

Kentleşme Sürecinde Yer Seçimi ve Depreme Dayanıklı Yapı İnşasında Jeolojik-Jeoteknik Etütlerin Önemi ve İşlevi

17 Ağustos 1999 Kocaeli Depremi yedi ilimizi ve bunların civarındaki yerleşim* birimlerini etkileyerek önemli düzeyde can kaybına, yapılarda yıkımlara ve ağır hasarlara neden olmuştur. By deprem, ülkemizde meydana gelen önceki depremlerin sonrasında güncellenen, ancak kısa süre sonra gözardı edilen iki önemli hususun geçerliliğini koruduğunu tekrar göstermiştir. Bunlar;

(a) Kalitesiz ve plansız yoğun yapılaşma,

(b) Jeolojik-jeoteknik faktörler gözardı edilerek ve/veya bunlara gereken önem verilmeden yapılan hatalı yer seçimi ve yapı inşası şeklinde sınıflandırılabilir. Son depremin ülkemizin yerleşim ve sanayi tesisleri açısından en yoğun olduğu bir bölgesinde meydana gelmesi ve jeolojik faktörler ile zemin koşullarının hasarlar üzerindeki etkilerinin boyutlarının

• idrak edilmesi,- dikkatlerin bu faktörlere ve kentleşme sürecinde uygun yer seçimi konularına yönelmesini nihayet zorunlu kılmıştır. Adapazan'da zeminin sıvlaşması sonucu binaların oturması ve yana yatması» kıyılarımızda denize doğru yanal yayılmanın meydana gelerek yapıların su altında kalması, fayın üzerinde bulunan çok sayıda yapının yıkılması, bu faktörlerin etkilerini gösteren çarpıcı örneklerdir. Bir doğa olayı olan depremin engellenmesinin mümkün olmadığı herkes tarafından kabullenilmiş bir gerçektir. Bununla birlikte, depremlerin hangi bölgelerde, hangi fay hatları üzerinde ve hangi büyüklüklerde olabileceğinin tahmini konusunda gerek pek çok ülkede, gerekse ülkemizde önemli düzeyde araştırmalar yapılmaktadır. Özellikle Kocaeli Depreminden çok önce ülkemiz yer bilimcileri tarafından hazırlanan ve bu depremin yakın bir gelecekte meydana geleceğinin işaret edildiği yayınlar bunun en değerli

örnekleridir, Ancak bilimin bugün ulaştığı düzeyde depremlerin hangi tarihte ve saatte meydana geleceğinin önceden bilinmesi mümkün değildir. Doğanın ve depremlerin karmaşıklığı, bu konuda daha somut sonuçlara ulaşılmasını geciktirmekte ve bunun çözümü için daha fazla veriye gereksinim duyulmasına yol açmaktadır. Bu nedenle de, deprem sonrası yer bilimciler arasında ortaya çıkan bazı görüş ayrılıklarının doğal karşılanması gerekir. Yürütülmekte olan bilimsel çalışmaların sonucunda bu aşamada biffinmeyen pek çok husus yerli yerine oturacaktır, O halde "engellenmesi veya kesin tahmini mümkün olmayan bir doğa olayının karşısında elimiz kolumuz bağlı mı duracağız, ya da belki bir gün depremlerin önceden tahmin edilmesini sağlayacak bir yöntemin geliştirilmesini bekleyerek, aynı umursamazlıkla yaşamaya devam mı edeceğiz?" sorularına yanıt aramalıyız. "Gelecekte depremlerim tahmini önceden mümkün hale gelse bile,, sayısı önemli ölçüde azalmakla birlikte, yine can kayıplarının olabileceği ve yapıların yıkılmasının, ya da hasar görmesinin engellenemeyeceği gerçeğinden hareketle» bu soruların yanıtı "kuşkusuz hayır!" olmalıdır. Örneğin aracımızla trafiğe çıktığımızda bir kazaya maruz kalıp kalmayacağımızı önceden kestirmemiz mümkün değildir. Bununla birlikte» başta trafik kurallarına özen göstererek,, ayrıca emniyet kemeri takarak, hava yastığı,, gelişmiş fren sistemleri vb. gibi teknolojik olanaklardan yararlanarak bu belirsizliğe veya riske karşı önlem almaktayız, "Depremleri de önleyemeyeceğimize



göre, trafik kazaları benzetmesinde olduğu gibi, depreme karşı önlemi alınması ve olası kayıpların en aza indirilmesi bu en son büyük depremin sonrasında ve geç kalınmış olsa da, artık üzerinde ciddiyetle durulması gereken en önemli hususlardan biri olmaktadır. Bu husus; sağlıklı, düzenli ve güvenli kentleşmenin en önemli gereklerinden de biri olup,

(a) Üzerinde yaşadığımız, yürüdüğümüz, konutlarımızı ve mühendislik yapılarını (baraj, yol, köprü, tünel, vb.) inşa ettiğimiz farklı türdeki zeminlerin jeolojik je yapısal özelliklerini» değişik koşullar (örneğin deprem) altındaki davranışlarını önceden belirlemek,

(b) Yer seçimi ve yapı tasarımı çalışmalarını, teknik bilgilerle bütünleşmiş zemin koşullarını ve parametrelerini de dikkate alarak yapmak ve depreme dayanıklı yapı inşasına önem vermek gibi iki önemli ilkeyi ön plana çıkarmaktadır. Bugüne değin» yapılarla ilgili yasa ve yönetmeliklerde yer almasına karşın, toplumun önemli bir bölümünce bilinen nedenlerden dolayı,, bu hususlara gereken önemin verilmediği de bir gerçektir,

Günümüzde bilimi ve teknolojiye hızlı gelişmeye koşut olarak yeni tekniklerin geliştirilmesi ve gerek yer üstünde» gerekse yeraltında süper mühendislik yapılarının (denizaltında ulaşımı tünelleri, stratejik silahların korunduğu yeraltı depoları» gaz depolama teknolojisi vb.) inşası» ayrıca çevre kirlenmesinin yarattığı sorunların çözümüne ilişkin gereksinimler ve özellikle sıkça yaşanan deprem ve taşkın gibi doğa! afetler insanların Jeolojik anlamda yer kabuğunun sığ kesimlerine olan ilgisini ve yerbilimlerinin önemini giderek arttırmıştır. Gerek jeolojik çevrenin» jeolojik yapının ve jeolojik süreçlerin, gerekse zemin davranışının önemi, ne acıdır ki, ancak bu son depremden sonra farkedilmiş



Foto: H.Ü. Çalışma Grubu arşivinden

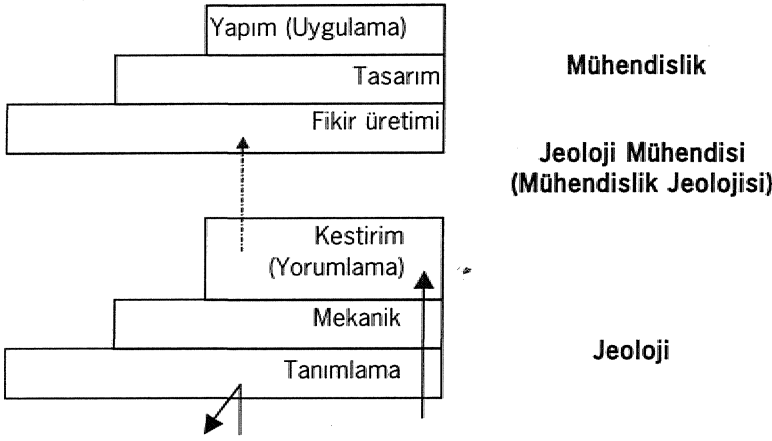
ve başta yer seçimi ve mühendislik yapılarının inşaa aşamaları olmak üzere, pek çok konuda bir yerbilim mühendisliği olan Jeoloji Mühendisliği mesleğiyle mevcut işbirliğinin artırılarak bu alanda üretilen verilerin, yapılan değerlendirme ve analizler ile önerilerin dikkate alınmasının gerekliliği üzerinde daha fazla durulmaya başlanmıştır. Bu saptamanın bir sonucu olarak, yapılarda ve yerleşim birimlerinde gelecekte daha büyük sorunlarla karşılaşılması için deprem sonrasında yönetmeliklerde bazı düzenlemelere gidilerek, jeolojik-jeoteknik etütlerde yıllardır çalışmalarına rağmen Jeoloji Mühendislerinin de bu etütlerde yetkili olacağı hususu ilk kez resmîyet kazanmıştır. Bununla birlikte, son deprem sonrası ortaya çıkan atmosfer içinde konuyla ilgili yasa ve yönetmelik taslaklarında düzenlemelerin biraz acelecilikle yapıldığı ve eksikliklerin olduğu, dolayısıyla ilgili meslek odaları ile üniversitelerin görüşlerinin yeterince alınmadığı izlenimi edilmiştir. Bu yazının ilk bölümünde; güncellik kazanan yerbilimleri, jeoloji, mühendislik ve jeoloji mühendisliği kavramlarının yanısıra, jeoloji

