



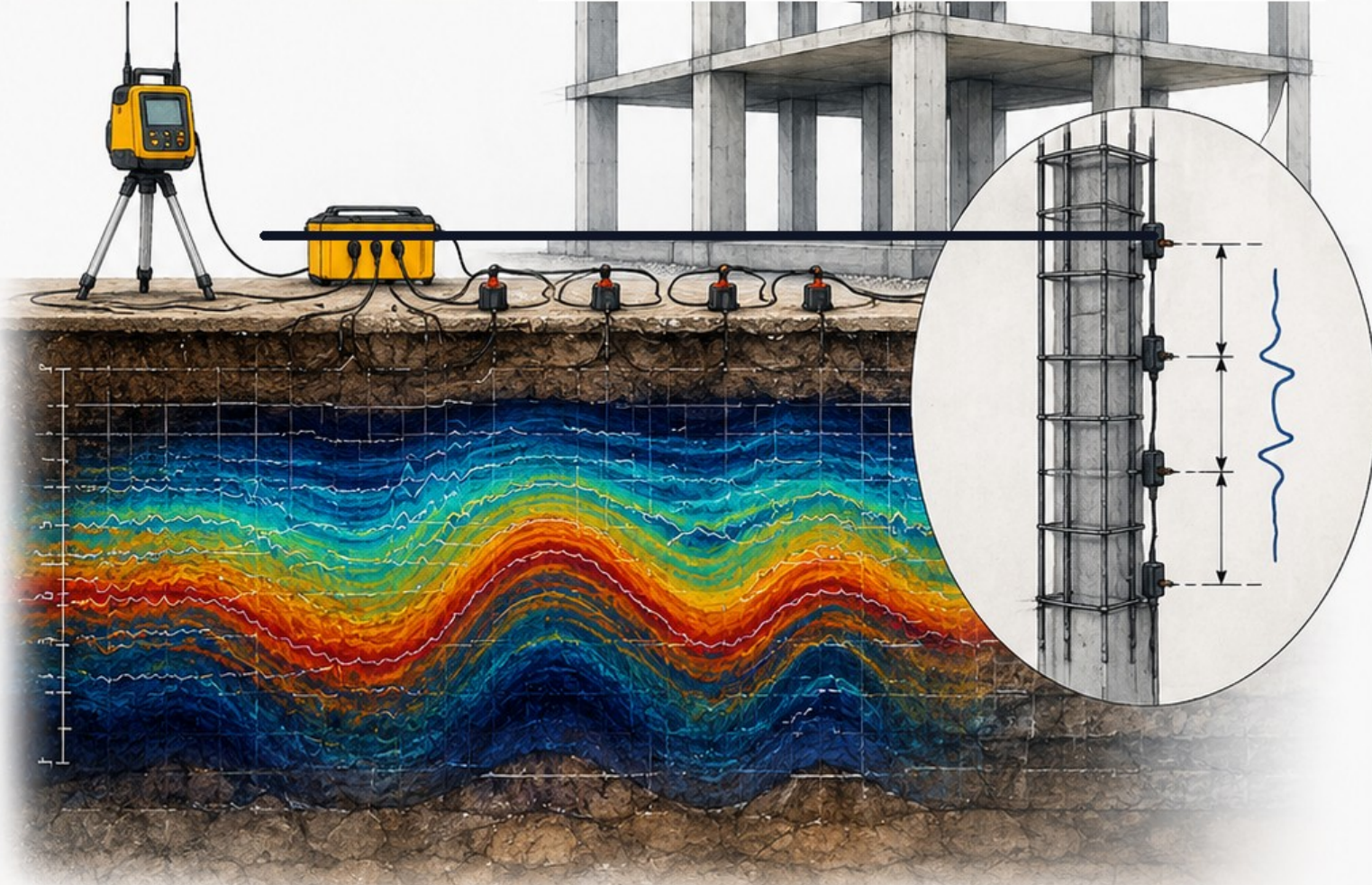
TMMOB
Jeofizik
Mühendisleri
Odası

Sayı 01
Mayıs-Haziran-Temmuz
2026

Üç ayda bir yayınlanır

Jeofizik e-Bülteni

Yapı ve Yapılaşma Jeofiziği



Bu *e*-bülten hiçbir ağaç kesilmeden ve odamıza hiçbir ek mali yük getirmeden hazırlanmış ve sizlere ulaştırılmıştır.

TMMOB JEOFİZİK MÜHENDİSLERİ ODASI
21. DÖNEM YÖNETİM KURULU



Jeofizik Bülteni

İMTİYAZ SAHİBİ

TMMOB Jeofizik
Mühendisleri Odası
Yönetim Kurulu Adına

Cem Demirel
Yönetim Kurulu Başkanı

Yayın Kurulu

21. Dönem Yönetim
Kurulu Asil ve Yedek
üyeleri tarafından
hazırlanmıştır.

 tmmobjfmo

 tmmobjfmo

 tmmobjfmo

 company/tmmob-jeofizik-mühendisleri-odası

 tmmobjfmo

İletişim
Milli Müdafaa Caddesi
NO:10/7
06650 Kızılay/ANKARA

(+90) 312 418 42 20
jfmo@jeofizik.org.tr
tmmobjfmo@hs01.kep.tr

İÇİNDEKİLER

Başyazı

ÖZEL BÖLÜM

ZEMİNDEN YAPIYA JEOFİZİK: DÜNYA STANDARTLARI, ÜNİVERSİTE MÜFREDATLARI ve MESLEKİ YETKİNLİK - 1

M. Emin Candansayar, N. Yıldırım Gündoğdu

YAPILAŞMA JEOFİZİĞİNDE MAKASLAMA DALGASI HIZ KESİTİNİN ReMi YÖNTEMİ İLE SAPTANMASI - 12
Ahmet T. Başokur

YALNIZCA YAPI TASARIMI AFET ZARARLARININ AZALTILMASINDA YETERLİMİ? - 24
Osman Uyanık

YAPI JEOFİZİĞİ : YAPIYA HASAR VERMEDEN TANI KOYABİLMEK - 33
Mustafa Şenkaya

TARİHİ YAPILARDA BASINÇ DAYANIMININ SİSMİK ULTRASONİK YÖNTEM İLE BELİRLENMESİ: KARİYE CAMİİ ÖRNEĞİ - 38
Burak Çatlıoğlu

KÜLTÜREL MİRASIN KORUNMASINDA JEOFİZİK: TARİHİ HÜSREVPAŞA HAMAMI GPR ARAŞTIRMASI - 45
Hilâl Özdoğan

YAPI İNCELEMELERİNDE YER-YAPI RADARI (GPR) UYGULAMALARI - 56
Fulya Varol, Safa Tülek

TEKNİK YAZILAR

RADYO YAYINCILIĞINDA KULLANILAN ELEKTROMANYETİK DALGALARIN GENLİĞİ VE İNSAN SAĞLIĞI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ: GÜNCEL BİLİMSEL KILAVUZLAR IŞIĞINDA BİR DERLEME - 64
Emin U. Uluggerli, Ahmet T. Başokur

FÖN RÜZGÂRI: TÜRKİYE'NİN SU BÜTÇESİNİ SESSİZCE YENİDEN ŞEKİLLENDİREN ETKEN - 76
Erdoğan Uslan

ODAMIZDAN

Ziyaretler, Basın Açıklamalarımız, Haberler, Etkinlikler, Özel Günler, 40. Yıl - 80

TARİHDEN BİR NOT

SPEKÜLASYONDAN BİLGİYE: DÜNYA'NIN ÇEKİRDEĞİNİN KEŞFİ - 144
Cem Demirel

BULMACA

KELİME AVI - 151

Jeofizik Mühendisleri Odası olarak mesleki bilgi üretimini daha geniş kesimlere ulaştırmak, bilimsel ve teknik birikimimizi güncel tartışmalarla buluşturmak ve meslektaşlarımız arasındaki iletişimi güçlendirmek amacıyla **Jeofizik e-Bülteni'nin ilk sayısını** yayımlamanın heyecanını yaşıyoruz. Üç ayda bir yayımlanacak olan e-bültenimizin her sayısında jeofizik mühendisliğinin farklı bir çalışma alanını özel konu olarak ele alacak; akademik çalışmalara, uygulama örneklerine, mesleki değerlendirmelere, mevzuat tartışmalarına ve kurumsal haberlere yer vereceğiz. İlk sayımızın temasını ise ülkemizin deprem gerçeği, kentleşme sorunları ve mevcut yapı stokunun durumu karşısında taşıdığı yaşamsal önem nedeniyle **“Yapı ve Yapılaşma Jeofiziği”** olarak belirledik.

Bir yapının güvenli olup olmadığı yalnızca taşıyıcı sistem elemanlarına, beton dayanımına veya donatı miktarına bakılarak anlaşılamaz. Yapının üzerinde yükseldiği zeminin özellikleri, yeraltındaki tabakaların geometrisi, yeraltı suyu koşulları, deprem dalgalarının zemin içerisinde uğradığı değişimler, temel sistemi, yapı malzemelerinin mevcut durumu ve yapının titreşim davranışı birlikte değerlendirilmelidir.

Bu nedenle yapı güvenliği, temel üstünde başlayan bir mühendislik konusu değildir. Güvenli yapılaşma; yer seçiminden imar planlamasına, zemin araştırmalarından temel tasarımına, yapı üretiminden denetime, mevcut yapıların incelenmesinden güçlendirme ve izleme çalışmalarına kadar uzanan kesintisiz bir süreçtir. Jeofizik mühendisliği ise bu sürecin farklı ölçeklerinde, gözle görülmeyen fiziksel parametreleri ortaya çıkartan ve yorumlanabilir verilere dönüştüren temel disiplinlerden biridir.

Bu sayıda yer alan çalışmalar, yapı ve yapılaşma jeofiziğinin yalnızca parsel ölçeğinde gerçekleştirilen zemin etütlerinden ibaret olmadığını açık biçimde ortaya koymaktadır. Alanın kapsamı; bölgesel yeraltı yapısının belirlenmesinden mikrobölgeleme çalışmalarına, yapı-zemin etkileşiminin incelenmesinden taşıyıcı sistem elemanlarının tahribatsız araştırılmasına ve kültürel miras yapılarının korunmasına kadar uzanmaktadır.

Bültenimize ulaşan çalışmalar da güvenli kentleşmenin yalnızca bina ölçeğinde çözülemeyeceğini; makrobölgeleme, mikrobölgeleme ve parsel bazındaki araştırmalar arasında bilimsel bir süreklilik kurulması gerektiğini göstermektedir. Bu bütünlük sağlanmadığında, imar

kararları çoğu zaman yeraltının gerçek fiziksel yapısından bağımsız biçimde verilmekte ve afet riski yapı üretim sürecinin daha başlangıcında büyümektedir. Mevcut yapıların jeofizik yöntemler ile izlenmesi ise başka bir kritik noktadır. Ayrıca bültenimizde yer alan örnekler, jeofizik yöntemlerin tarihî yapılarda sağlayabileceği katkıları göstermektedir. Duvar içerisindeki boşluklu ve yüksek poroziteli alanların belirlenmesi, enjeksiyon gerektiren bölgelerin haritalanması ve uygulama sonrasında işlemin etkinliğinin yeniden ölçülmesi, restorasyon çalışmalarını gözlemsel değerlendirmelerin ötesine taşımaktadır. Bu uygulamalar, jeofiziğin yalnızca yeni yapılaşmanın değil, toplumsal hafızanın ve kültürel mirasın korunmasının da önemli araçlarından biri olduğunu göstermektedir.

Jeofizik e-Bülteni'nin ilk sayısının, yalnızca belirli bir temaya ayrılmış teknik bir yayın olmanın ötesinde, mesleğimizin kamusal sorumluluğunu ve bilimsel birikimini görünür kılan yeni bir iletişim alanı oluşturmasını amaçlıyoruz.

Üç ayda bir yayımlayacağımız her sayıda jeofizik mühendisliğinin farklı bir yönünü bütünlüklü biçimde ele almaya devam edeceğiz. Akademisyenlerimizi, kamu kurumlarında ve özel sektörde çalışan meslektaşlarımızı, emekli üyelerimizi, genç mühendislerimizi ve öğrencilerimizi; bilimsel makaleleri, teknik uygulamaları, proje deneyimleri, mesleki değerlendirmeleri, tarihsel araştırmaları ve eleştirel görüşleriyle bültenimize katkı sunmaya davet ediyoruz.

Bu yayın, ancak mesleğimizin farklı alanlarında üretilen bilgilerin paylaşılması ve ortaklaştırılmasıyla gelişecektir. Her yeni sayı, jeofiziğin yaşamın ve toplumun farklı alanlarındaki karşılığını daha güçlü biçimde ortaya koyacaktır.

