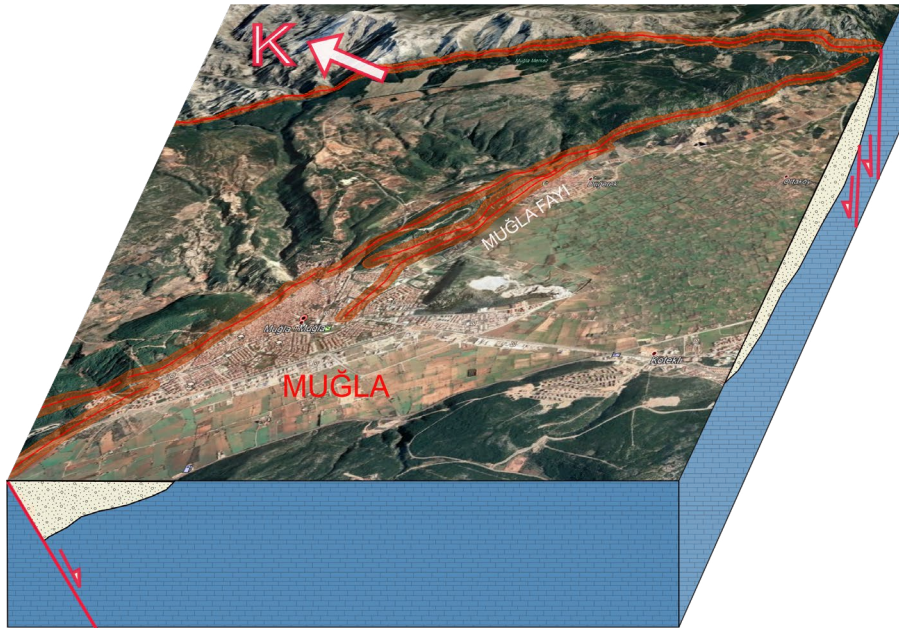
Diri fayların haritalanması farklı disiplinlerden veri girişi ile jeoloji mühendisliği temelinde yapılacak paleosismolojik araştırmalar sonucu gerçekleştirilir. Diri fayların yerlerinin imar planlarına altlık oluşturacak hassasiyette haritalanması ile geçmişte hangi büyüklükte ve hangi sıklıkta deprem ürettiği, dolayısı ile gelecekte ne zaman ve ne büyüklükte deprem olabileceğine yönelik olasılıkların belirlenmesi jeolojik, jeofizik, jeodezik, jeomorfolojik ve bunlar üzerine oturacak paleosismolojik araştırmalarla mümkündür. Bu çalışmaların nasıl yapılacağına dair kılavuz TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası tarafından yayınlanmıştır. Muğla kent merkezi içerisinde geçtiği bilinen fayların tam olarak nereden geçtiği ve bu fay üzerinde son birkaç depremin hangi tarihlerde olduğu henüz yeterli detayda araştırılmamıştır.

Muğla kentinin deprenselliği bununla da sınırlı değildir. Muğla Büyükşehir Belediyesi sınırları içerisinde Milas ilçe merkezi ile Muğla'ya bağlı eski köy/belde niteliğine sahip 18 mahallesi doğrudan fay zonu üstüne oturmaktadır. Yine özellikle Akdeniz ve Ege Denizi içinde Muğla'nın kıyı yerleşim alanlarına yakın alanlarda meydana gelebilecek depremlerden doğrudan etkilenmektedir. Gökova körfezinde 21.07.2017 tarihinde meydana gelen 6.6 büyüklüğündeki depremde Bodrum başta olmak üzere bir çok kıyı yerleşim birimi etkilenmiş ve yine küçükte olsa tsunami meydana gelmişti. Bu açıdan bakıldığında yapılacak çalışmaların

sadece il merkezinde değil kent bütününde yapılmasının önemi ve aciliyeti kendisini açıkça göstermektedir.



Şekil 4-Türkiye Diri Fay Haritasına göre Muğla kent merkezi ve yakınından geçen diri faylar. Yerlerinin hassas olarak bilinmemesi nedeniyle faylar 100 m kalınlığında şeritler olarak gösterilmiştir. Yapılacak araştırmalar ile fay yerlerinin hassas olarak belirlenmesi gerekmektedir.



Şekil 5- Muğla'nın genel yeraltı yapısı. Kırmızı çizgiler diri fayları, mavi alanlar kaya türü zeminleri noktalı sarı alanlar eski ve yeni alüvyonları göstermektedir.