mühendisliğinin ilgili meslek dallarıyla olan ilişkisi üzerinde özetle durulmuş, diğer bölümünde ise, jeoloji mühendisliğinin kentleşme sürecinde yer seçimi çalışmalarında ve jeolojik-jeoteknik etütlerdeki yeri ve işlevi tanımlanmış ve mesleki disiplinler arası bir çabayı gerektiren bu tür çalışmaların aşamaları ana hatlarıyla belirtilerek, eksikliğin giderilmesinde yarar görülen hususlarla ilgili önerilerde bulunulmuştur.

JEOLOJİ, MÜHENDİSLİK, JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ VE JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİNİN DİĞER MESLEKLERLE İLİŞKİSİ

Jeoloji, Jeolojik terimler sözlüğünde (A.G.I., 1980), "yeryuvarının geçmi-şini, onun kayaç, toprak ve sudan oluşan bileşimini ve evrimini inceleyen, bilim dalı" olarak tanımlanmaktadır. Daha açık bir ifadeyle jeoloji, "Yerin yapısal özelliklerini, yer kabuğunun gelişimini ve onun kayaç, toprak ve sudan oluşan bileşimini ve geçmişten günümüze değin ortamsal değişimleri de göz ederek doğal süreçleri, yerin fiziki doğasını ve tarihçesini inceleyen bilim dalı" olarak da tanımlanabilir.

Mühendislik ise, "Güvenlik ve eko-



Şekil 1: Jeoloji, Jeoloji Mühendisi ve Mühendislik uygulamaları arasındaki ilişki

nomiklik koşulunu gözeterek bilimsel veriler« uygulamaya yönelik amaçlarla kullanma sanatı" 'dır Mühendislikte temel amaç, bilimin ilkelerini ve kuramların« esas alarak güvenli, ekonomik ve uygulanabilir çözümler üretmektir. Yukarıdaki iki tanım birleştirildiği takdirde "Jeolojik verilerin (yerbilimi verilerinin) uygulamaya dönük mühendislik amaçlarıyla kullanımını sağlayan" Jeoloji Mühendisliği kavramı ortaya çıkmaktadır Jeoloji Mühendisliği yerbilimini insanlığın sorunlarına uygulama, güvenli, ekonomik ve pratik çözümler üretme sanatıdır., Jeoloji Mühendislerince üretilen veriler başlıca üç mühendislik dalını ve mimarları doğrudan ilgilendirmektedir. Bu meslek grupları,

(a) Yapıların güvenli ve ekonomik şekilde inşasını üstlenen İnşaat Mühendisliği,

(b) Emniyet ve ekonomi faktörlerini gözeterek maden yataklarının işlenmesi ve geliştirilmesi konusundaki tasarım« üstlenen Maden Mühendisliği;»

(c) Petrolün çıkartılması ve petrol ürünlerinin elde edilmesi için ekonomik anlamda gerekli tasarımı üstlenen Petrol Mühendisliği! ve

(d) Yapıların projelendirilmesini üstlenen Mimarlar'dır.

Jeoloji Mühendisliği; yukarıda belirtilen üç mühendislik dalının yarışara» mimarlığın bir yan dalı olan Şehir ve Bölge Planlamacılarına da kent planlamasında yararlanabilecekleri yerbilimi verilerini sağlamaktadır., Jeoloji Mühendisliğinde de her meslekte olduğu gibi belirli bir ihtisaslaşma vardır. Bunlar ana başlıklar halinde,

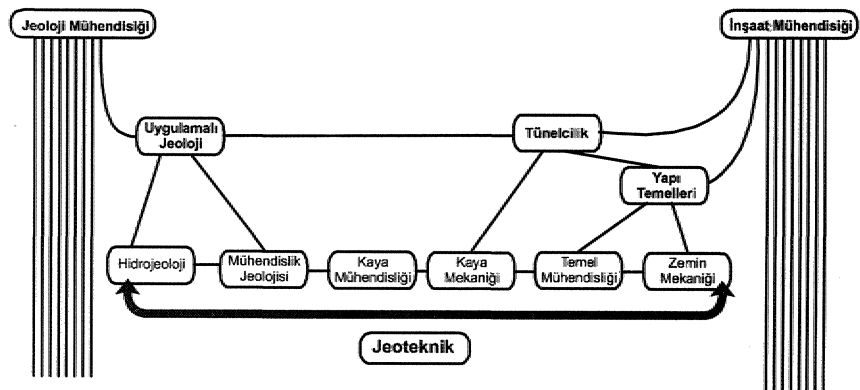
(1) Genel Jeoloji (tektonik, çökelme ortamları, stratigrafi, paleontoloji, deniz jeolojisi)

(2) Uygulamalı Jeoloji (Mühendislik Jeolojisi ve Hidrojeoloji)

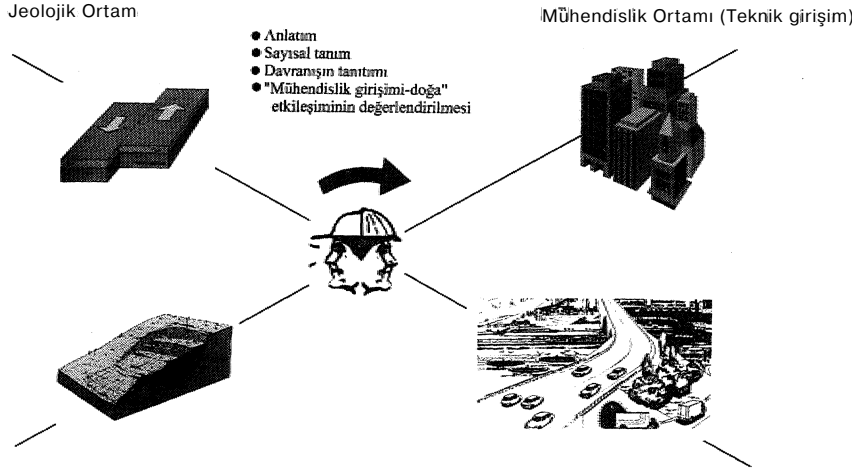
(3) Mineraloji-Petrografi

(4) Maden Yatakları (enerji hammaddeleri, metalik madenler ve endüstriyel hammaddeler) ve Jeokimya şeklinde sıralanabilir. Bu ihtisaslaş-

ma çerçevesinde Jeoloji Mühendisleri temel jeolojik sorunların çözümünden, yeraltı kaynakları ile yeraltı suyunun aranmasına, jeolojinin mühendislik ve çevre sorunlarına uygulanmasına kadar değişik alanlarda hizmet verirler Yukarıda belirtilen ihtisas konuları arasında yer alan "Mühendislik Jeolojisi" mühendislik bilimleri ile jeoloji arasındaki köprüyü oluşturan bir bilim dalıdır (Şekil 1). Mühendislik jeolojisi;» temel jeolojinin yanısıra, mühendislik düşüncesi ve yaklaşımı ile jeoteknik alanına giren konularda öğretici ve deneyim kazanmaktır. Jeoteknik bilimlerinin birbirleriyle olan etkileşimi ve ilişkisi Şekil 2'de gösterilmiştir., Bu şekilden görüleceği gibi, jeoloji mühendisliği özelinde mühendislik jeolojisi» jeotekniğin bir özel dalı olarak kabul edilmektedir Bir jeoloji mühendisi önce bir mühendistir, aynı zamanda jeolog olabilir veya olmayabilir. Ancak gerektiği düzeyde jeoloji bilmek durumundadır., Bunun yanısıra, jeoloji mühendisi mühendislik düşüncesine ve mühendisliğin gereği olan uygulama becerisine de sahip olmalıdır. Bu çerçevede Jeoloji Mühendisinin en önemli rolü; jeolojik anlamda gerçekleri saptamak,, gözlem yapmak, ölçüm almak, amaca uygun şekilde arazi ve laboratuvar deneyleri yapmak ve elde ettiği verileri analiz ederek farklı alan-