İlk sayımıza katkı sunan tüm yazarlarımıza ve emeği geçen meslektaşlarımıza teşekkür ediyoruz.

21. Dönem Yönetim Kurulu adına,

Cem DEMİREL

Yönetim Kurulu Başkanı

ZEMİNDEN YAPIYA JEOFİZİK: DÜNYA STANDARTLARI, ÜNİVERSİTE MÜFREDATLARI VE MESLEKİ YETKİNLİK

M. Emin CANDANSAYAR¹, Prof. Dr. ve N. Yıldırım GÜNDOĞDU², Dr.
e-posta: ¹candansayar@ankara.edu.tr, ²gundogdu@eng.ankara.edu.tr

Giriş

Yapılaşma, yalnızca bir yapının taşıyıcı sisteminin tasarlanması ve inşa edilmesinden ibaret değildir. Güvenli ve sürdürülebilir bir yapılaşma süreci; yapının oturacağı zeminin fiziksel özelliklerinin belirlenmesinden temel-zemin etkileşiminin değerlendirilmesine, mevcut yapı elemanlarının incelenmesinden zaman içerisinde gelişebilecek bozulma, boşluk, çatlak, nemlenme ve diğer yapısal sorunların izlenmesine kadar uzanan çok aşamalı bir değerlendirme gerektirir. Bu bütüncül süreçte jeofizik yöntemler, zemin ve yapı malzemelerinin fiziksel özelliklerini tahribatsız veya sınırlı müdahale ile ortaya koyabilme avantajı sayesinde önemli bir bilgi üretim aracı sunmaktadır.

Jeofiziğin mühendislik uygulamalarındaki temel yaklaşımı; elektriksel potansiyel farkı, zamana bağlı elektrik ve manyetik alanlar, elektromanyetik dalgalar ile sismik dalgaların seyahat zamanı ve genliği gibi ölçülebilir fiziksel büyüklükleri kaydetmek; bu verilerden öz direnç, sismik hız, dielektrik ve manyetik özellikler, yoğunluk gibi fiziksel parametreleri kestirerek yeraltı yapısını veya malzeme özelliklerini görüntülemek ve yorumlamaktır. Bu yaklaşımın hedefi bir temel kaya geometrisi, gömülü kırık tespiti, yeraltı suyu derinliği, temel altı süreksizlik veya karstik boşluklar, betonarme elemanın özellikleri (betonun homojenliği, çatlak/boşluk durumu, elastik özellikleri, donatı geometrisi, nem ve korozyonla ilişkili değişimler vb.), tünel kaplaması veya başka bir mühendislik yapısı olabilir. Hedef ve ölçek değişse de ölçümün dayandığı fizik kuralları değişmez.

Örneğin elastik dalgaların yayılımı zemin araştırmalarında sismik yöntemlerin, yapı elemanlarında ise sonik ve ultrasonik uygulamaların temelini oluşturur. Elektromanyetik dalga yayılımı yer radarı (GPR) uygulamalarının; elektrik akımının ortam içerisindeki davranışı ise öz direnç temelli araştırmaların fiziksel temelidir. Yapı Jeofiziği uygulamaları kapsamında,

yapıların tahribatsız incelenmesinde kullanılan ultrasonik/sonik ölçümler, yapı radarı ve elektrik öz direnç uygulamaları bu nedenle sırasıyla elastik dalga yayılımı, elektromanyetik dalga yayılımı ve elektrik gerilim alanına dayanan uygulamalı jeofizik yöntemlerdir. Başka bir ifadeyle yapı jeofiziği, jeofiziğin yakın yüzey ve mühendislik uygulamalarının yapı ölçeğindeki doğal devamıdır.

Dünya genelindeki standartlar ve üniversite müfredatları incelendiğinde de benzer bir yaklaşım görülmektedir. Aynı fiziksel yöntemler farklı kurumlarda “*Applied Geophysics, Engineering Geophysics, Near-Surface Geophysics, Environmental and Geotechnical Geophysics, Infrastructure Sensing* veya *Non-Destructive Testing*” gibi farklı başlıklar altında ele alınabilmektedir. **Terminoloji değişse de ortak payda; fiziksel alanların ölçülmesi, uygun araştırma geometrisinin oluşturulması, verinin işlenmesi ve modellenmesi, fiziksel parametrelerin kestirilmesi ve sonuçların mühendislik problemine yönelik yorumlanmasıdır.**

Uluslararası Standart ve Rehber Dokümanlarda Yapı Jeofiziği

Uluslararası standartlar incelendiğinde jeofizik yöntemlerin yapılaşma sürecindeki kullanımının iki temel ölçekte ele alındığı görülür. İlkinde yapılaşma alanının zemin ve kaya özelliklerinin belirlenmesine yönelik saha araştırmaları, ikincisinde ise mevcut yapıların ve yapı elemanlarının fiziksel özelliklerinin değerlendirilmesine yönelik tahribatsız incelemeler bulunmaktadır. Her iki ölçekte de temel yaklaşım aynıdır: **fiziksel özellik farklılıklarından kaynaklanan fiziksel alanın ölçülmesi ve bu verilerden fizik parametrelerini elde ederek bunları mühendislik araştırması kapsamında kullanmaktır.**

ASTM D6429-23 *Standard Guide for Selecting Surface Geophysical Methods*, yüzey jeofizik yöntemlerini jeolojik, jeoteknik, hidrolojik ve çevresel saha araştırmalarının bir parçası olarak ele almaktadır. Standart, jeofizik ölçümlerin fiziksel özelliklerin yanal ve düşey değişimlerini haritalayabildiğini, zaman içindeki değişimleri izleyebildiğini ve geniş alanların hızlı ve düşük müdahale ile araştırılmasına imkân sağladığını belirtmektedir. Daha da önemlisi, uygun yöntemin seçiminin hedefin ölçeği, saha koşulları ve proje amacı dikkate alınarak yetkin bir profesyonel tarafından gerçekleştirilmesini kritik görmektedir.

Aynı standart, jeofizik araştırmanın başarısındaki temel etkenlerden birinin araştırmayı planlayan, uygulayan ve veriyi yorumlayan kişinin yeterliliği olduğunu; yöntemin kuramı, saha prosedürleri ve yorumlama konusunda bilgi ve deneyim gerektiğini özellikle vurgulamaktadır. Uzmanlaşmış eğitim veya deneyime sahip olmayan kişilerin jeofizik yöntemlerin uygulanmasında yetkin profesyonellerden destek alması önerilmektedir. **Bu yaklaşım önemlidir; çünkü jeofizik araştırmayı yalnızca “cihazla ölçüm yapmak” düzeyine indirmemekte, ölçüm tasarımıyla yorumlamaya uzanan bütün bir uzmanlık zinciri olarak tanımlamaktadır.**

Yöntemler yapı ölçeğine taşındığında aynı fiziksel süreklilik devam eder. Mühendislik uygulamaları ve test çalışmalarının standartları konusunda “ASTM International” kurumunun yayınladığı standartlar sürekli geliştirilen ve tüm dünyada kabul gören temel standartlardır. ASTM C597-22, beton içerisindeki ultrasonik darbe hızının belirlenmesini bir tahribatsız test yöntemi olarak tanımlar. ASTM' nin güncel standardizasyon çalışmaları bu yaklaşımı enine dalga hızı olan S-dalgalarını da kapsayacak biçimde geliştirmeyi amaçlamaktadır. ASTM'nin 2026 yılında başlattığı WK97651 kodlu C597 revizyon çalışması, standardın enine (S) ultrasonik dalgaları da kapsayacak biçimde geliştirilmesini amaçlamaktadır. ISO 1920-7 de sertleşmiş beton için tanımladığı tahribatsız yöntemler arasında ultrasonik darbe hızını açıkça saymaktadır.

Elastik dalga tabanlı bir diğer uygulama olan impact-echo yöntemi ASTM C1383-23 kapsamında beton plakalar, döşemeler, köprü tabliyeleri, duvarlar ve benzeri elemanlarda P-dalga hızı ile kalınlığın belirlenmesi amacıyla kullanılmaktadır. YER RADARI için ASTM D6432-19, yöntemi yüksek frekanslı elektromanyetik dalgalarla yeraltı ve malzeme içerisinden bilgi elde eden bir yöntem olarak tarif etmekte; ekipman, saha prosedürü ve veri yorumlama süreçlerini birlikte ele almaktadır. Betonun elektrik özellikleri de standartların konusudur; ASTM C1876-25, betonun elektrik öz direnç (ve iletkenliğini) uygulanan elektrik alan altındaki iyon hareketi ile ilişkili fiziksel büyüklükler olarak tanımlamaktadır.

ACI 228.2R-13 ise mevcut beton ve donatı durumunun tahribatsız değerlendirilmesinde gerilme dalgası (stress-wave) yöntemlerini, manyetik ve elektrik yöntemleri, kızılötesi termografiyi ve yer radarını aynı değerlendirme çerçevesinde ele almaktadır. Dokümanın yalnızca cihazları

sıralamaması; fiziksel prensipleri, kullanılan ekipmanı, test prosedürlerini, veri analizini ve araştırmanın planlanmasını birlikte değerlendirmesi dikkat çekicidir.

Dolayısıyla uluslararası standartların ortaya koyduğu çerçeve açıktır: araştırma zeminde de yapı elemanında da yapılırsa, bilimsel süreç **fiziksel parametrenin ölçülmesi, verinin işlenmesi ve elde edilen yanıtın bir fiziksel model içerisinde yorumlanmasına** dayanmaktadır ve bu sıralama **jeofizik mühendisliği lisans eğitim** programlarındaki dersin omurgasını oluşturmaktadır.

Üniversite Eğitim Müfredatlarında Durum Ne?

Bu yönetsel süreklilik dünyanın farklı üniversitelerindeki eğitim programlarında da görülebilmektedir. Ancak yapı ve yapılaşmaya jeofiziği uygulamaları her kurumda doğrudan “Structural Geophysics” veya “Yapı Jeofiziği” adı altında örgütlenmemektedir. Aynı bilimsel içerik farklı programlarda “Mühendislik Jeofiziği, Yakın Yüzey Jeofiziği, Geoteknik Jeofizik, Altyapı Algılama veya Tahribatsız Test” başlıkları altında karşımıza çıkmaktadır.

Colorado School of Mines Geophysical Engineering programındaki *Applied Geophysics I* ve *Applied Geophysics II* dersleri bu bütünlüğün açık örneklerindendir. Birinci ders elektrostatik, manyetik ve gravite alanlarını; ikinci ders elektromanyetik ve sismik alanları yeraltının görüntülenmesi amacıyla ele almakta ve bu araçların geoteknik ve çevresel mühendislik problemlerinde kullanıldığını açıkça belirtmektedir. Dersler yalnızca kuramsal bilgiyi değil; deney tasarımı, cihaz kullanımı, veri toplamayı, veri işlemeyi ve bilimsel yorumlamayı birlikte kapsamaktadır.

University of British Columbia (UBC) bünyesindeki *Environmental, Geotechnical, and Exploration Geophysics I* dersi ise jeofizik araştırma tasarımı, veri toplama, işleme ve yorumlamayı yakın yüzey problemleri odağında ele almakta; sismik yansıma/kırılma, elektromanyetik yöntemler ve Yer Radarı çevresel ve geoteknik problem örnekleriyle birlikte öğretmektedir.

Bir başka dikkat çekici örnek **University of Edinburgh** Civil Engineering programıdır. 2026/27 eğitim programında “*Infrastructure Sensing using Ground Penetrating Radar*” dersi doğrudan İnşaat ve Çevre Mühendisliği programı içerisinde yer almaktadır. Bu örnek önemli bir noktaya işaret etmektedir: **bir jeofizik yöntemin başka bir mühendislik disiplininin problemine uygulanması, yöntemin fiziksel ve bilimsel kimliğini değiştirmez.** Aksine, bu durum modern mühendislikte disiplinler arası bilgi kullanımının doğal sonucudur.

Belki de en açıklayıcı örnek **Politecnico di Milano**'dur. Üniversitenin “Building and Construction Engineering” lisans programında “*Laboratorio di Prove Non Distruttive*” – Tahribatsız Deneyler Laboratuvarı – dersi bulunmaktadır. Bu dersin bilimsel disiplin sınıflaması “**GEOS-04/B - Applied Geophysics (Uygulamalı Jeofizik)**” olarak tanımlanmaktadır. Dolayısıyla ders farklı bir programda verilmekte, ancak kullanılan yöntemlerin akademik uzmanlık alanı uygulamalı jeofizik içerisinde açıkça tanımlanmaktadır.