SONUÇLAR

Ülkemizin çoğu yerleşimleri gibi Muğla da diri fay üzerinde yer alan ve deprem tehdidi altında yaşayan bir ilimizdir. Depremler yer sarsıntısı yarattıklarında çok uzak alanlarda bile yıkıma neden olabilmektedir. Yer sarsıntısının şiddeti depremin uzaklığı ve büyüklüğünün yanı sıra zemin koşullarından da önemli oranda etkilenmekte ve zayıf mühendislik özelliklerine sahip zeminler deprem dalgalarının genliğini artırarak üstündeki binalara aktarmaktadırlar. Mikrobölgeleme çalışmaları ve deprem senaryoları ile bir bölgede zemin yapısı ve depremin yaratması olası yer sarsıntısı belirlenebilir. Bir yapı beklenen yer sarsıntısına göre ve geçerli en son Bina Deprem Yönetmeliği koşullarına uygun olarak inşa edilirse can kayıplarına yol açmaz. Ancak yaşanan depremlerde; yapıların etüt ve projelendirme süreçlerindeki hata veya eksiklikler, yapı üretimi sırasındaki malzeme ve işçilik hataları ile denetimden kaynaklanan zafiyetlerden dolayı çok sayıda yapının ağır hasar gördüğü veya yıkıldığı görülmektedir. Deprem zararların azaltmanın ve depreme hazır olmanın en önemli unsurlarından biri yapıların olası bir depreme hazır olmasıdır.

Deprem belli büyüklüğü geçtiğinde ise faylar yüzeye ulaşmakta, üzerinde bulunan yapıların yırtılmasına, bir yana yatmasına ya da devrilmesine yol açmakta, böylece yapıların çökmesine ya da çok ağır hasar almasına neden olmaktadır. Muğla'nın geçmişinde bu büyüklükte depremler olmuştur, gelecekte de olması olasıdır.

Depremden yüzey faylanması sonucu zarar görecekteki yapılar için alınabilecek en temel tedbir diri fayların yerlerinin hassas bir biçimde belirlenmesi, bu faylar üzerindeki alanların zaman içerisinde boşaltılarak yapı ve nüfus yoğunluğunun azaltılması, gelecekte bu alanlar için yapı sınırlaması getirilmesi ve imar planlarının zemin koşulları ve yüzey faylanması tehlikesine uygun olarak yapılmasıdır.

Muğla'nın gelecekteki bir olası depremi en az zararla atlatabilmesi için:

- Muğla ili özelinde bazı faylar üzerinde paleosismoloji çalışması yapıldığı bilinmekle birlikte, kent genelinde paleosismoloji yapılmayan ya da farklı araştırmacıların farklı sonuçlara ulaştığı fay hatları/zonları üzerinde gerekli araştırmaların yapılarak fayların geçtiği yerlerin ve deprem karakteristiklerinin tam olarak belirlenmesi,
- Muğla kent merkezinde zemin araştırmaları yapılmış olmakla birlikte il, ilçe ve içinde diri fay geçen belde ve köy yerleşimleri başta olmak üzere kent bütünündeki yerleşim yerlerinin tamamında uluslararası normlara uygun mikrobölgeleme çalışmalarının yapılması, yapılmış olan alanda ise revize edilmesi,
- Mikrobölgeleme çalışmaları kapsamında, Ege veya Akdeniz içinde meydana gelebilecek depremlerin oluşturabileceği olası tsunami etkileri de dikkate alınarak Muğla ili kıyı yerleşim alanlarının planlarının, olası tsunami etkileri de göz önüne alarak yeniden yapılması gerekti,
- MTA Genel Müdürlüğü tarafından yoğun depremlerin meydana geldiği alanlardan biri olan Muğla ili kıyı ve deniz alanları içinde kıyı ve deniz jeoloji araştırmaları yapılarak, deprem üreten fayların yeri, konumu, deprem üretme potansiyeli gibi konular açısından incelenmesi ve harita ve raporlarının hazırlanması,
- Yukarıdaki çalışma sonuçlarından elde edilecek bilgiler ve diğer disiplinlerden (inşaat, mimarlık, şehir plancıları vd.) edinilecek bilgiler ile diğer afet olasılıkları ışığında Deprem Master Planı'nın hazırlanması,

- Deprem master planı dikkate alınarak kentin gelişim ve yerleşim stratejilerinin belirlenmesi gerekmekte olup bu çerçevede aktif fay hatlarının çevre düzeni haritalarına işlenmesi ve aktif fay zonlarının sakınım bantı içinde kalan alanların 1. Derece doğal eşik değerler arasına alınması,
- Nazım ve uygulama imar planlarının çevre düzeni planlarında yapılan bu değişikliklerden sonra gözden geçirilerek, aktif fay hatlarının sakınım bantları ile kıyı yerleşimlerinde tsunami etki alanlarının imar planlarına işlenerek yenilenmesi,

gerektiği düşünülmektedir.

Jeoloji Mühendisleri Odası tarafından hazırlanan bu rapor Muğla İli yönetimi ve karar vericilerini ilin deprem ve diri fay tehlikesi hakkında uyarıcı ve yönlendirici olma amacındadır. Odamız bu konuda talep edildiği takdirde iş birliğine hazırdır.