Şekil 2 ; Jeoteknik bilimleri arasındaki etkileşim şifarı, 1998'den düzenlenmiştir.,



Şekil 3: Jeoloji Mühendisliğinin kentleşme sürecinde yer seçimi ve mühendislik yapıların inşasında jeolojik/jeoteknik etüt) temel işlevi-bakış açılan

- (a) Harita alımı:
* Jeolojik harita lama
* Hava fotoğraflarından, ve uydu görüntülerinden, yapılan değerlendirmeler
* Morfolojik değerlendirmeler
* Yeraltına ilişkin, değerlendirmeler
- (to) Sunulana ve fiziksel özellikler:
* Zemin (kaya ve toprak zemin.) türlerinin jeolojik anlamda aydınlatılmak filolojik ve yapısal özelliklerinin, belirlenmesi, ve tanımlanması
- (e) Tektonik ve Deprem dik:
* Fayların konumlarının saptanması
* Aktif (diri) ve aktif olmayan fayların ayuüamp değerlendirilmesi
* Depremlerin tarihsel kayıtlarının ve sismisftenin değerlendirilmesi
- (d) Kaya Mekanığı:
* Kaya yapısının belirlenmesi, kaya, kütlesi karakteristiklerini o tayini ve analizi
* Kaya mekaniği, prensiplerinin, uygulanması
* Kayacın mühendislik, parametrelerinin arazi, ve laboratuvar deneyleriyle tayini
* Kayacın kazı öncesi, sırası ve sonrasında davranışlarının kestirimini
- (e) Zemin Mekanığı:
* Zemin tiklerinin ayırtlanması ve mühendislik amacıyla, sınıflandırılması
* Zemin mekaniği prensiplerinin uygulanması
* Zeminlerin mühendislik parametrelerinin arazi ve labotatuvar deneyleriyle tayini
- (f) Jeolojik-Jeoteknik Değerlendirmeler' (Zemin. Etüdiij:
* jeotefenik amaçlı sondaj, jeoteknik loğlama, yerinde (arazi) deneyler
* Yerinde mühendislik deneyleri
* Jeomekanik laboratuvar deneyleri
* Zemin emniyet gerilmesi ve zemin oturma karakteristiklerinin tayini,, sıvılaşma potansiyel in in'değerlendirilmesi
- (g) Yer Seçim! ve "Mühendislik Jeolojisi" ve "Arazi Kullanım" Haritaların« Hrarluunası
- (h) Şev İyaylığı (Heyelan):
* Şev duraylılığı için arazi çalışmaları ve jeolojik analizler
* Yorumlama
* Mühendislik analizleri (kinematik, analitik, nümerik)
- (i) Yeraltı suyu:
* Hidrojeoloji
* Yeraltısu-kaya yapısı etkileşiminin araştırılması
* Su tablasının kanunum ve akış yönünün, belirlenmesi ve analizi
* Depolama hesaplamalı
* Su taşıyan akiferlerin karakteristikleri
- (I) Yeraltı Kazılan:
* Süreksizlik etütleri, ve kinematik analizler
* Kaya sınıflaması (destek seçimi amaçlı)
* Kaya ve/veya zemin mekaniği esaslı değerlendirmeler
- (k) Proje planlama:
* Jeolojik parametrelerin tayini
* Jeolojik fizibilite
- (l) Tasarım (projeleendirme) aşaması:
* Planlama
* Kontrol
* Gözlem
- (m) İnşaat ve uygulama aşamaları

Çizelge 1; Jeoloji Mühendisliğinin kemi planlamasında yer seçimi ve mühendislik yapılarının inşası çalışmalarındaki işlevleri

lardaki farklı amaçlı tasarımlarda kullanılmak üzere sonuç, yorum ve değerlendirmeleri sunmaktır. Dolayısıyla Jeoloji Mühendisliğinin profesyonel anlamda; jeolojik çevreyi ve jeolojik süreçleri inceleyerek bunları amaca uygun şekilde sayısal olarak tanımlayıp, ortamın davranışını belirleyerek» mühendislik girişimi ile doğa arasındaki etkileşimli araştırıp değerlendiren ve bunları mühendislik alanına aktaran iki çehresi (bakışı) bulunmaktadır Bu yazının ana konusu olan yer seçiminde ve mühendislik yapıları için jeolojik-jeoteknik değerlendirmelerde jeolojik mühendisliğinin temel işlevi (iki çehresi) Şekil 3'de temsili olarak gösterilmiştir.

Jeoloji Mühendisliğinin, kent planlaması için yer seçimi ve çeşitli mühendislik yapılarının inşasına yönelik amaçlarla jeolojik/jeoteknik değerlendirme sürecinde yerine getireceği işlevler Çizelge 1'de, ayrıntıya girilmeksizin, ana hatlarıyla sunulmuştur. Bu çizelgeden görüleceği gibi, Jeoloji Mühendisleri söz konusu işlevlerini yerine getirirken jeoloji biliminin temel esasları ile mühendislik jeolojisi ve hidrojeoloji gibi uygulamalı jeoloji konularının yamsıra, mühendislik yapılarının üzerinde veya içinde inşa edildikleri ve tanımları Şekil 4'de verilen farklı zemin türlerinin mühendislik davranışlarını (doğal koşullar altında, mühendislik, girişimi öncesinde.; sırasında ve sonrasında] inceleyen kaya mekaniği ve zemin mekaniği gibi jeoteknik bilim dallarının ilkelerinden de yararlanmaktadır.

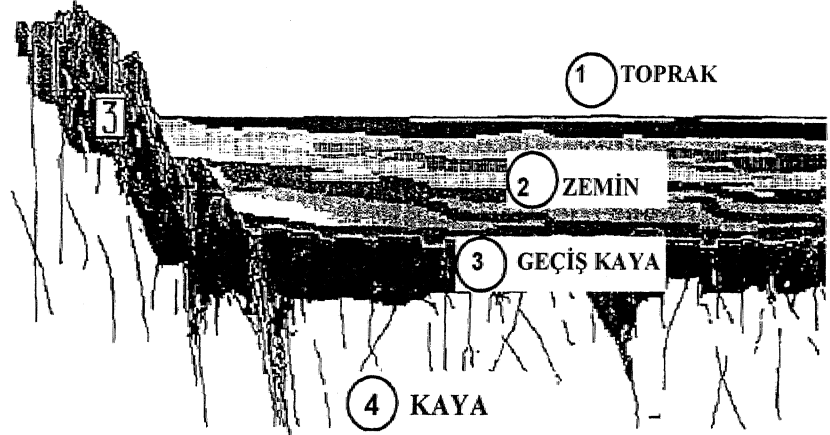
Yer bilimleri konusunda uğraş veren diğer bir mühendislik dalı da jeofizik olup, Jeofizik Mühendisleri tarafından icra edilmektedir,. Jeolojik terimler sözlüğü (A.G.I., 1980), jeofiziği yeryuvarını kantitatif fiziksel yöntemler kullanarak inceleyen bilim dalı olarak tanımlar. Sismoloji, tektonofizik ve mü-

Jeolojik-jeoteknik etüdün bfitçeti		
Yapı türü	Yapının toplam. maliyetinin %'si olarak	Temel maliyetinin. %'si olarak
Binalar	0.05-0.2	• 0.5-2- - • <
Yollar	0.2-1.5	1-5.../ / .
Barajlar	1-3	P5~