Bu açıdan dikkat çekici bir diğer örnek Türkiye’den Ankara Üniversitesi’dir. Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü’nün İngilizce lisans programında “**GEOP420 – Geophysical Applications in Constructions**” dersi yer almakta; yapıların ve yapı elemanlarının jeofizik yöntemlerle incelenmesi doğrudan lisans eğitiminin bir parçası olarak ele alınmaktadır. Aynı programda yer alan “*Ground Penetrating Radar, Vibrations and Waves, Geophysical Data Acquisition ve Geophysical Data Inversion*” gibi dersler de yapı jeofiziğinin tekil bir ölçüm tekniğinden değil; dalga fiziği, veri toplama, veri işleme, modelleme ve yorumlamaya uzanan bütüncül bir jeofizik altyapıdan beslendiğini göstermektedir.

Benzer biçimde “**IIT (Indian School of Mines) Dhanbad Applied Geophysics**” Bölümünde “*Near Surface Geophysics and Geotechnical Modelling*” doğrudan ders programının bir parçasıdır.

Bu örneklerden çıkarılması gereken sonuç, jeofizik yöntemlerin yalnızca jeofizik mühendislerinin çözüm üretmesine ihtiyaç duyduğu problemlerde kullanıldığı değildir. Tam tersine, jeofizik yöntemler inşaat mühendisliğinden çevre mühendisliğine, restorasyondan ulaşım altyapısına kadar birçok disiplinin sorunlarına veri üretmektedir. Ancak **problemin sahibi ile fiziksel ölçüm yönteminin uzmanlık alanı aynı kavram değildir.** Bir tünelin taşıyıcı güvenliği farklı bir disiplinin problemi olabilir ancak tünel kaplamasında Yer Radarı ile

elektromanyetik görüntüleme veya sismik/ultrasonik dalgalarla tomografik görüntüleme yapılması ise jeofizik ölçme ve görüntüleme problemidir.

Ortak Payda: Yöntem Değil, Fiziksel Alan

Yapı jeofiziği tartışmalarında en fazla gözden kaçan nokta yöntemlerin kullanılan cihazın adı veya uygulandığı malzeme üzerinden tanımlanmasıdır. Oysa bir yöntemin bilimsel kimliğini belirleyen şey, cihazın üzerinde yazan marka, araştırmanın yapıldığı sektör veya hedef malzemenin beton ya da kaya olması değildir.

Jeofizik yöntemin temelinde **bir fiziksel alanın oluşturulması veya doğal fiziksel alanın ölçülmesi; bu alanın ortamın fiziksel özellikleriyle etkileşiminin kaydedilmesi ve elde edilen verinin fiziksel bir model yardımıyla yorumlanması** bulunmaktadır.

Elastik dalga yöntemleri bunun en açık örneğidir. Zemin ve kaya ortamında sismik kırılma, yansıma, yüzey dalgaları veya tomografi olarak kullanılan ölçümler ile beton ve diğer yapı malzemelerinde kullanılan “sonik, ultrasonik, pulse-echo” teknikleri aynı temel olguya, yani elastik dalgaların farklı mekanik özelliklere sahip ortamlardaki yayılımına dayanmaktadır. Ölçeğin küçülmesiyle frekans, kaynak, alıcı ve ölçüm geometrisi değişebilir; ancak hız, genlik, sönümlenme, yansıma, kırılma ve saçılma gibi temel dalga fiziği kavramları değişmez.

Aynı durum elektromanyetik yöntemler için de geçerlidir. Yer Radarı bir zemin kesitini, asfalt tabakasını, betonarme içindeki donatıları veya tarihî yapının duvarını araştırabilir. Her durumda temel fiziksel süreç elektromanyetik dalganın ortamın dielektrik ve elektriksel özelliklerine bağlı olarak yayılması, yansıması ve sönümlenmesidir. Elektrik özdirenç uygulamasında da araştırma derinliği ve elektrot açıklığı kilometrelerden santimetrelere kadar değişebilir; ancak fiziksel problem elektrik akımının ortam içerisindeki dağılımı ve elektriksel özelliklerin belirlenmesidir.

Dolayısıyla **ölçek değişir, hedef değişir, frekans değişir; fizik değişmez.**

Bu gerçek, yapı üzerindeki tahribatsız uygulamaların yalnızca bir “muayene” veya “cihaz kullanımı” olarak görülmesinin neden eksik olduğunu da ortaya koymaktadır. Veri toplama, sinyal işleme, fiziksel parametre kestirimi, tomografik değerlendirme, görüntüleme ve mühendislik yorumu bu uygulamaların ayrılmaz parçalarıdır. Bir cihazı yapı yüzeyinde hareket ettirmek ile doğru ölçüm geometrisini tasarlamak, dalga alanını anlamak, veriyi işlemek, ters çözmek ve fiziksel modeli yorumlamak aynı şey değildir.

Jeofizik mühendisliği eğitiminin ayırt edici yönü de tam olarak bu zincirdir: **fizik → ölçme → sinyal/veri → modelleme → ters çözüm → görüntüleme → yorum.**

Türkiye'de Yapı Jeofiziği: Yetki, Yetkinlik ve Disiplinlerarası Sorumluluk

Türkiye açısından bu tartışma 20 Haziran 2026 tarihinde yeni bir aşamaya taşınmıştır. 33286 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan **TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası Serbest Müşavirlik Mühendislik Hizmetleri, Büro Tescil ve Meslekî Denetim Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik** ile yapı incelemelerine yönelik jeofizik uygulamalar Jeofizik Mühendisleri Odasının serbest müşavirlik mühendislik hizmetleri kapsamında açık biçimde tanımlanmıştır. Yönetmelik değişikliğinin ardından yapılan açıklamalarda mikrotremor, sismik/sonik yöntemler, yapı radarı ve öz direnç uygulamalarının kapsamı kamuoyunda tartışılmıştır.

Burada yapılması gereken ayırım son derece nettir.

Bir yapının deprem güvenliği, performansı, riskli yapı niteliği veya kullanım kararı yalnızca bir jeofizik ölçüm sonucuna dayanarak belirlenemez. Mevcut yapının performans değerlendirmesi; taşıyıcı sistem geometrisi, beton ve donatı özellikleri, zemin koşulları, deprem etkileri ve ilgili mevzuat kapsamında gerçekleştirilen statik ve dinamik analizlerin birlikte değerlendirilmesini gerektiren çok disiplinli bir mühendislik sürecidir.

Ancak bu gerçek, jeofizik mühendisliği yöntemleriyle elde edilen verinin değerini veya bu verinin üretimindeki mesleki uzmanlığı ortadan kaldırmaz.

Jeofizik mühendisinin görevi “bu bina güvenlidir” veya “bu bina güvensizdir” şeklinde nihai yapısal güvenlik hükmü vermek değildir. Jeofizik mühendisinin görevi; **yapı ve zemin ortamına ilişkin ölçümü tasarlamak ve gerçekleştirmek, veriyi bilimsel yöntemlerle işlemek, fiziksel parametreleri belirlemek, görüntüleme ve modelleme sonuçlarını üretmek, bunları belirsizlikleriyle birlikte yorumlamak ve ilgili mühendislik disiplinlerinin kullanımına sunmaktır.**

Tam da bu nedenle “nihai karar başka bir mühendislik disiplinine aittir” önermesi ile “jeofizik yöntemlerin uygulanması ve yorumlanmasında jeofizik mühendisliği uzmanlığı gereklidir” önermesi birbiriyle çelişmez.

Bir kardiyolog görüntüleme cihazını kullanıyor diye görüntüleme fiziği ortadan kalkmadığı gibi, bir inşaat probleminde yer radarı, ultrasonik dalga, sismik yöntem veya elektrik öz direnç kullanılması da bu yöntemlerin uygulamalı jeofizik niteliğini ortadan kaldırmaz. Disiplinlerarası mühendisliğin anlamı yöntemlerin bilimsel kimliğini silmek değil, **her disiplinin uzmanlığını doğru yerde kullanarak ortak probleme daha güçlü bir çözüm üretmektir.**

Bu noktada mesleki tutumumuz da açık olmalıdır: elastik dalga yayılımı, elektromanyetik dalga yayılımı, elektrik akım alanı, titreşim ölçümü; bunlara ait sinyal ve veri işleme, modelleme, tomografi ve ters çözüm yaklaşımları Jeofizik Mühendisliği eğitiminin temel bileşenleridir. Uluslararası üniversite müfredatlarında da uygulamalı jeofizik eğitiminin araştırma tasarımından veri toplamaya, işlemeye ve yorumlamaya kadar bu bütünlük içerisinde verildiği görülmektedir.

Dolayısıyla yapı üzerinde sismik/sonik/ultrasonik, yer radarı, elektrik öz direnç ve benzeri fiziksel görüntüleme yöntemlerinin **jeofizik araştırma ve hizmet olarak planlanması, uygulanması, verilerinin işlenmesi, modellenmesi ve jeofizik parametreler açısından yorumlanmasında mesleki yetkinliğin asli adresi Jeofizik Mühendisliğidir.**

Bu, diğer mühendislik disiplinlerinin yapı değerlendirme sürecindeki yetkisini üstlenmek anlamına gelmez. Aksine, doğru tanımlanmış bir iş bölümünü ifade eder. Jeofizik mühendisliği bilimsel veriyi üretir; ilgili mühendislik disiplinleri bu veriyi kendi analizleri ve karar süreçleri

içerisinde kullanır. Yapı güvenliğine ilişkin nihai değerlendirme bu farklı bilgi katmanlarının birlikte ele alınmasıyla oluşur.

Yöntemin Adını Doğru Koymak

Bugün yapıların tahribatsız araştırılmasında kullanılan yöntemlere dünyanın farklı yerlerinde “NDT, *structural assessment*, *infrastructure sensing*” veya başka uygulama adları verilebilir. Ancak terminolojik çeşitlilik fiziksel gerçekliği değiştirmez. Ultrasonik/sonik ve sismik uygulamalar elastik dalga fiziğine, Yer Radarı elektromanyetik dalga yayılımına, özdirenç yöntemleri elektrik gerilim alanına, mikrotremor ölçümleri ise titreşim ve dalga alanlarının analizine dayanmaktadır. Bunların tamamı uygulamalı jeofiziğin kuramsal ve yöntemsel alanı içerisindedir.

Bir yöntemin başka bir mühendislik disiplininin problemine çözüm üretmesi, onun jeofizik niteliğini kaybettiği anlamına gelmez. Aynı şekilde disiplinlerarası iş birliği de bir mühendislik disiplininin bilgi alanının görünmez kılınması veya başka bir disiplinin alt uygulaması gibi sunulması anlamına gelmemelidir.

Jeofizik mühendisliği, nihai yapısal güvenlik kararının sahibi olduğunu iddia etmemektedir. **Fakat o kararı besleyecek ölçülebilir, denetlenebilir ve tekrarlanabilir fiziksel verinin üretiminde kendi bilimsel ve mesleki uzmanlığının yok sayılmasını da kabul edemez.** Yapı ve zemin ortamlarında sismik dalga yayılımını, titreşimi, elektromanyetik yansımayı ve elektriksel özdirenç ölçmek; bu verileri işlemek, modellemek ve fiziksel anlamına dönüştürmek jeofizik mühendisliğinin temel faaliyetleridir.

Gelişen teknoloji ile mühendislik uygulamalarının yeni ölçeklere ve yeni hedeflere ulaşması, mesleki sınırların aşındırılması değildir. Bilimin ve mühendisliğin doğal gelişimidir. Dün yüzlerce metre derindeki bir yapıyı görüntülemek için kullanılan fiziksel prensiplerin bugün santimetre ölçeğindeki bir beton elemanın içerisini görüntüleyebilmesi, jeofiziğin alanının daraldığını değil; **ölçme ve görüntüleme gücünün geliştiğini** göstermektedir.

Bu nedenle yapı ve yapılaşma süreçlerinde sorulması gereken soru “Bu cihazı kim kullanabilir?” olmamalıdır.

Asıl soru şudur: **Bu fiziksel ölçümü kim doğru tasarlayabilir, veriyi kim bilimsel esaslarla işleyebilir ve modelleyebilir, elde edilen fiziksel parametrelerin sınırlarını ve belirsizliklerini kim doğru yorumlayabilir?**

Jeofizik Mühendisliği bu soruya güçlü bir bilimsel eğitim, yöntem bilgisi ve mühendislik pratiğiyle yanıt veren bir meslek disiplini.