Çizelge 2. Bazı mühendislik yapılarına feneiik jeol&jik-je&teknik eüüiler için aynı®-bilecek bütçe ermekleri (Waüham, 1994)

hendislik jeofiziği gibi uzmanlık dalarını içeren bu bilim dalı (A.G.I., 1980), yerin fiziksel' özellikleriyle ilgilenmesinin yanısıra, sismoloji bilimini (deprem bilimi) esas alarak depremlerin nasıl oluştuğu, deprem dalgalarının nasıl yayıldığı, yerin iç yapısı ve deprem risk analizi gibi depreme yönelik konularda çalışmalar yapmaktadır. Ayrıca; jeolojik değerlendirmelerde ve yeraltı kaynaklarının (petrol, kömür, cevher,, yeraltısuyu) aranmasında yüzeyden yapılan incelemelerden ve sondajlardan sağlanan verilerle yerin iç yapısı, cevherleşmenin konumu ve yayılımı ile ilgili belirsizliklerin olduğu durumlarda ve özellikle petrol aramalarında aletsel jeofizik yöntemlerden yararlanılarak elde edilen veriler jeofizik mühendislerince değerlendirilerek jeolojik yorumlarda kullanılmaktadır.. Bunun yanısıra, zeminlerin yapı tasarımlında gereksinim duyulan dinamik özelliklerinin (zemin hakim periyodu, elastik parametreler vd, ve geniş alansal çalışmalarda mikrotremör çalışmaları) tayini amacıyla yapılan aletsel çalışmalar da jeofizik mühendisliğinin uygulama alanları içinde yer almaktadır. Dolayısıyla yerbilimlerinin iki önemli mühendislik alanı olan jeoloji ve jeofizik mühendisleri sık bir iletişimi ve işbirliği içinde olmak durumundadır. Jeoloji mühendisliğiyle ilişkisi olan diğer bir uzmanlık alanı da "jeomorfoloji" ve uygulayıcısı da

"jeomorfolog" olarak tanımlanır. Jeomorfoloji (yerşekilleri bilimi), jeoloji (yerbilimi) ile morfoloji (şekil bilimi) arasında köprü bilim dalı şeklinde bir işleve sahiptir



Ortamlar	Tanımlar
TOPRAK ÖRTÜSÜ	Yeryüzünde veya yeryüzüne yakın kesimlerde atmosfer, su ve organizmaların neden olduğu fiziksel mekanik, ve kimyasal olayların etkisi altında kalarak gevşek-taneli bir yapı oluşturan mineral ve kayaçların, zamanla biyolojik ve iklimsel işlevlerle de yönlendirilmesi sonucu meydana gelen, katı (ayrışmış mineral ve kayaçlar), sıvı (su) ve gaz (hava) bileşenlerinden oluşan, besin maddelerinin, esas kaynağı durumundaki ince yüzeysel örtü ve/veya malzemedir.
ZEMİN (TOPRAK ZEMİN)	Ayrık katı bileşenleri arasında doğal çimento görevi üstlenecek bir bağlayıcı bulunmayan veya çok gevşek olarak bulunan bir bağlayıcının su etkisiyle ortamdan kolayca uzaklaştırılarak tanelerin, serbest hale geçebildiği ayrık kayaçlar ve mineraller topluluğudur.
GEÇİŞ KAYACI	Yeri ve tüm nitelikleri zemin, ile kaya arasında bulman ve mekanik özellikleri, açısından zeminden daha dirençli olan kayaç ve mineral topluluğudur.
KAYA (KAYA ZEMİN)	Kütlesel, çimentolanmış taneli veya kristalli yoğun kayaçlardır. Kristalleri ve/veya taneleri su etkisi, altında bile zamanla bozulmayan sağlan, bağlarla birleştirilmiş* az ya da çok süreksizlikle sınırlandırılmış olan birim, kayaç elemanlarının oluşturduğu doğal koşullar altındaki kayaçlardır.

Şekil 4: Mühendislik açısından zemin ortandan ve tanımlamaları (Yüzer ve Vardar, 1999 dan düzenlenmiştir.)

KENTLEŞMESÜRECİMDE YER SEÇİMİ VE YAPI İNŞASINDAJEOLÖJİK-JEOTEKNİK ETÜTLERİN YERİ VE ÖNEMİ

Baraj, tünel, otoyol vb. gibi mühendislik yapılarının tasarımı ve inşasında de yapıların üzerinde inşa edileceği zeminlerin jeolojik ve yapısal özelliklerinin, mühendislik girişimi öncesinde, şurasında ve sonrasındaki davranışlarının,, jeoteknik özelliklerinin, yeraltısuyu koşullarının ve jeolojik çevrenin yapılar ve kentin gelişimi üzerindeki etkilerinin kentsel planlama sürecinde ve inşaat öncesinde ayrıntılı şekilde değer-



Değirmendere'de dolgu zeminlerde deprem sonrası görünüm (Foi®: H.Ü. Çakşım Grubu arşivinden)

lendirilmesi ve tasarımda dikkate alınması gerekmektedir. Yapılar,, tanımları Şekil 4'te verilen pekişmiş (kayaç), pekişmemiş ve/veya ayrışmış (toprak zemin) veya her ilki tür zemin arasında yer alan ayrışmış kayalar gibi farklı davranış gösteren zeminler üzerinde inşa edilmektedir. Bu durumda, söz konusu malzemelerin ölç boyutta dağılımının, jeolojik-yapısal ve jeoteknik özelliklerinin ve değişik yükleme koşulları altında (statik ve dinamik) gösterecekleri davranışın önceden belirlenmesi mühendislik, tasarımında hayati önem taşımaktadır. Dolayısıyla jeolojik-jeoteknik etütler; yer seçiminin, kent planlamasının ve yapı tasarımının ayrılmaz bir parçasını oluşturmaktadır.

Yasa ve yönetmeliklerde yer almasına karşın, ülkemizde bu tür etütler daha çok büyük yapılar (baraj, köprü, tünel, yüksek binalar vb.) için uygulanmış olup, kentleşme sürecinde

önemli ölçüde ihmal edilmiştir. Gelişmiş ülkelerde» yapının (projenin) boyutlarına da bağlı olarak, bu etütler için yapı maliyetlerinin % 0-5'i ile % 5'ine kadar bir bütçenin ayrıldığı, ancak beklenmeyen olumsuz zemin koşullarıyla karşılaşılması halinde bu payın % 10'a kadar çıkabildiği dikkate alınır, konunun ne denli önem taşıdığı görülür (Çizelge 2).

Çizelge 2. Bazı mühendislik yapılarına yönelik jeolojik-jeoteknik etütler için ayrılacak bütçe örnekleri (Waltham,, 1994)

Jeolojik koşullar ve zemin koşulları hakkında yeterince araştırma yapılmadan kent planlamasına gidilmesinin ve yapı inşasının bu süreçte en zayıf halkaları oluşturduğu, özellikle 1992'den bu yana ülkemizde ardarda meydana gelen son depremler ile sık sık yaşadığımız taşkın, heyelan gibi olaylardan çıkarılacak derslerin başında

gelmektedir. Planlama aşamasındaki bu eksiklik, proje aşamasına da yansarak sorunların büyümesine yol açmaktadır. Örneğin, 1997 yılında revize edilerek tekrar yayımlanan "Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik"¹¹ (Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 1997)te yapılacak zemin etütlerinin ve sınıflama potansiyeli değerlendirmelerinin sonuçlarına göre esas alınacak zemin sınıfları ve hesaplama yöntemleri verilmiştir. Ancak bu etütler yaygın şekilde yapılmadığından zemin koşulları bilinmemekte, dolayısıyla yönetmeliğin öngördüğü hesaplamalarda esas alınacak zemin özellikleri belirsiz kalmaktadır. Ülkemizde son yıllarda sıkça yaşanan depremler ile diğer doğal afetlerden sonra ve yukarıda değinilen hususlar çerçevesinde kentleşme sürecinden ve inşaatın önce,

(a)-Sadece yapı alanındaki (parsel bazında) zeminlere ait zemin emniyet gerilmesi ve zemin oturması gibi hususların belirlendiği klasik zemin etüdünün kapsamı dışına çıkılarak, özellikle depreme karşı hassas bölgelerde; aktif (diri) fayların konumları başta olmak üzere, jeolojik faktörlerin yaraşıra, sınılaşma riski (gevşek toprak zeminler) ve zemin hakim periyodu gibi zeminin dinamik özelliklerini kapsayan jeolojik-jeoteknik etütlerin yaygınlaştırılması,

(b) Jeolojik-jeoteknik etütlere sağlanan veriler esas alınarak, uygun yer seçimine, temel tipine ve uygun zemin iyileştirme tekniklerine karar verilmesi tamamına yakın bir bölümü depreme karşı duyarlı olan ülkemiz için bir zorunluluk olarak kabul edilmiştir.

Jeolojik-jeoteknik etütler birbirinden tamamen bağımsız olmayıp., ardarda gerçekleştirilmesi gereken etütler olarak değerlendirilmelidir. Bu etütler önce bölgesel, daha sonra yerel (parsel bazında) anlamda ele alınmalıdır. Söz konusu bu iki aşamanın önemi ve içeriği ana hatlarıyla aşağıda tartışılmıştır.

Bölgesel Jeolojik-Jeoteknik Etütler: Kent planlamasında insanoğlunun karşısına çıkan engeller,

(a) Aşılabilen engeller (alt yapı, yollar, ekonomi vb.)

(b) Aşılabilen (fiziksel) engeller (topografya, jeoloji, hidrojeoloji» sismisite, zemin özellikleri» yapı malzemesi temini, toprak kalitesi ve iklim) şeklinde gruplandırılabilir. Bunlardan ikinci grupta yer alan faktörler hem ekonomik anlamda, hem de doğal yapıyla ilişkili sorunlar yaratabilir.. Özellikle jeolojik özellikler, jeolojik yapı,, zemin koşulları ve depremsellik arazinin yapılaşmaya uygun olup olmamasını denetleyen

faktörlerin başında gelmektedir.. Bu faktörlerin önce kendi içinde» daha sonra birlikte değerlendirilerek yerleşimi alanı genelinde bölgeye ilişkin belirli teknik kriterleri içeren "Mühendislik Jeolojisi"¹¹ ve "Arazi Kullanım"¹¹ haritalarının ve bunlara ilişkin raporların hazırlanması gerekir.

Özellikle yeni yerleşim bölgelerinin belirlenmesinde ve mevcut yerleşim bölgelerinin imara yeni açılacak kesimleri için gerçekleştirilecek olan yerleşim alanı seçimi planlamasında esas alınacak bölgesel etütler, aşağıda belirtilen aşamalarda/unstriedan ve bunlara ilişkin teknik belgelerden oluşmalıdır,

(a) Topoğrafik koşullar (morfolojik harita)

(b) Jeolojik koşullar (jeoloji haritası ve kesitleri)

(c) Bölgenin sismisitesi» aktif fayların konumu, uzanımı ve yapılaşma için planlanan alana uzaklığı (sismotektonik harita)

(d) Hidrojeolojik değerlendirme (yeraltısuyu haritası)

(e) İncelenen alan genelinde kaya ve toprak zeminlerin sınırlarının ayırtılarak bunların inşaat mühendisliği tasarımında önem taşıyan jeoteknik parametrelerinin ve dinamik özelliklerinin tayini.

(f) Doğal afetlere ilişkin değerlendirmeler:

1. aktif potansiyel heyelan alanları

2. taşkın potansiyeline maruz kalabilecek alanlar

3. gevşek toprak zeminlerin ve ayrılmış zonların yayılımı

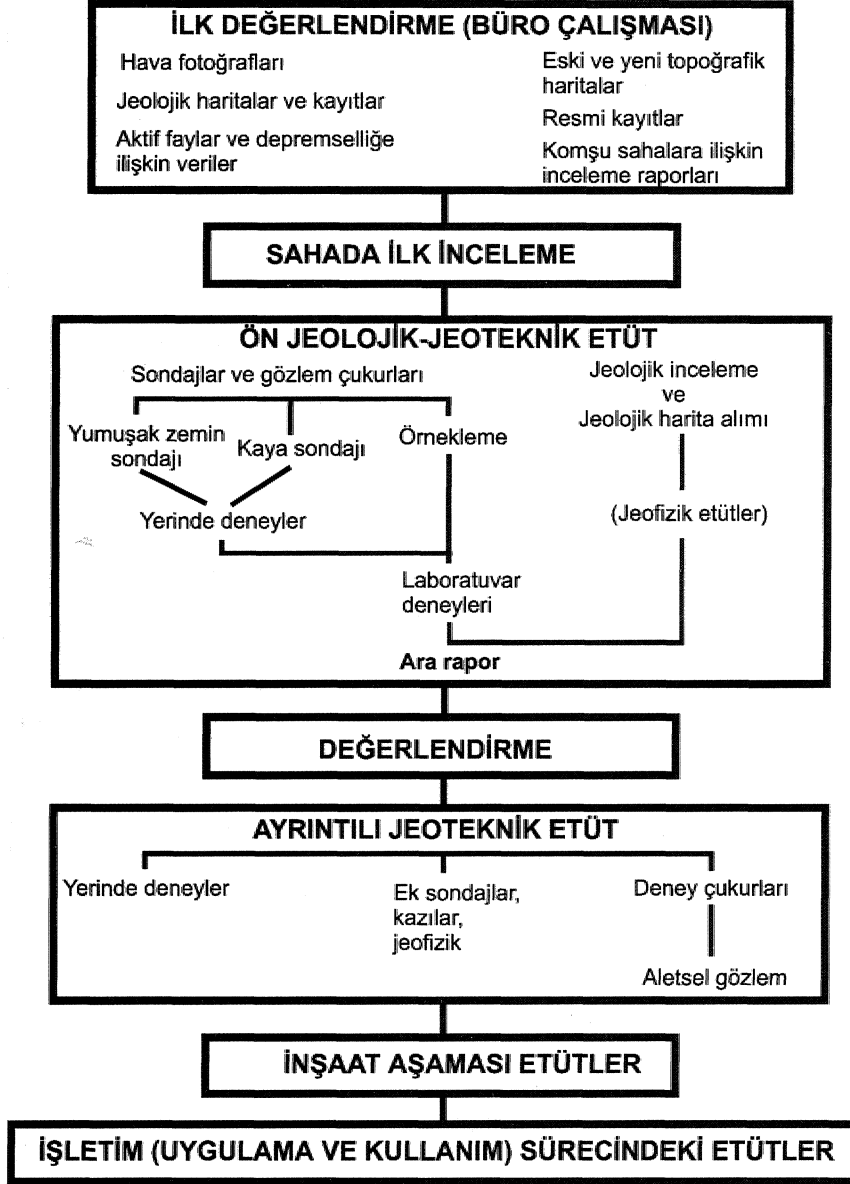
4., gevşek zeminlerde sınılaşma potansiyeli gibi risklerin değerlendirilmesi ve bunlara ilişkin zon haritalarının ve

(g) Tüm haritaların birlikte değerlendirilmesiyle (üstüste çakıştırılarak

tek bir harita haline getirilmesiyle) "mühendislik jeolojisi"¹¹ ve "arazi kullanım" haritalarının hazırlanması.