Yapı jeofiziğinin doğru tanımlanması; başka mesleklerin alanını daraltmak için değil, **güvenli yapılaşma ve kamu yararı adına doğru bilginin doğru uzmanlıkla üretilmesi için gereklidir.**

Kaynaklar

ACI Committee 228. (2013). Report on nondestructive test methods for evaluation of concrete in structures (ACI 228.2R-13). American Concrete Institute. <https://www.concrete.org/store/productdetail.aspx?ItemID=228213>

ASTM International. (2019). Standard guide for using the surface ground penetrating radar method for subsurface investigation (ASTM D6432-19). <https://doi.org/10.1520/D6432-19>

ASTM International. (2022). Standard test method for ultrasonic pulse velocity through concrete (ASTM C597-22). <https://doi.org/10.1520/C0597-22>

ASTM International. (2023a). Standard guide for selecting surface geophysical methods (ASTM D6429-23). <https://doi.org/10.1520/D6429-23>

ASTM International. (2023b). Standard test method for measuring the P-wave speed and the thickness of concrete plates using the impact-echo method (ASTM C1383-23). <https://doi.org/10.1520/C1383-23>

ASTM International. (2025). Standard test method for bulk electrical resistivity or bulk conductivity of concrete (ASTM C1876-25). <https://doi.org/10.1520/C1876-25>

ASTM International. (2026). Revision of C597-22 Standard Test Method for Ultrasonic Pulse Velocity Through Concrete (Work Item WK97651). <https://www.astm.org/membership-participation/technical-committees/workitems/workitem-wk97651>

International Organization for Standardization. (2004). Testing of concrete—Part 7: Non-destructive tests on hardened concrete (ISO 1920-7:2004). <https://www.iso.org/standard/29103.html>

Üniversite Müfredatları ve Ders İçerikleri

Colorado School of Mines – Geophysical Engineering

GPGN318 – Applied Geophysics I

GPGN319 – Applied Geophysics II

<https://catalog.mines.edu/coursesaz/geophyseng/>

University of British Columbia (UBC)

EOSC_V 350 – Environmental, Geotechnical, and Exploration Geophysics I

<https://vancouver.calendar.ubc.ca/course-descriptions/courses/eoscv-350-environmental-geotechnical-and-exploration-geophysics-i>

University of Edinburgh – School of Engineering / Civil Engineering

CIVE11050 – Infrastructure Sensing using Ground Penetrating Radar

<https://www.drps.ed.ac.uk/26-27/dpt/cxcive11050.htm>

Politecnico di Milano – Building and Construction Engineering

062399 – Laboratorio di Prove Non Distruttive

Bilimsel disiplin: **GEOS-04/B – Applied Geophysics**

https://onlineservices.polimi.it/manifesti/manifesti/controller/ManifestoPublic.do?evn_DEFAULT=evento&lang=EN

Ankara Üniversitesi – Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği (İngilizce)

GEOP420 – Geophysical Applications in Constructions

<https://www.ankara.edu.tr/programlar/2/454/4415-2052>

Indian Institute of Technology (Indian School of Mines), Dhanbad – Applied Geophysics

NGPD511 – Near Surface Geophysics and Geotechnical Modelling

NGPD512 – Strong Motion Seismology and Structural Responses

<https://people.iitism.ac.in/~academics/Academic/agp>

YAPILAŞMA JEOFİZİĞİNDE MAKASLAMA DALGASI HIZ KESİTİNİN ReMi YÖNTEMİ İLE SAPTANMASI

Ahmet T. BAŞOKUR, Prof. Dr.
e-posta: basokur@ankara.edu.tr

Giriş

Yapılaşma jeofiziğinde S-dalgası hızlarının elde edilmesi için yüzey kırılma yöntemi ya da kuyu içi sismik yöntemler kullanılmaktadır. Kırılma yöntemi ile hız terslenmesi (yüksek hızlı bir katmanın altında düşük hızlı katman bulunması) ile karşılaşıldığında, düşük hızlı katmanın parametreleri çözülememektedir. Ayrıca, kent içerisindeki ölçü alımlarında yeterli sinyal/gürültü oranı elde etmede çeşitli sorunlar ile karşılaşılmaktadır. Kuyu içi yöntemler ise sondaj açılması ve gerekli donanımın bulunması koşullarında uygulanabilmektedir. Ayrıca, elde edilen bilgi kuyu dolayı ile sınırlıdır. Bu yöntemlere ek olarak önerilen ReMi (Refraction Microtremor) yönteminin amacı, gürültü kayıtları ile 100 metre derinliğe kadar S-dalgası hız kesitinin elde edilmesidir. Veri toplama için kırılma yönteminde kullanılan kayıtçılar ve düşey jeofonlar kullanılır. Yöntem, Rayleigh dalgasının frekans-bağılılık (dispersion) özelliği nedeni ile erişim derinliğinin dalga boyuna bağımlı olmasından yararlanır. Veri-işlem aşamasında $\tau - p$ ve Fourier dönüşümleri kullanılarak frekans bağımlı evre hızı eğrisi elde edilir. Bu eğriden, evirtim (ters-çözüm) ile katman kalınlıkları ve S-dalgası hızları bulunmaktadır. Burada, aynı noktada ReMi ve sismik kırılma yöntemleri uygulamasına bir örnek verilecektir. ReMi yönteminden bulunan hız kesiti ile kırılma verisinin iki-boyutlu evirtimi ile elde edilen S-dalgası hız kesitleri karşılaştırılmıştır. Kırılma verisinden sığ derinliklere (0-30 m) ilişkin bilgiler iyi bir ayrımlılıkla elde edilmekte ve ReMi yöntemi ile de 100 m derinliğe kadar hız değişimi saptanabilmektedir. Her iki yöntemden elde edilen bilgiler tamamlayıcı olduğundan, kırılma ölçüleri sonrası aynı serim düzeni kullanılarak, ReMi ölçümleri gerçekleştirilebilir ve hem sığ hem de derin hız bilgisine erişmek olanaklı duruma gelir. Dalga genliğinin frekansa bağımlı olarak elde edilmesi, yapı-yeri tepkisinin bulunması ile olanaklıdır. Bu hesaplama için yapı yerine ilişkin S-dalgası hızlarına ve yer altı hız dağılımına gereksinim bulunmaktadır. Yapı-yeri incelemelerinde S-dalgası hızlarının elde edilmesi için iki yöntem bulunmaktadır. Bunlar sismik kırılma ve kuyu içi sismik yöntemleridir. Kuyu içi sismik yönteminin uygulanması mekanik delme çalışması

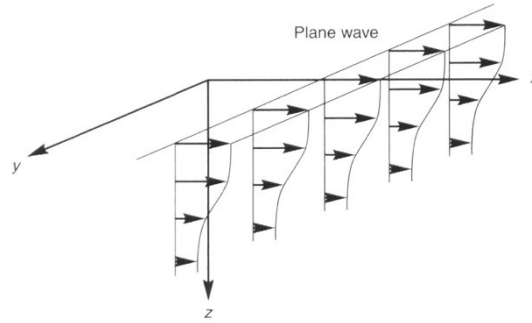
gerektirdiğinden görece pahalıdır. Karşıt-kuyu çalışması yapılmamış ise elde edilen bilgi sondaj çevresi ile kısıtlıdır. Yapılaşma jeofiziği çalışmalarının kent içinde ve dar alanlarda gerçekleştirilmesi gerektiğinden, hedef araştırma derinliği için sismik kırılma yönteminde gerekli serim uzunluğunu elde etmek her koşulda olanaklı olmamaktadır. Gürültüler hem uygulamada sorunlar yaratmakta hem de uzak jeofonlardaki sinyali örterek dolaylı olarak araştırma derinliğini azaltmaktadır. Yönetmeliklerde mühendislik çalışmaları için 30 m araştırma derinliği yeterli görülmekte ve genellikle bu derinliğe kadar S-dalgası hız kesitinin kırılma yöntemi ile saptanmasında bir sorunla karşılaşmamaktadır. Ancak, yapı-yeri tepkisinin bulunabilmesi için sismik temel olarak adlandırılan ve en az 760 m/sn S-dalgası hızı olan katmana kadar yer altı geometrisinin ve sismik hızların bilinmesi gerekmektedir. Alüvyon kalınlığının 30 metreden daha kalın olduğu durumlarda sismik kırılma yöntemi ile sismik temelin saptanması oldukça güçleşmektedir. ReMi yöntemi, sismik kırılma ölçüm dizgelerini kullanarak, 100 metre derinliğe kadar S-dalgası hızlarını kabul edilebilir bir doğrulukta sağlayabilmektedir. Bu çalışmanın konusunu ReMi yönteminin kuramsal ilkeleri ile bir uygulama örneği oluşturmaktadır.

Kuramsal İlkeler ve Uygulama

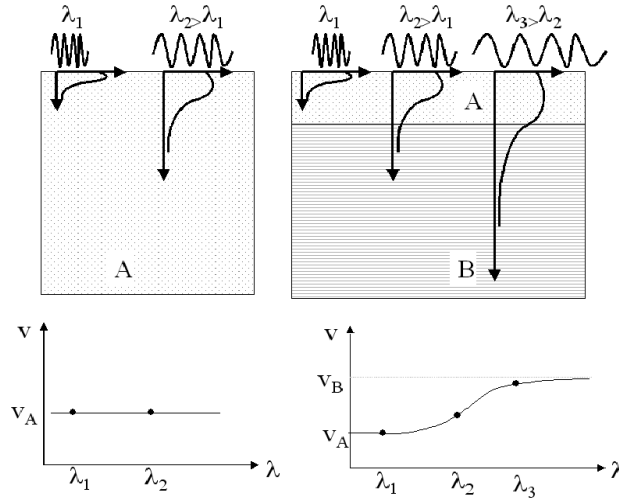
Socco ve Strobbia (2004), yüzey dalgası yöntemlerinin gelişimi, kuramsal temelleri ve mühendislik sorunlarına uygulanışını özetlemiştir. Yüzey dalgaları deprem biliminde çok eskiden beri kabuk ve üst-mantonun yapısının araştırılmasında kullanıla gelmekle birlikte, yapı-yeri incelemelerinde S-dalgası hızlarının saptanması gibi sık amaçlar için kullanımı SASW (Spectral Analysis of Surface Waves-Yüzey Dalgalarının İzgesel Çözümlemesi) yönteminin geliştirilmesi ile başlamıştır (Nazarian and Stokoe 1984; Stokoe and Nazarian 1985; Gucunski and Woods 1991; Tokimatsu *et al.* 1992). Bu yazıda ise kırılma ölçü takımı ile uygulanabilen bir yüzey dalgası yöntemi olan ReMi yöntemi ele alınacaktır.

Titreşimcik (microtremor), yel, yağmur, deniz dalgaları ve atmosfer basınç değişimi gibi doğal olaylardan ya da kişi etkinliklerinden kaynaklanan, dönemleri 0.005-2 saniye aralığındaki titreşimlerdir. Birçok araştırmacı, titreşimcikleri Rayleigh dalga türü ile ilişkilendirmektedir. Rayleigh dalgaları bir tür yüzey dalgası olup, yalnızca yer-hava sınırı gibi özgür yüzeylerde, P ve S dalgalarının girişimlerinin bir sonucudur. Eliptik parçacık devinimi dalga yayılım yönünün

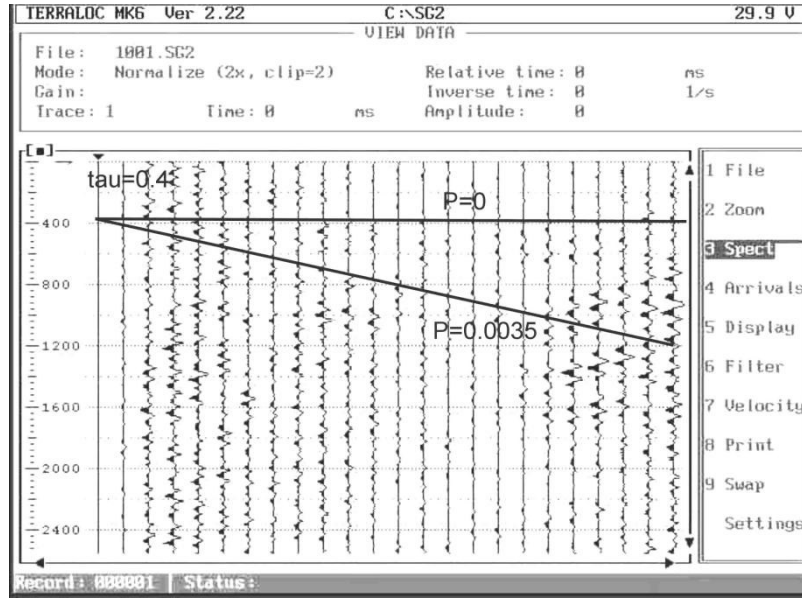
tersinedir. Rayleigh dalgaları sınırlı bir derinlik boyunca yayılım gösterirler ve dalga boyları uzadıkça daha derinlere girer. Erişim derinliği yaklaşık bir dalga boyudur. Görüntü 1’de, x yönünde ilerleyen düzlem dalgaının genliğinin derinlik ile değişimi gösterilmiştir. Görüntü 2’de ise kısa ve uzun dalga boyları için Rayleigh dalgalarının erişim derinliği taslak olarak gösterilmiştir (Strobbia, 2004). Her dalga boyunun karşılığı olan bir evre hızı vardır (Xia et al., 1999). Tekdüze ortamda değişik dalga boyları aynı evre hızındadır. Katmanlı ortamda ise küçük dalga boylarında evre hızı birinci katmanın, çok büyük dalga boylarında ise temelin evre hızına eşit olacaktır. Katmanların biçimsel özelliklerinden kaynaklanmayan bu olaya ‘biçime ilişkin bağıllık’ ve evre hızının frekans ile değişiminin çizimine de frekans-evre hızı eğrisi adı verilir.



Görüntü 1. x yönünde ilerleyen düzlem dalga (Kramer, 1996).



Görüntü 2. Yüzey dalgalarının frekans-bağıllık özelliği. (a) tekdüze ortamda durağan evre hızı ve (b) iki katmanlı ortamda evre hızının dalga boyu ile değişimi (Socco and Strobbia, 2004).



Görüntü 3. $\tau - p$ dönüşümü. Üstteki doğru için $\tau=0.4$, $p=0$ ve alttaki doğru için $\tau=0.4$, $p=0.035$.

ReMi yönteminin uygulaması üç aşamayı kapsamaktadır. Bunlar, veri toplama, veri-işlem ve evirtim aşamalarıdır. Veri-işlem aşaması sismik kırılma aygıtları ile gerçekleştirilebilir. 12 kanal aygıtlar uygun olmakla birlikte, 24-48 kanal aygıtlar daha nitelikli veri toplanmasını sağlar. 4-8 Hz. frekanslı düşey jeofonlar ile 100 metre araştırma derinliğine ulaşılabilir. 5-10 metre jeofon aralığı ile 100-250 metre uzunluğunda bir doğrultu oluşturulur ise 30 saniye zamanlı titreşimcik kayıtları ile 100 metre derinliğe kadar S-dalga hızı değişimi saptanabilir. Yöntem, iyi bir yapıştırma ile jeofonların asfalt üzerine de yerleştirilmesine izin vermektedir.

Yöntemin uygulaması Bolu kentsel alanında daha önce sismik ve sondaj çalışmaları gerçekleştirilen bir bölgede yapılmıştır. 24 kanallı kırılma aygıtı ve düşey jeofonlar kullanılarak, 32 saniye süresince gürültü kayıt edilmiştir. Jeofon aralığı 10 ve toplam serim uzunluğu 230 metredir. ReMi yönteminin veri-işlem aşamaları Bolu'da aynı noktada ölçülen kayıtlar örnek verilerek tanıtılacaktır. Sismik gürültü verisine ilk uygulanan veri-işlem $\tau - p$ dönüşümüdür. Bu dönüşümün sismik yöntemlerdeki uygulamalarından birini, kırılma verisinden hız çözümlemesi ile McMechan and Yedlin (1981) vermişlerdir. Bu $\tau - p$ dönüşümü kullanılması nedeni ile ReMi yöntemini veri-işlem aşaması SASW yönteminden değişiktir (Louie, 2004). $\tau - p$ dönüşümü, çeşitli x noktalarında aynı anda ölçülmüş izlerden oluşan bir sismik kayıt ($A(x, t)$) boyunca çizgi tümlevi (integrali) olarak tanımlanmaktadır:

$$A(p, \tau) = \int_x A(x, t = \tau + px) dx$$

Burada, eğim $p = dx/dt$, x doğrultusundaki görünür hızın tersine eşittir. Bu nedenle, yavaşlık olarak adlandırılır. Uygulamada, x değerleri n tane değişken değerine dx aralıkları ile ayrıştırılır ve herhangi bir değişken değeri $x = j. \Delta x$ ile gösterilir. Benzer olarak, zaman değerleri de Δt aralıkları ile ayrıştırılır. Δt değeri genellikle 0.001-0.01 saniye aralığında bir değerdir. Böylece, ayırık $\tau - p$ dönüşümü izleyen toplam ile tanımlanabilir:

$$A(p = p_0 + l. \Delta t, \tau = k. \Delta t) = \sum_{j=0}^{n-1} A(x = j. \Delta x, t = i. \Delta t)$$

Burada, $t = i. \Delta t = \tau + px$ olarak verilir. Görüntü 3'de, Bolu'da ölçülen ReMi kaydının üzerinde $\tau - p$ dönüşümünün bulunması gösterilmiştir. En solda milisaniye olarak zaman ölçeği görülmektedir. $\tau = 0.4$ saniye ve $t = \tau + px$ doğrusunun eğimi sıfır ($p = 0$) iken bütün izlerde $t = 0.4$ sn değerine karşılık gelen genlikler toplanır. Diğer eğimli doğru birinci izi 0.4 ve yirmi dördüncü izi 1.2 sn değerlerinde kesmektedir. $\tau = 0.4$ ve son jeofon 230 metrede olduğundan, bu doğrunun eğimi $1.2 = 0.4 + p230$ denkleminde, $p = 0.035$ olarak bulunabilir. Bu doğru boyunca her izdeki genliklerin toplamı $\tau = 0.4, p = 0.035$ çiftine karşılık gelecektir. Yavaşlık hızın tersine eşit olduğundan, görünür evre hızı $1/0.0035=287.5$ m/sn olarak bulunabilir.

Veri işlemin bir sonraki adımında, bulunan her $A(p, \tau)$ izinin τ doğrultusunda Fourier dönüşümünü alınır:

$$F(p, f = m. \Delta f) = \sum_{k=0}^{nt-1} A(p, t = k. \Delta t) \exp(-i2\pi m. \Delta f. k. \Delta t)$$

Güç izgesi, $F(p, f)$ ile onun karmaşık eşleniğinin çarpımına eşit olduğundan,

$$S(p, f) = F(p, f) * F(p, f)$$

bağıntısı ile bulunabilir. Burada, $*$ simgesi karmaşık eşleniği göstermektedir. Bu işlemin amacı, alıcı doğrultusu boyunca hem düz hem de ters yöndeki $\tau - p$ dönüşümlerinin toplamını bulmaktır. Böylece, düz ve ters yönlerdeki yavaşlık değerlerinin tek bir $|p|$ ekseninde toplanması sağlanarak, $S(|p|, f)$ değerleri $|p|, f$ uzayında elde edilir. İki dönüşümün ardışık uygulaması ile uzaklık-zaman bölgesindeki sismik kayıt, p -frekans ($p - f$) bölgesinde bulunmuş

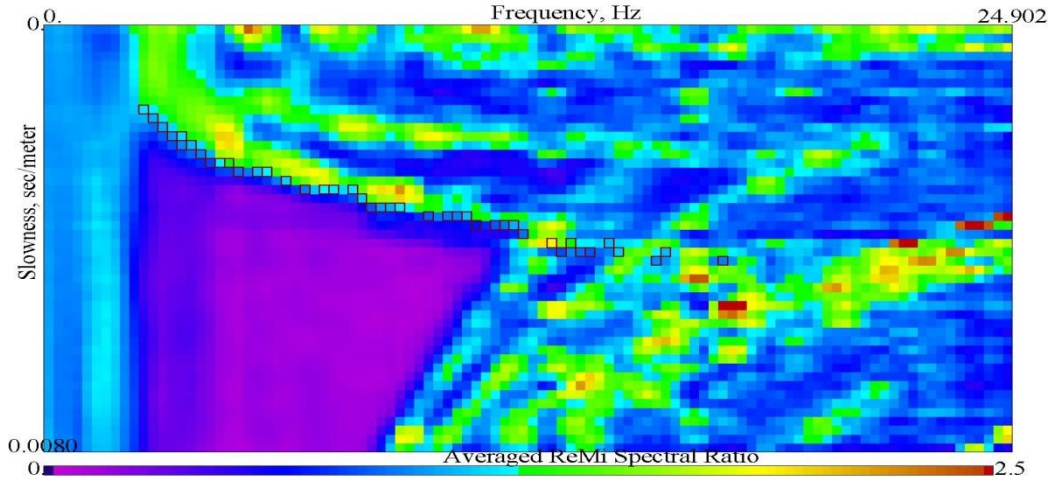
olur. Uygulamada, birden çok kayıt alınır ve bunların izgeleri birbiri üzerine yığılarak, ortalamaları bulunur. Bu uygulamada üç tane kayıt alınmıştır. Görüntü 4'de, ReMi kayıtlarından ayrı ayrı bulunarak, daha sonra birleştirilen güç izgesi görülmektedir. İzge üzerinde, uyumlu (coherent) evreye karşılık gelen güç izgesi değerleri büyük olacaktır. Bunlar işaretlenerek, evre hızının frekans veya periyot ile değişimi ya da onun bire bölünmüşü olan yavaşlık ile değişimi elde edilebilir. Görüntü 4'de, içi boş siyah kutular biçiminde işaretlenen değerlere karşılık gelen frekans-yavaşlık çifti kullanılarak, evre hızı eğrisi elde edilebilir (Görüntü 5).

Yeraltı S-dalgası hızlarının saptaması için ReMi ölçümlerinden elde edilen veriye çakışan, kuramsal veri bulunmalıdır. Bu veriyi hesaplamakta kullanılan hız ve kalınlık değerlerinin olası çözümlerden biri olduğu düşünülür. Kuramsal verinin bulunmasında, yer altının elastik veya viskoelastik katmanlardan oluştuğu varsayılır. Her katman, S-dalgası hızı V_s , P dalgası hızı V_p , yoğunluk ve katman kalınlığı olmak üzere dört parametre ile temsil edilir. Rayleigh dalgası hızı, büyük oranda katman kalınlığı ve S-dalga hızına bağımlı olduğundan evirtim işleminde yalnızca bu iki parametre kullanılır. Ölçülen ve kuramsal frekans bağımlı evre hızı eğrilerinin çakışmasını sağlayan katman parametreleri, deneme-yanılma ya da geleneksel evirtim yöntemleri ile bulunur. Görüntü 5'de, ölçülen ve kuramsal saçınım eğrilerinin çakışması görülmektedir. Çakışmayı sağlayan parametreler ise Çizelge 1'de verilmiştir.

ReMi ölçüsünün alındığı noktada 5 metre jeofon aralığı ile P ve S kırılma incelemesi de yapılmıştır. Serimin başlangıç ve sonunda birer, ortasında bir ve serim boyunun dörtte biri kadar dış uzaklıklarda ikişer olmak üzere toplam beş atış yapılmıştır. İlk ve son jeofondan 2.5 metre aralık bırakılarak gerçekleştirilen düz ve ters atışlar arası uzaklık 120 metredir. Görüntü 6'da verilen S-dalgasına ilişkin uzaklık-geçiş zamanı çiziminde, atış noktalarının ve jeofonların konumları görüntülenmiştir. S-dalgasını oluşturmak için yaklaşık 2 metre uzunluğunda bir kalas üzerine araç çıkarılarak, kalasa yandan balyoz ile vurulmuştur. Kalasın öteki yanından vurularak oluşturulan sinyaller, polarite değiştirilerek, önceki kayıt üzerine biriktirilmiştir. Bu işlem ile P dalgalarının genlikleri bastırılmış, S dalgalarının genlikleri ise güçlendirilmiştir.

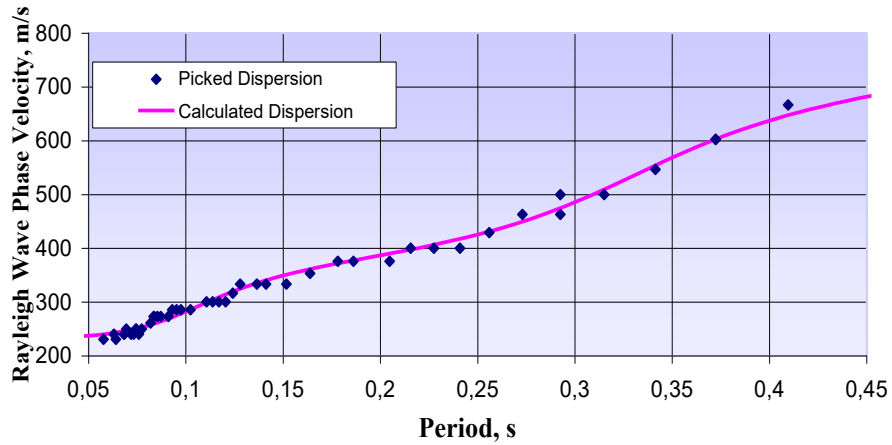
Çizelge 1. Frekans bağımlı evre hızı eğrisinin evirtiminden elde edilen derinlik ve S-dalgası hızları.