Bu çalışmalara ilişkin raporlar; yerel yönetimlerin,, şehir ve bölge planlamacılarının, inşaat mühendislerinin ve mimarların kullanımına sunulmalıdır. Bu kapsamdaki etütlerde; gözlemişe) değerlendirmelerin, sondajların, arazi ve laboratuvar da jeoteknik amaçlı deneylerin yapılmasının yanısıra, zeminlerin dinamik özelliklerinin (zemin hakim periyodu, akustik impedans, dalga hızı vb.) tayini ve gerek duyulduğu durumlarda ana kaya derinliğinin belirlenmesi amacıyla jeofizik " tekniklerin (sismik ve rezistivite gibi) uygulanması gerekir. Özellikle depremselliği yüksek olan alanlar için sismik çalışmalarla imikrotremör haritalarının da yapılmasının yararlı olacağı gözardı edilmemelidir,

Yukarıda önemine ve kapsamına değinilen mühendislik jeolojisi haritaları ile arazi kullanım haritalarının kullanımına ne yazık ki ülkemizde yaygınlaşmamıştır. Sadece üniversitelerin Jeoloji Mühendisliği bölümlerinde yapılan bazı yüksek lisans ve doktora tezlerinin ve/veya uygulama projelerinin kapsamında üretilen bu haritalar, ayrıca Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğüne sınırlı sayıda ilimiz için hazırlanmıştır. Ancak bu mevcut haritalardan ve ilgili raporlardan yararlanılmadığı veya bunların yüzeysel olarak dikkate alındığı bir gerçektir. İmar planlarını hazırlayan ve denetleyici kuruluş konumunda olan yerel yönetimlerin imara açılacak alanlara ilişkin olarak yukarıda belirtilen belirli teknik kriterlerin bulunmaması, pek çok faktörle birlikte denetimi mekanizmasının verimli çalışmasını engellemektedir. Bu nedenle, ana hatları yukarıda tanımlanan jeolojik-jeoteknik çalışmaların ve bunlara ilişkin mühendislik haritalarının yapılmasının yerleşime açılması plan-



Şekil 5 : Genelleştirilmiş bir jeolojik-jeoteknik etüdün aşamaları

lanen sahalarını değerlendirilmesinde büyük önem taşıyacağı ve yerel yönetimlerin hem bu aşamada, hem de parsel bazında yapacağı teknik deneylerde kolaylık sağlayacağı dikkate alınmalıdır. Pek çok ülkede (Avrupa ülkelerinin önemli bir bölümü, ABD ve Japonya) kentleşme sürecinde bu tür haritalar kullanılmakta, ve yerleşim alanlarının gelişmesine bağlı olarak sürekli revize edilmektedir. Dolayısıyla, ülkemizde yasa ve yönetmeliklerde tanımlanmayan bu kapsamdaki çalış-

maların yerleşim birimlerinde artık hayata geçirilmesi zorunlu hale getirilmelidir.

Yerel Jeolojik-Jeoteknik Etütler (Zemin Etütleri):

Yerel anlamda (parsel bazında) herhangi bir yapı için öngörülen ve yönetmeliklerde "zemin etüdü" olarak adlandırılan jeolojik-jeoteknik etütler ise, daha çok zeminin yenilmesi ve oturma davranışı dikkate alınarak yapı temel tipinin seçimine, depremden kaynaklanacak dinamik yüklerin belir-

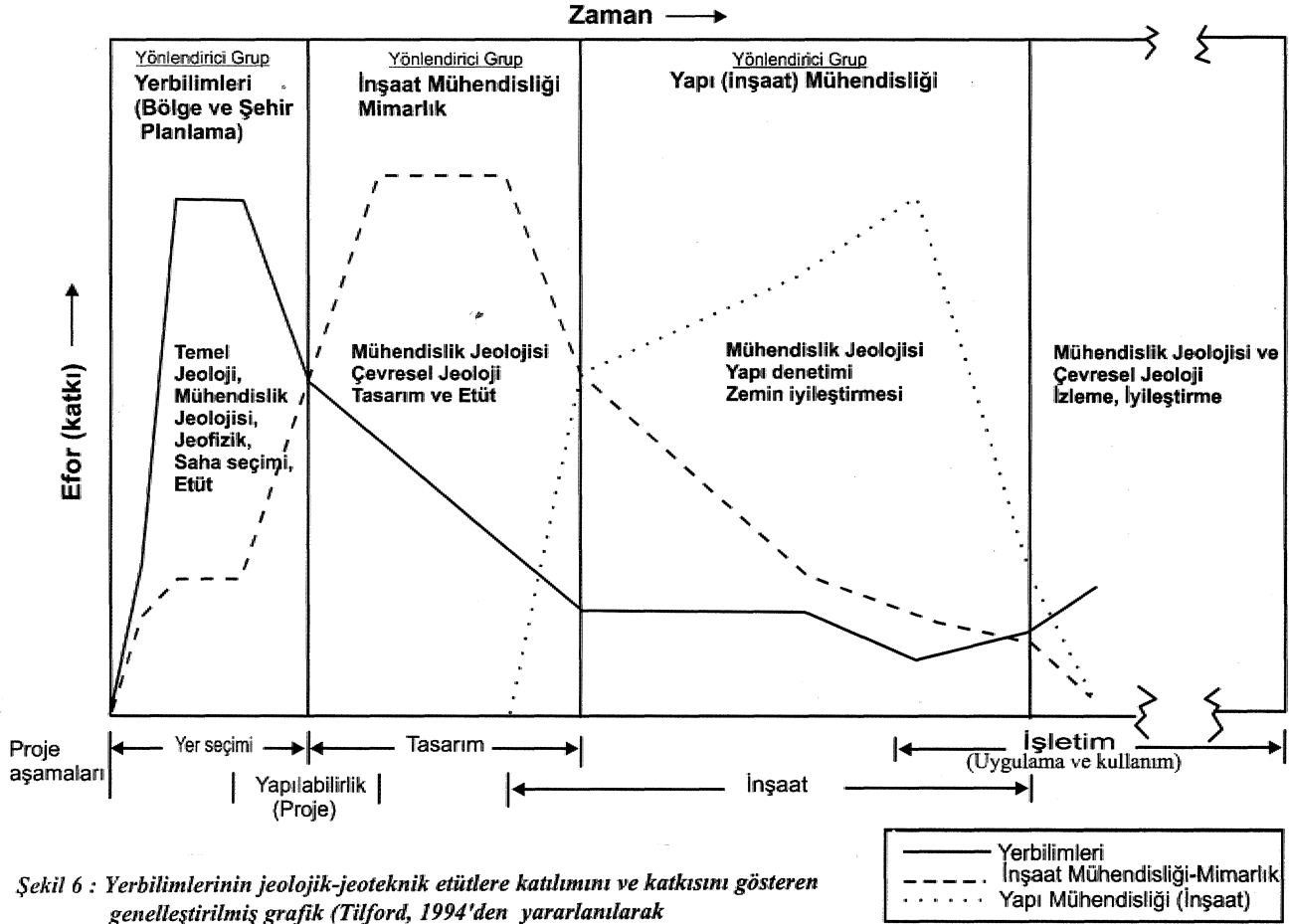
lenmesine ve zeminin iyileştirilmesine gerek olup olmadığına karar verilmesine yö-nelik olup, planlanan yapının alanı ve yakın civarıyla sınırlıdır. Bu etütler, planlanan yapının temelinin oturacağı zeminin (toprak zemin veya kaya zemin) zemin emniyet gerilmesi değerinin, zeminin oturma karakteristikleri ile dinamik yüklere karşı davranışının belirlenerek zemin-yapı temeli etkileşiminin değerlendirilmesinde ve temel tipinin seçiminde rol oynayacağı gibi, yapı temeli zeminini etkileyebilecek yeraltısu, zemin türü vb. gibi hususların da tayinini amaçlar. Ayrıca yerel jeolojik özellikler» diri faylara uzaklık, depremsellik (sismotektonik) gibi hususlar da bu tür etütler de dikkate alınarak, belirlenmesi gereken temel jeolojik ve sismolojik faktörlerdir.

Yukarıda belirtilen hususlar, önce mevcut kayıtlardan da yararlanılarak, daha sonra jeoteknik amaçlı arazi ve laboratuvar çalışmalarıyla incelenerek değerlendirilmektedir. Yapı alanındaki çalışmalar,

(a) Yüzeiden yapılacak incelemeler, gözlemler ve ölçümler

(b) Sondajlı jeoteknik etütler şeklinde yürütülmekte ve bu aşamayı temel zeminin (toprak veya kaya zemin) statik ve dinamik mühendislik parametrelerinin tayin edileceği arazi ve laboratuvar deneyleri izlemektedir. Zemin emniyet gerilmesi ve toprak zeminlerin bulunduğu alanlarda oturma hesaplarının yanısıra, sıvılaşma potansiyeli riskinin ve daha önce alansal etütler sırasında tayin edilmediyse zemin hakim periyodunun belirlenmesine olanak sağlayacak arazi deneylerinin de yapılması gereklidir. Bu amaçla yapı alanında yürütülmesi gereken çalışmalar, ayrıntısına girilmeksizin, aşağıda verilmiştir.