Derinlik, m	Vs, m/s
0-11	255
11-27	440
27-64	502
64-	1000



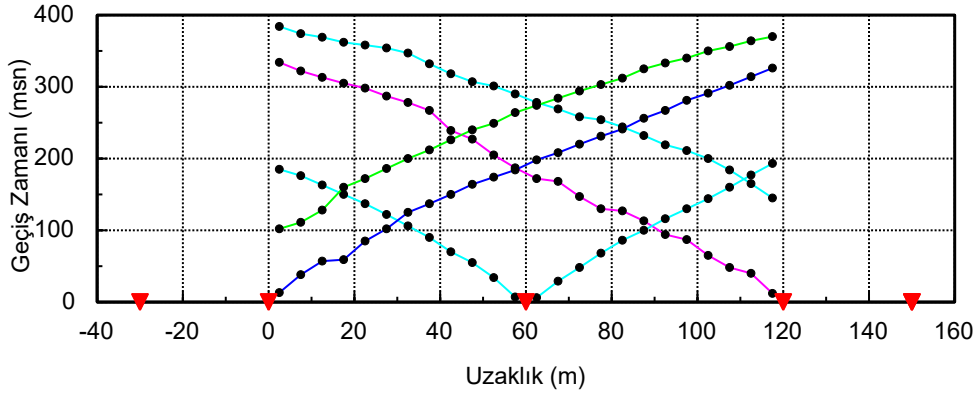
Görüntü 4. ReMi kayıtlarından elde edilen (p-f) (yavaşlık-sıklık) uzayında ortalama izgeye ilişkin oranın görüntüsü. Yüksek değişim oranları göz önüne alınarak, içi boş siyah kutu biçimindeki bellikler yerleştirilmiştir.

Dispersion Curve Showing Picks and Fit

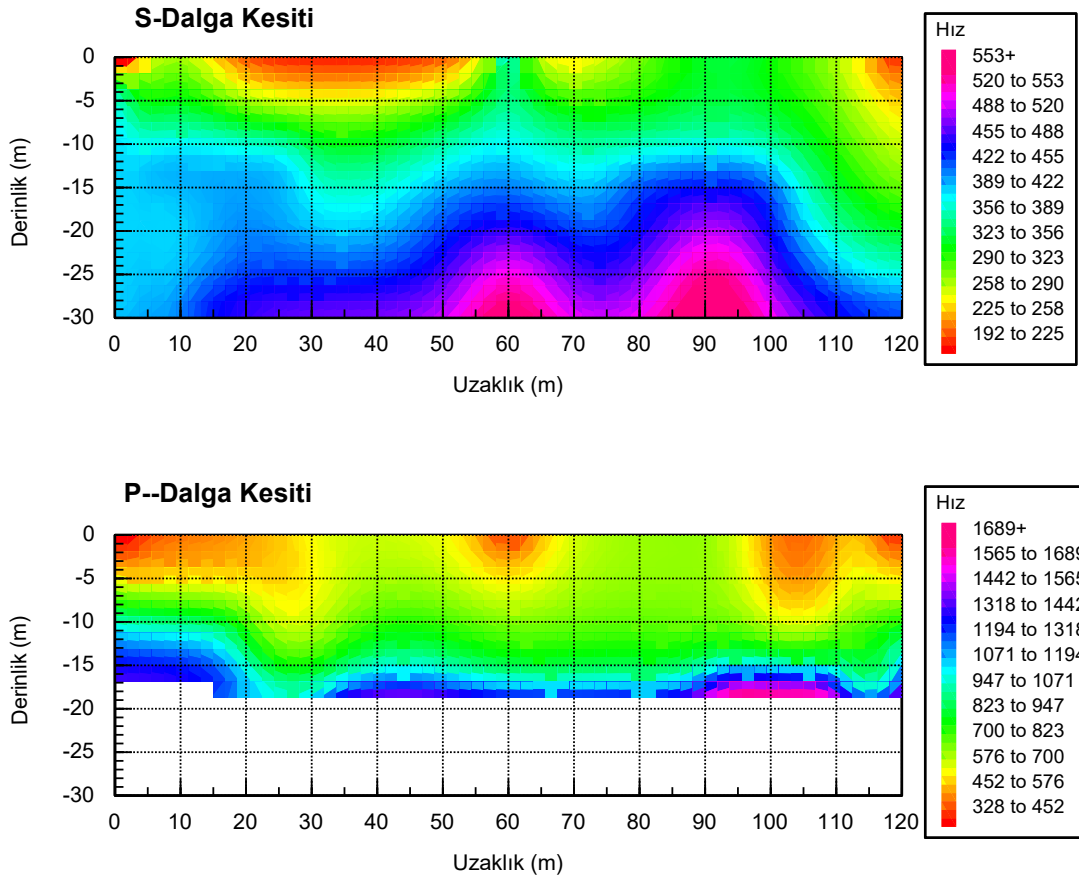


p-f Image with Dispersion Modeling Picks

Görüntü 5. Ölçülen ve kuramsal saçınım eğrileri. Kuramsal verinin parametreleri Çizelge 1'de verilmiştir.



Görüntü 6. sismik kırılma verisi (S dalgası) uzaklık-geçiş zamanı çizelgeleri. Üçgenler atış noktalarının konumlarını göstermektedir.



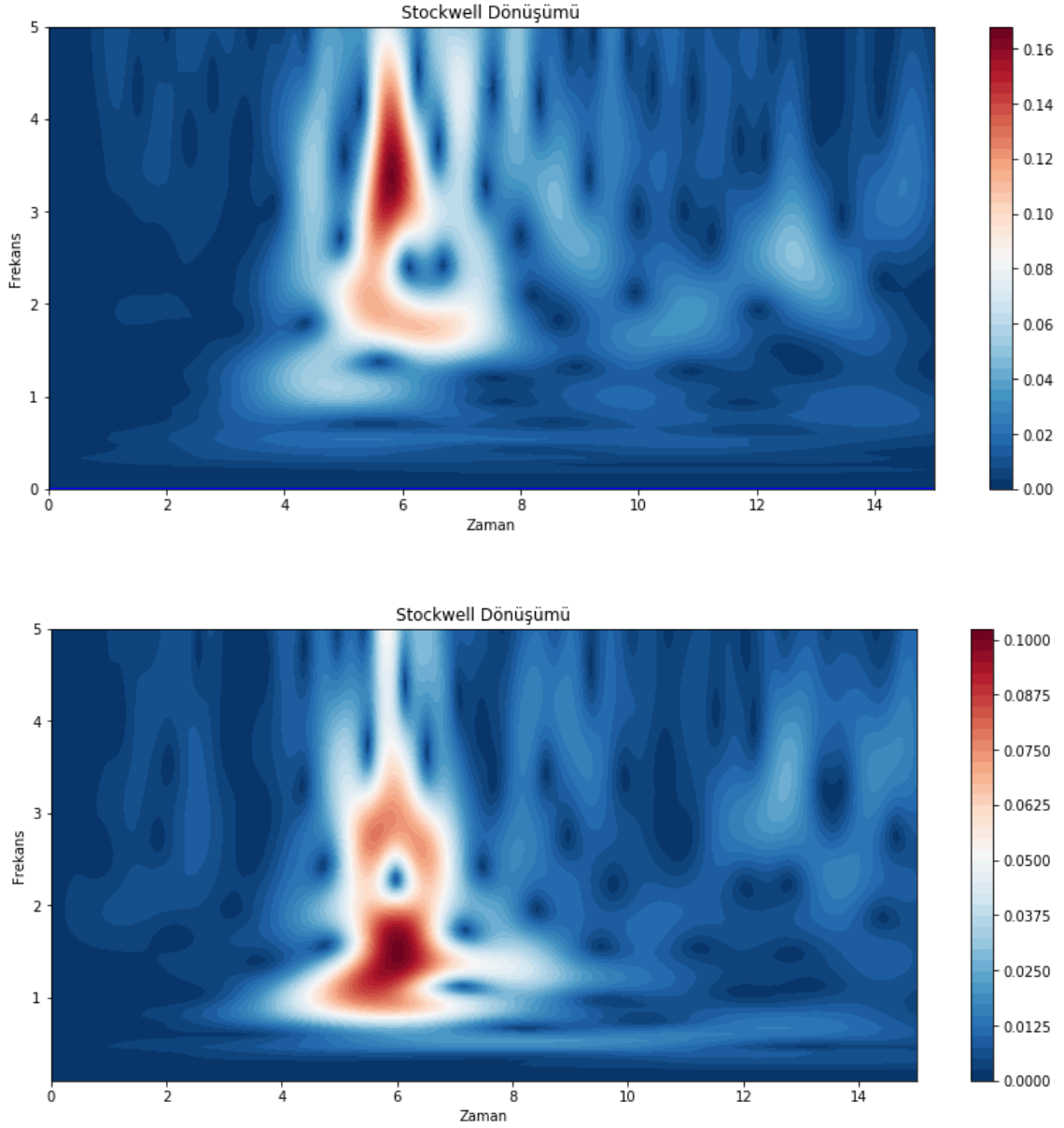
Görüntü 7. S-dalgası (üstte) ve P-dalgası (altta) hız kesitleri.

Eğimli katman kavramsal modeli ile yapılan evirtim ile ilk katmanın S dalga hızı ortalama 300 m/sn, ikinci katmanın 470 m/sn ve ilk katmanın kalınlığı düz atış noktasının altında 10 metre ve ters atış noktasının altında 20 metre olarak bulunmuştur. Ortamdaki hız dağılımını daha yüksek ayrımlılıkta elde etmek için iki-boyutlu evirtim yöntemi kullanılmıştır. Bu amaç için SeisOpt-2D adlı evirtim yazılımından yararlanılmıştır. İki-boyutlu evirtim yönteminde, yeraltı dikdörtgen kesitli yüzlerce küçük hücreye bölünür. Bu geometrinin üzerine atış noktaları ve jeofonlar yerleştirilir. Önce tekdüze bir yeraltı modelinden başlayarak, kuramsal sismik kırılma verisi bulunur. Bu kuramsal veri, ölçülen veri ile çakışınca kadar her hücrenin hız değeri değiştirilir. Bu işlem çok sayıda kuramsal verinin bulunması ve ölçülen veri ile karşılaştırılmasını gerektirir. Sonuçta, iki-boyutlu bir yeraltı hız modeli elde edilir. Bu modelin kurulmasındaki ana ilke derinlik ile orantılı olarak hızın artmasıdır. Bu model katmanlı bir yapı göstermemekle birlikte, katmanlı bir yapı var ise düşey yöndeki hız düşümü ani değişim gösterir. Görüntü 6'daki verinin evirtimi ile bulunan iki-boyutlu P ve S dalgası hız dağılımı, yatay eksen uzaklık ve düşey eksen derinlik (ya da yükseklik) olmak üzere Görüntü 7'de kesitler biçiminde sunulmuştur. Hız aralıklarına karşılık gelen renkler, kesitlerin sağ yanında verilmiştir. S- dalgası hız kesitinde, yaklaşık 10 metre derinlikte ani hız değişimi gözlenmektedir. Bu sınırda, hız değerleri ortalama 300 m/sn değerinden, 450 m/sn dolayına yükselmektedir. Kesitin sağ yanında, ilk katmandaki ani derinlik artışı, eğimli katman modeli ile de uyumluluk göstermektedir. İki-boyutlu evirtim ile bulunan derinlik ve hız değerlerinin, ReMi yöntemi ile saptanan ve Çizelge 1'de verilen değerler ile uyumlu olduğu görülmektedir. P dalgası hız kesitinde gözlemlenen 17 metre dolayındaki ortalama 700-800 m/sn den 1500 m/sn düzeyine ulaşan hız artışı ortam alüvyon olduğundan, yer altı suyu ile ilgili olmalıdır. Burada asıl üzerinde durulması gereken nokta sismik kırılma yöntemi ile sismik temel derinliğinin saptanamamış olmasıdır. Bilindiği gibi düşey yönde ilk rastlanılan 760 m/sn S dalga hızlı katman sismik temel olarak adlandırılmaktadır. ReMi yönteminin, sismik kırılma yöntemine göre üstün yanı buradaki örnekten de görüldüğü gibi araştırma derinliğinin görece büyük olmasıdır.