(a) Tamamen karot alınarak



Şekil 6 : Yer bilimlerinin jeolojik-jeoteknik etütlere katılımını ve katkısını gösteren geliştirilmiş grafik (Tilford, 1994'den yararlanılarak yeniden düzenlenmiştir)

yapılan sondajlarda standarda uygun şekilde jeoteknik kuyu loğlarının hazırlanması,

(b) Toprak zeminlerin bulunduğu alanlarda,

(1) Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) veya Konik Penetrasyon Deneyi (CPT)'nin yapılarak verilerin zemin mekaniği prensiplerine göre değerlendirilmesi (zemin parametrelerinin tayini ve sınıflama analizi)

(2) Yeraltı suyu seviyesinin ölçülmesi ve perméabilite katsayısının tayini (hidrojeoloji uygulaması)

(c) Jeoteknik amaçlı laboratuvar deneylerinde kullanılmak üzere karo! veya toprak zemine ait örselenmemiş tüp örneklerinin alınması,

(d) Zeminin dinamik parametrelerinin tayini (planlanan yapı alanını

da içeren bölgenin imara açılmasından önce yapılan etütlerin kapsamında bu parametrelerin tayin edilmemiş olması halinde veya zemin koşullarının gerektirdiği durumlarda jeofizik teknikler kullanılarak)

(e) Yapının niteliğine ve zemin koşullarına bağlı olarak sorumlu mühendis tarafından gerek görüldüğü: taktirde yerinde (in-situ) bazı arazi deneyleri (kanatlı kesici, presiometre deneyleri vb. gibi) de yapılabilir.

Laboratuvar da ise, zeminin türüne bağlı olarak (kaya veya toprak) İkaya ve/veya zemin mekaniği prensiplerine ve yönetmeliklerde belirtilen standartlara uygun olarak»

(a) İndeks ve mühendislik sınıflaması: deneyleri

(b) Dayanım parametrelerinin tayini

için deneyler

{c) Toprak zeminlerde konsolidasyon deneyleri yapılmaktadır,.

Elde edilecek ve hesaplanacak parametreler temel mühendisliği çözümlerinde inşaat mühendisi tarafından,

(a) Uygun temel tipinin seçimi ve depreme dayanıklı yapı tasarımı

(b) Gerekiyorsa ve ekonomik ise, zemin iyileştirme çalışmalarının planlanması veya

(c) Çok kötü zemin koşullarıyla karşılaşılması durumunda öngörülen alanın terk edilerek yeni yer seçimine gidilmesine karar verilmesi gibi amaçlarla kullanılmaktadır.

Bu etütlerden elde edilecek verilerin ve yapılacak hesaplamaların.

mevcut yönetmeliklerde (örneğin, bakınız Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 1977-12JBölüm) proje mühendisi tarafından esas alınması öngörülen parametrelerin ve sınıflama tanımlarının eksiksiz olarak seçimine ve değerlendirilmesine olanak sağlayacak nitelik ve nicelikte olması gereklidir.

Gerek geniş alanları kapsayan yer seçimi çalışmalarında, gerekse parsel bazında yapılacak olan jeolojik-jeoteknik etütlerde yerbilimleri açısından öncelikle temel jeoloji, mühendislik jeolojisine jeofekniik, ayrıca zeminlerin dinamik özelliklerinin tayini amacıyla jeofizik uygulamaları yer almaktadır., Zemin emniyet gerilmesinin,, temel zemininin oturma karakteristiklerinin ve sıvılaşma potansiyelinin belirlenmesi ise» mühendislik jeolojisiye birlikte zemininin toprak veya kaya türü zemin olmasına bağlı olarak, "zemin (toprak) mekaniği" veya "kaya mekaniği" bilim dallarının temel ilkeleri esas alınarak yapılmaktadır. Geniş alanda yer seçimini; parsel bazındaki çalışmaları ve diğer mühendislik yapılarını kapsayacak şekilde genelleştirilmiş bir jeoteknik etüdün aşamaları Şekil 5'te verilmiştir. Şekil 5 'ten görüleceği gibi,, yerbilimleri disiplini olarak Jeoloji! Mühendisliği mesleğinin de jeolojik-jeoteknik etüdün aşamalarının tümünde belirli işlevi ve sorumluluğu bulunmaktadır. Bu işlevin söz konusu çalışmalar boyunca katkı. (efor) olarak dağılımı ise» Şekil 6 'daki grafik üzerinde ilgili diğer mühendislik ve uzmanlık dallarının katkılarıyla birlikte ve genel hatlarıyla gösterilmiştir.

4, ÖNERİLER

Bu yazıda, Kocaeli depreminin neden olduğu maddi ve manevi yıkımdan sonra, konunun önemine dikkatleri çekmek ve geçmişte olduğu gibi yine gözardı edilmesini önlemek amacıyla mühendislik yapılarının jeolojik ortamları

olan etkileşimi ve buna bağlı olarak yapılacak bölgesel ve yerel jeolojik-jeoteknik etütlerin kapsamı üzerinde ana hatlarıyla durulmuş ve jeoloji mühendisliği disiplininin bu çalışmadaki işlevi özetle sunulmuştur. Değerlendirmelerin ışığında bundan böyle üzerinde ivedilikle durulması gereken hususlar öneriler halinde aşağıda verilmiştir.

(1) Mevcut yasa ve yönetmeliklerde yer almayan, ancak kentleşme: sürecinde yer seçimi açısından ne denli önemli olduğu bu yazıda bir kez daha vurgulanan bölgesel jeolojik-jeoteknik çalışmaların {mühendislik jeolojisi ve arazi kullanım haritaları} yerel yönetimler tarafından yerleşim birimlerinde ciddi şekilde yaşama geçirilmesi gereklidir. Böyle bir uygulama ile sağlıklı ve güvenli bir yer seçiminin yapılarak çağdaş kentleşmeye olanak sağlamanın yanısıra, denetleyici kuruluş konumundaki yerel yönetimlerin yapılaşma alanlarına ilişkin olarak yararlanabilecekleri belirli teknik kriterler elde edilerek parsel bazında yapılacak etütler için denetimi mekanizmasının daha verimli şekilde işlemesine de katkıda bulunulacaktır.

(2) Gerek bölgesel anlamdaki yer seçimi çalışmalarında, gerekse ruhsat aşamasında "jeolojik-jeoteknik etütler"¹¹ zorunlu tutulmalı ve kesinlikle denetlenmelidir. Denetimi sorumluluğunun hangi kurum ve kuruluşlara verileceği, TMMOB 'nin gündeminde bulunan profesyonel mühendislik kavramı da dikkate alınarak, aceleci davranılmadan ve çok yönlü olarak konuyla ilgili farklı mesleki disiplinlerden uzmanların katılımıyla oluşturulacak komisyonlarca değerlendirilmek suretiyle belirlenmelidir.,

(3) Kocaeli. Depreminden ve daha önceki depremlerden etkilenen tüm yerleşim birimlerinin konumlan değerlendirilerek Türkiye Deprem Riski Hari-

tasındaki risk bölgelerinin sınırları tekrar gözden geçirilmelidir.

(4) Marmara Depreminde II. derecede deprem bölgesinde yer almakla birlikte, bazı yerleşim bölgelerimizin de değişik okülerde bu depremden etkilendiği dikkate alınarak, afet bölgelerinde yapılacak yapılar hakkında yönetmelikte değişikliğe gidilmesi ve ayrıntılı jeolojik-jeoteknik etütlerin yapılması zorunluğunun sadece 1. ve II. derece deprem bölgeleriyle sınırlandırılmaması önerilir.