ReMi yöntemi ile sismik temel üzerindeki her katmanın kalınlığı ve S-dalgası hızı hesaplandığında, katmanlı ortam için zemin baskın titreşim periyodu,

$$T = \sum_{i=1}^n \frac{4h_i}{V_i}$$

Kanai bağıntısından bulunabilir. Burada, T baskın titreşim periyodunu, h ve V ise sırası ile katman kalınlık ve hızlarını göstermektedir. Çizelge 1'de verilen katman kalınlıkları ve S-dalgası hızlarından zemin baskın titreşim periyodu 0.61 olarak bulunmuştur. 12 Kasım 1999 Düzce depreminde Bolu'da ölçülen ivme kayıtlarının Fourier ve dalgacık dönüşümleri, 0.5-0.8 saniye arasında genliklerin doruk değerlerine vardığını göstermektedir (Başokur ve diğ, 2003). Ancak, Fourier dönüşümü, her frekanstaki dalga genliklerinin bir görünümünü vermekle birlikte, belirli bir frekans ve genlikteki dalganın zamanda sürekli olduğu varsayımı ile geliştirilmiştir. Bu nedenle, belirli bir frekans bandındaki dalga genliklerinin zamana bağlı değişimi üzerine bir bilgi vermez. İncelenen bir zaman verisinin özelliklerini anlayabilmek için, hangi frekanslardaki dalgaların en büyük genlikte olduğu bilgisi yanında, bunların zamanla değişimlerinin de bilinmesi gerekir (Başokur ve diğ, 2003). Bu bilgi, genlikleri zaman-frekans ortamında haritalayarak elde edilebilir. Bu amaç için dalgacık-dönüşümleri kullanılabilir. Görüntü 8'de, Bolu'da ölçülen ivme verisinin dalgacık dönüşümü görülmektedir. Belirli bir zamanda, belirli bir frekanstaki genlik bulunmuş ve işlem birçok zaman-periyot çifti için yinelenmiştir. Bu işlem, yatay eksen zaman ve düşey eksen periyot olmak üzere, zaman-periyot düzleminde genliklerin görselleştirilmesini sağlamaktadır. Doğu-batı bileşeninde, 4.2-6.3 saniyeler arasında, dönemi 1 saniye olan dalgaların etkin olduğu, kuzey-güney bileşeninde ise yine aynı zaman aralığında, dönemi 0.6 saniye dolayında olan dalgaların en yüksek genliklere ulaştığı görülmektedir. ReMi ölçüsü ile Bolu ivme durağı aynı noktada olmamakla birlikte birbirine yakın olup, benzer yere ilişkin özellikler göstermektedir. Bu sonuçlar yapı-yeri baskın titreşim periyodunun belirlenmesinde de ReMi yönteminden yararlanılabileceğini göstermektedir.



Görüntü 8. Afet İşleri Genel Müdürlüğü Bolu Durağı ivme verisinin kuzey-güney ve doğu-batı bileşenlerinin zaman-frekans düzleminde genlik haritası.

Sonuçlar

ReMi yöntemi ile gürültü kayıt edilerek, 100 metre derinliklere kadar S-dalgası hız kesitini bulmak olanaklıdır. Sismik kırılma için geliştirilmiş aygıtlar ile ölçüm alındığından, yalnızca yazılım için yatırım yapılması gerekmektedir. Kayıt ve yorumlama ile birlikte S-dalgası kesiti 1-2 saat içerisinde elde edilebilmektedir. S-dalgası kesitinden yapı-yeri yanıtı ya da baskın titreşim periyodu, zemin sınıflaması gibi bilgiler sağlanabilir. ReMi frekans-evre hızı eğrisi

genellikle bir-boyutlu model ile değerlendirilmektedir. Yer altı bir boyutluluktan uzaklaştıkça, elde edilen S-dalgası hız kesiti de yeraltını temsil etmekten uzaklaşacaktır. Ancak, mühendislik çalışmalarında kullanılan yöntemlerin (sondaj vs.) yanal ayrımlılığının oldukça düşük olduğu göz önüne alınırsa, ReMi yöntemi bu tür çalışmalar için istenilen çözünürlüğü sağlamaktadır.

Kaynaklar

- Başokur, A. T., Dikmen, Ü., & Tokgöz, E. (2003). Time-frequency representation of strong motion records for the damage appraisal: Examples from Düzce earthquake (Turkey). *Near Surface Geophysics*, 1(3), 95-101.
- Gucunski, N., & Woods, R. D. (1991). Inversion of Rayleigh wave dispersion curve for SASW deney. *Proceedings of the 5th Conference on Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 127-138.
- Kramer, S. L. (1996). *Geotechnical earthquake engineering*. Prentice Hall.
- Louie, J. N. (2001). Faster, better: Shear-wave velocity to 100 meters depth from refraction microtremor arrays. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 91(2), 347-364.
- McMechan, G. A., & Yedlin, M. J. (1981). Analysis of dispersive waves by wave field transformation: Geophysics. *Geophysics*, 46(6), 869-874.
- Nazarian, S., & Stokoe, K. H., II. (1984). In situ shear wave velocities from spectral analysis of surface waves. *Proceedings of the World Conference on Earthquake Engineering*, 8, 21-28.
- Socco, L. V., & Strobbia, C. (2004). Surface-wave method for near-surface characterization: A tutorial. *Near Surface Geophysics*, 2(4), 165-185.
- Stokoe, K. H., II, & Nazarian, S. (1985). Use of Rayleigh wave in liquefaction studies. *Proceedings of the Measurement and Use of Shear Wave Velocity for Evaluating Dynamic Soil Properties*, 1-17.
- Tokimatsu, K., Tamura, S., & Kojima, H. (1992). Effects of multiple mode on Rayleigh wave dispersion characteristics. *Journal of Geotechnical Engineering*, 118(10), 1529-1543.
- Xia, J., Miller, R. D., & Park, C. B. (1999). Estimation of near-surface shear-wave velocity by inversion of Rayleigh waves. *Geophysics*, 64(3), 691-700.

YALNIZCA YAPI TASARIMI AFET ZARARLARININ AZALTILMASINDA YETERLİ Mİ?

Osman UYANIK, Prof. Dr.
e-posta: osmanuyanik@sdu.edu.tr

Giriş

Plansız yapılaşma, yetersiz yönetmelikler, hızlı kentleşme ve nüfus yoğunluğu; başta deprem olmak üzere doğa olayları kaynaklı afet etkisini artıran temel unsurlardır. **Deprem kaynaklı afetlerin bize gösterdiği yalnızca yapı tasarımına odaklanan mühendislik yaklaşımlarının afet zararlarının azaltılmasında tek başına yeterli olmadığıdır. Hala “biz her yere yapı yaparız” yaklaşımının uygulama olarak doğru olmadığını daha ne kadar görmemiz gerekiyor.** Güvenli kentleşmenin sağlanabilmesi için yeraltı ortamının makro ve mikro ölçekte jeofizik, jeolojik ve geoteknik özelliklerinin bütüncül olarak değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda mühendislik jeofiziğin bir alt birimi olan kent jeofiziği, yerleşim alanlarının planlanması, mevcut yapı stokunun değerlendirilmesi ve afet risklerinin azaltılmasına yönelik bilimsel verilerin elde edilmesini sağlayan disiplinler arası bir çalışma alanı olarak öne çıkmaktadır. Kent jeofiziği çalışmaları yerleşim yeri seçimi açısından genel olarak makro bölgeleme ve mikro bölgeleme olmak üzere iki temel aşamada yürütülmelidir.

1-Makro bölgeleme çalışmalarında, derin yeraltı yapısının fiziksel ve yapısal özellikleri belirlenerek deprem dalgalarının odaklanabileceği alanlar (basen etkisi) ve yerleşime uygun olabilecek alanlar ortaya konulmaktadır. Özellikle kalın alüvyon tabakalarının bulunduğu havzalarda yüzey dalgalarının genlikleri artmakta, dalga yayılım hızları azalmakta ve yer hareketinin süresi uzamaktadır. Bu durum zemin büyütmesi olarak tanımlanmakta ve mühendislik yapılarının maruz kaldığı dinamik yükleri önemli ölçüde artırmaktadır. Ağır hasarlı bölgeler çoğunlukla gömülü vadilerin orta kesimlerinde, gömülü sırtların kenarlarında ve düşük hızlı sedimanter birimlerde meydana gelmektedir. Ayrıca sismik enerji kapanları olarak ifade edilen çoklu yansıma mekanizmalarının deprem süresini uzatarak yapı hasarını artırmaktadır. Bu nedenle şehir planlamasında yalnızca yüzey jeolojisinin değerlendirilmesi yeterli değildir; derin yeraltı yapısının hem yanal hem de düşey yöndeki fiziksel değişimlerini içeren üç boyutlu

olarak modellenmesi gerekmektedir. Bu yüzden jeofizik yöntemlerin birlikte kullanımı zorunlu hale getirilmelidir. Bunun için makro bölgeleme çalışmalarının ayrı bir teknik yönetmelikle desteklenmesi gerekmektedir.

2-Yerleşime uygun olabilecek alanlarda mikro bölgeleme çalışmaları ile yerel zemin davranışına bağlı yerleşime uygun alanlar ve kıstasları belirlenmektedir. Mikro bölgeleme, yerleşim alanlarının zemin türleri, dinamik davranış özellikleri ve deprem sırasındaki yerel zemin tepkileri dikkate alınarak daha küçük mühendislik bölgelerine ayrılması işlemidir. Günümüzde mikro bölgeleme yalnızca zemin sınıflaması olarak değerlendirilmemekte; zemin büyütmesi, hâkim titreşim periyodu, yer ivmesi, sıvılaşma potansiyeli ve zemin-yapı etkileşimi gibi parametrelerin birlikte analiz edildiği kapsamlı bir deprem tehlike değerlendirmesi olarak ele alınmaktadır. Mikro bölgeleme, zemin türleri ve dinamik özelliklerinin belirlenmesiyle birlikte deprem sırasında yapıların maruz kalacağı kuvvetlerin önceden hesaplanmasını amaçlamaktadır. Mikro bölgeleme çalışmaları genellikle 0-30 m derinlik aralığında yürütülmekte ve bu derinlik, yapı temellerini etkileyen mühendislik özelliklerinin belirlenmesi açısından kritik kabul edilmektedir.

Mevcut yönetmelikler mikro bölgeleme ve yapı ölçeğinde zemin parametrelerinin belirlenmesine ilişkin ayrıntılı hükümler içermekle birlikte, yerleşim alanlarının seçiminde kullanılacak ulusal ölçekte bir makro bölgeleme yaklaşımını tanımlamamaktadır. Bu nedenle kent planlamasında önemli bir boşluk oluşmaktadır.

Diğer bir deyişle, ülkemizde makro bölgeleme yönetmeliğinin olmaması dolayısıyla makro bölgeleme çalışmaları yapılmadan doğrudan mikrobölgeleme çalışmaları ile yerleşime uygun alanlar belirlenmekte ve ne yazık ki havza etkisinin yoğun olabileceği alanlar yerleşime açılabilir. Yönetmelik eksiklikleri, yapılaşmadan sorumlu mühendislerin ahlaki sorunları, denetleme problemleri ve bilim dışı düşünce tarzları sonucunda binaların yıkılmasına ve insanların ölümüne neden olunmuştur.

Mevzuat Açısından Değerlendirme: Türk afet mevzuatının temel taşlarından olan **7269 sayılı Umumi Hayata Müessir Afetler Kanunu**'nun 1. Maddesi; deprem, yangın, su baskını, yer kayması, kaya düşmesi, çığ ve benzeri afetlerde, yapıları ve kamu tesisleri genel hayata etkili

olacak derecede zarar gören veya görmesi muhtemel olan yerlerde alınacak tedbirlerle yapılacak yardımları düzenlemektedir. Aynı Kanun'un 2. maddesi; afete maruz bölgelerin tespit ve ilan usullerini belirlemiş; 3. maddesi ise bu bölgelerde yeniden yapılacak yapıların tabi olacağı teknik şartların bir yönetmelikle belirleneceğini hükme bağlamıştır. Ancak 7269 sayılı Kanun'un uygulama yönetmelikleri incelendiğinde, makro bölgeleme ölçeğinde derin yeraltı yapısının jeofizik yöntemlerle modellenmesine yönelik açık bir hüküm bulunmadığı görülmektedir. Bu durum, mevzuatta makro bölgeleme açısından önemli bir boşluk olduğunu göstermektedir.