(5) Depremi durumu da gözetilerek hazırlanmış mevcut yasa ve ilgili yönetmelikler sorumlu ve denetleyici kuruluşlar tarafından artık işler hale getirilmelidir. Deprem sonrası ortaya çıkan atmosferin de etkisiyle biraz aceleye getirilerek ve pek çok kuruluşun görüşü alınmadan hazırlandığı izlenimini veren 3194 Sayılı İmar Kanunundaki değişiklik taslağı ve ilgili yönetmelikler ivedilikle ele alınarak ilgili kurum ve kuruluşlar,, üniversiteler ve meslek odalarıyla birlikte tartışılmalıdır. Bu yazıda da değinildiği gibi, yönetmeliklerde yer almayan veya yer almasına rağmen daha açık bir şekilde tanımlanması gereken hususlar konusunda günün koşullarına göre değişikliklere gidilmeli ve gerekli ilaveler yapılarak denetimin daha verimli şekilde yürütülebilmesi amacıyla belirlenen eksiklikler giderilmelidir.

(6) Tıp alanında olduğu gibi,, mühendislikte de uzmanlık önem taşımaktadır. Bu nedenle etüt ve denetimlerden sorumlu olacak teknik personelin konuyla ilgili bilgi ve becerisi» günün koşullarına ve teknolojisine uygun olarak, sürekli şekilde geliştirilmeli ve bu amaçla meslek içi eğitimine özen gösterilmelidir.

(7) Toplum,, daha fazla geç kalımdan başta deprem olmak üzere,

doğal afetler, yer seçim vb. konularda yetkin kurum ve kuruluşlar, üniversiteler ve ilgili meslek örgütleri tarafından ve basın aracılığıyla bilgilendirilmeli ve eğitilmelidir.

(8) Ülkemizin farklı bölgelerinde değişik mühendislik yapıları ve yerleşim alanları için daha önceden gerçekleştirilmiş ve bundan sonra yapılacak jeolojik-jeoteknik etütlere ilişkin veriler bir merkezde toplanarak bir veri bankası oluşturulmalı ve bu veri tabanı konuyla ilgili araştırmacı ve uygulamacıların kullanımına sunulmalıdır. Böyle bir uygulamayla zaman ve bütçe açısından önemli ölçüde tasarruf sağlanabileceği dikkate alınmalıdır.

(9) Yazarın doğrudan ilgi alanına girmemekle birlikte, deprem sonrası gündeme gelen ve yapılar için "Deprem Sigortasının yaygınlaştırılması" ile "kalitesiz inşaat yapımında etken olduğu düşünülen ihale yasa-sının günün koşullarına göre değiştirilmesi" gibi konuların da üzerinde durulması önerilir.

(10) Jeolojik-jeoteknik etütlerin yapılması ve sonuçlarının kullanımı belirli aşamalarda farklı meslek disiplinleri birlikte ilgilendiren bir konu olduğu için, bu çalışmaların hem uzman kişiler tarafından yapılmasına, hem de çalışmaların her aşamasında farklı uzmanlık dalları arasında gerekli koordinasyonun, uyumlu ve tamamlayıcı bir işbirliğinin sağlanmasına toplum tarafından her geçen gün daha fazla gereksinim duyulduğu dikkate alınmalıdır,

YARARLANILAN KAYNAKLAR

A.G.I., 1980. Glossary of Geology. R.L. Bates and JA Jackson *ffé&i* American Geological Institute, Falls Church, Virginia, USA, 751p.

Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 1997. Afet bölgelerinde yapılacak yapılar hakkında yönetmelik. Ankara» 85s.

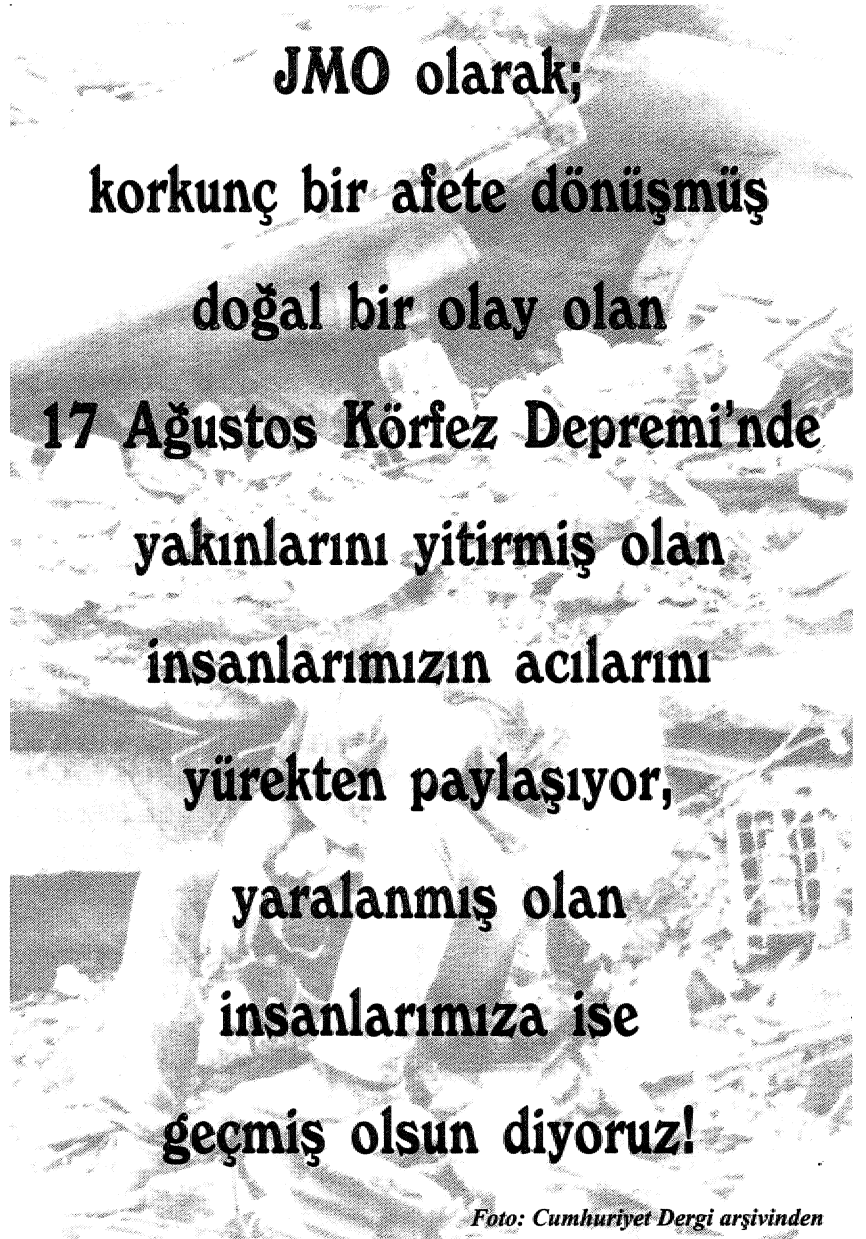
Magar, İK4998. GeoenvrntmentaE protection today-A chatlange for engineering geology. 8th International IAEG Congress, 1998, Canada, V.4, 2279-2.285.

Tilford, N.R 1994 Site selection : Past and present Bulletin of the Association of Engineering Geologist, V3 1, No.2, 157-169.

Waltham, AC, 1994.. Foundations of Engineering Geology. Blackie Academic and Professional, Oxford,. 88p.

Yüzer, E. ve Vardar, ML, 1999.. Yerleşimi bölgelerinin planlanmasında yerbilimleri. 5s (yayınlanmamış).

DOÇ. Dr. Reşat ULUSAY
H.Ü., Mühendislik Fakültesi,
Jeoloji Mühendisliği Bölümü



JMO olarak;
korkunç bir afete dönüşmüş
doğal bir olay olan
17 Ağustos Körfez Depremi'nde
yakınlarını yitirmiş olan
insanlarımızın acılarını
yürekten paylaşıyor,
yaralanmış olan
insanlarımıza ise
geçmiş olsun diyoruz!

Foto: Cumhuriyet Dergi arşivinden