En yakın örnek olarak 30 Ekim 2020 yılında **Sisam adasında** gerçekleşen 6.9 - 7 büyüklüğünde bir depremin sonucunda Sisam adasında **2 çocuk hayatını kaybetmiş** ve maddi hasarla sonuçlanmıştır. Fakat ülkemizdeki yönetmelik eksiklikleri ve hatalı uygulamalar sonucunda bu deprem yaklaşık **75 km uzakta** İzmir-Bayraklı bölgesinde **117 kişinin ölümüne** ve İzmir ili içinde yüzlerce binanın yıkımına ve ağır hasarlı olmasına ek olarak binlerce binada orta ve az hasarların meydana gelmesine neden olmuştur. Benzer ama çok daha ağır olanı 6 Şubat 2023 yılında gerçekleşen Pazarcık ve Elbistan depremleri sonucunda yapılaşmadan sorumlu mühendisler tarafından oluşturulan yapılar insanların ölümüne neden olmuştur. Bu durumun gelecekte gerçekleşecek orta ve büyük depremler sonucunda da değişmeyeceği ne yazık ki ağır sonuçları ile görülecektir.

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından yayımlanan Mikrobölgeleme Etüt Rapor Formatı ve Genelgeleri, mikrobölgeleme çalışmalarında jeolojik, jeoteknik ve jeofizik verilerin birlikte değerlendirilmesini öngörmektedir. Buna karşın uygulamada çalışmalar çoğu zaman yalnızca bina parsellerine yönelik zemin etütleri düzeyinde kalmakta ve kent ölçeğindeki deprem tehlikesi yeterince değerlendirilememektedir.

0 zaman ne yapılmalı?

Aşağıda çözüm önerilerim yer almakta olup imara açılacak alanlar için Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığına bağlı çalışan görevliler ve yapılaşma açısından Belediyeler ve ilgili kurumların görevlilerinin aşağıdaki önerileri dikkate alması önerilmektedir.

1-Gelişmiş ya da gelişmekte olan devletler afetler sonucunda yeni yönetmelikler hazırlar ve

kesin kararlılıkla uygular. Hazırlanan yönetmelikler, bir mühendislik dalının çıkarı gözetmeksizin toplumun ve ülkenin faydası için yapılmalıdır. Aksi takdirde yönetmeliklere göre yapılan yapı tasarımları da eksik ve hatalı sonuçlar üretmektedir. 6 Şubat 2023 depreminde, yapı tasarımında kullanılan ivme değerlerinden 2-3 kat daha fazla en büyük yatay yer ivme değerlerinin olduğu bilinmektedir. Bu durum TBDY 2018'de kullanılan DD-1, DD-2, DD-3 ve DD-4 deprem yer hareketi düzeyleri olasılıksal deprem tehlike analizlerinde ele alınmaktadır. Ancak yerel havza etkileri, odaklanma etkisi ve üç boyutlu yeraltı yapısının neden olduğu ilave büyütmeler standart tasarım spektrumlarında tam olarak temsil edilememektedir.

2-Ülkemiz açısından eksik olan makrobölgeleme yönetmeliği hazırlanmalı ve zorunlu hale gelmelidir. Bu yönetmeliğe göre öncelikle volkanik birimlerin bulunduğu alanlarda insan sağlığı açısından radyolojik risk belirlenmeli ve radyolojik açıdan riskli alanlar yerleşime kapatılmalıdır. Daha sonra radyolojik riskin olmadığı alanlarda yapılan jeofizik çalışmalar sonucunda belirlenen derin yeraltı yapısının sondajlarla denetlenmelidir. Belirlenen yeraltı modelinin deprem dalgalarını yönlendirmesine bağlı olarak uygun yerleşim alanları ve kıstaslar ortaya konulmalıdır.

Mevzuat Açısından Değerlendirme: 7269 sayılı Kanun'un 3. maddesi, afet bölgelerinde yeniden yapılacak yapıların tabi olacağı teknik şartların yönetmelikle belirleneceğini öngörmektedir. Bu hüküm, makro bölgeleme yönetmeliğinin yasal dayanağı olarak değerlendirilebilir. Ancak mevcut uygulamada bu yönetmelik, yerel ölçekteki zemin etütlerine odaklanmakta, bölgesel ölçekteki makro bölgeleme gerekliliklerini kapsamamaktadır. Bu nedenle, mevcut yasal çerçeve içinde makro bölgeleme yönetmeliğinin çıkarılması mümkün ve zorunludur.

3-Ülkemizde uygulanan mikrobölgeleme yönetmeliği rutin olarak yapılmamalı titizlikle ve kapsamlı şekilde yürütülmelidir. Dolayısıyla şehirlerimizin imara açılmadan önce, 1/1000 ölçekli imar planlarından önce, 1/5000 veya 1/25000 ölçekli mikrobölgeleme araştırmalarıyla analiz edilmesi şarttır. "Bu bölge konut için uygun değildir, bu bölge ancak belirli kat sınırlamasıyla yapılaşabilir" gibi kararları, siyasi veya ekonomik kaygılarla değil, ilgili parametreleri doğrudan belirleyen Jeofizik Mühendisliğince sağlanacak verilerle verilmelidir. Hazırlanan mikrobölgeleme çalışmaları hem saha hem de rapor aşamasında, konusunda uzman kişiler tarafından denetlenmeli, 2 ve 3 boyutlu modeller ile zemin yapı etkileşimi için gerekli

parametreler ve yerleşime uygunluk kıstasları belirlenmelidir.

Mevzuat Açısından Değerlendirme: Mikro bölgeleme çalışmalarının usul ve esasları, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın Mikrobölgeleme Etüt Rapor Formatı ve Genelgeleri ile düzenlenmiştir. Ancak bu düzenlemeler, uygulamada yeterli denetim ve bilimsel derinlik sağlayamadığı için afet risklerinin azaltılmasında beklenen etkiyi gösterememektedir. 3194 sayılı İmar Kanunu'nun planlama esasları ile bu genelgelerin daha sıkı entegrasyonu sağlanmalıdır.

4-Yerleşime uygun alanlarda yapılacak yapıların temellerinin oturacağı yerin mühendislik özellikleri ayrıntılı olarak incelenmelidir. Jeofizik yöntemlerden elde edilen sonuçlar tek başına temel tasarımı için yeterli değildir. Bu verilerin sondaj, laboratuvar deneyleri ve jeoteknik analizlerle birlikte değerlendirilmesi gerekir. Parsel bazında hazırlanan mühendislik modelleri, temel sistemi seçimi, zemin iyileştirme gereksinimi, kazı güvenliği ve yapı performans analizleri için temel veri setini oluşturur.

Makro bölgeleme ile belirlenen derin yeraltı yapısına bağlı yerleşime uygun alanlar, bu alanlarda mikro bölgeleme ile elde edilen yerel zemin davranışının sınırları ve parsel bazındaki ayrıntılı jeofizik, jeolojik ve jeoteknik veriler birlikte değerlendirildiğinde, deprem güvenliği açısından bilimsel temelli ve sürdürülebilir bir kent planlama yaklaşımı oluşturulabilir.

5-Yapılaşmanın yapıldığı mevcut yerleşim alanlarında yeni yapılacak yapıların zeminlerinde zemin iyileştirme kararının verilmesi durumunda (Zemin İyileştirmelerinin Jeofizik Yöntemlerle Kontrolü Zorunlu Hale Gelmelidir) zemin iyileştirilmeden önce ve zemin iyileştirildikten sonra Jeofizik yöntemler uygulanmalı ve zeminin iyileşip iyileşmediği denetlenmelidir. **Zemin iyileştirildikten sonra iyileştirilmiş zemine göre yapı tasarımı yeniden düzenlenmelidir.**

6-Yerleşime uygun alanlarda bina yapımı esnasında denetlemeler gözlemin yanı sıra sayısal parametreler belirlenerek de yapılmalıdır. Bina yapımı esnasında mikser ile getirilen betonun bir numune kabına dökülmesi ve 28 gün sonra beton dayanımının belirlenmesi ancak beton santralinden gelen betonun denetlenmesi için uygun olabilir; fakat yerinde dökülen betonun

dayanımı ile ilgisi yoktur. Çünkü yerindeki beton bakıma ihtiyaç duyar ve gerekli ihtimam gösterilmez ise beton dayanımı zayıflar. Dolayısıyla yerinde tahribatsız ölçümler ile beton dayanımı belirlenmesi gerekir. Bu durumda beton dayanımının uygunluğu gözlemsel denetlemenin yanı sıra sayısal değerlerle de teyit edilmelidir. Ayrıca betonarme elemanlar içindeki donatılar beton dökümü esnasında iyi bağlanmamış olan etriyelerin konumu değişebilir ve gözlem yapmak mümkün değildir. Bu durumda yine tahribatsız deney olan yapı radarı ile düşey donatı ve etriyelerin yerleri görüntülenerek denetleme yapılabilir. Bina tamamlandığında binada titreşimcik ölçümleri ile bina ortalama periyodu belirlenerek tasarım aşamasındaki periyodun uygulama sonucunda elde edilen periyod ile karşılaştırılması yapılabilir.

Sonuç olarak bir bina denetlemesi sadece gözlem ile değil ölçümler sonucunda da yapılmalıdır. Bunun için yönetmeliklerde yapı jeofiziği yöntemleri (Ultrasonik P ve S ölçümleri, Yapı radarı, Özdirenç, Mikrotremör) zorunlu hale getirilmeli ve uzman jeofizik mühendisleri tarafından yapılması sağlanmalıdır.

Mevzuat Açısından Değerlendirme: 7269 sayılı Kanun'un 3. maddesinde belirtilen "yönetmelik esaslarına aykırı olan yapılar" hakkındaki yaptırım hükümleri, denetim mekanizmasının güçlendirilmesi gerektiğini göstermektedir. Mevcut durumda yaptırım mekanizmaları yeterince işletilmediğinden, bu hükümlerin daha etkin uygulanması ve tahribatsız muayene yöntemlerinin zorunlu kılınması yasal düzenlemelerle desteklenmelidir.

7-Mevcut binaların performans analizleri için gerekli yapı parametrelerinin belirlenmesinde yapı jeofiziği yöntemlerinin kullanımı zorunlu hale gelmelidir. Mevcut ve öncelikle yaşlı binalarımız jeofizik yöntemlerle hızlı bir taramadan geçirilerek çürük/yorgun/deforme olmuş yapılar belirlenmelidir. Bunun için beton dayanımı önemli bir parametredir ve binada beton dayanım değerine karar vermek için betonarme elemanlarının birçok yerinden karot alınması gereklidir. Bir binada birkaç noktadan alınacak uygun boyutlarda karotlar hem zaman hem maliyet açısından ekonomik değildir. Bu durumu ekonomik hale getirmek için Ultrasonik Test'in önerdiği noktalardan karot almak hem betonarme elemanlar hakkında daha fazla bilgi edinmeyi hem de yapıyı daha az tahrip etmeyi mümkün kılacaktır. Zaten tarihi yapılarda ya da arkeolojik yapılardan karot alımı yasak olduğu için jeofizik yöntemler aktif olarak kullanılmaktadır. Dolayısıyla tahribatsız olan sıva ya da boyaya da zarar vermeyen **Ultrasonik Test** yöntemiyle

betonarme elemanlarının beton dayanımı belirlenmeli ve zorunlu hale gelmelidir. Ek olarak Ultrasonik yöntem ile hem P hem de S dalga ölçümü yapılması durumunda yapı için önemli olan Poisson oranı ve Elastisite modülü gibi parametrelerin hesabı da yapılabilecektir. Ayrıca **Yapı Radarı** ile düşey donatıların konumları ve etriyelerin yerlerinin görüntüsü belirlenmelidir. **Özdirenç yöntemi** ile elde edilecek veriler sonucunda donatıların korozyon durumu belirlenerek sıyırma yapılacak yer tespiti yapılır. Yapının ve doğal zeminin periyodu **Mikrotremör** cihazları ile alınan ölçümlerden belirlenerek binanın rezonans durumu hakkında bilgi elde edilir. Sonuç olarak bodrum katından çatı katına kadar olan aşamada betonarme yapıların kontrolü için gözlemlemenin yanı sıra sayısal veriler de (Ultrasonik Test, Yapı Radarı, Özdirenç, Mikrotremör) üretilerek yapı performans analizi için gerekli parametreler üretilmiş olur. Yapı mühendisleri performans analizi yaparak bina hakkında kararı verir.

Unutmayalım!

Geçmişten günümüze yaşanan depremlerden ders çıkarılmamasının bir sonucu olarak, yakın zamanda 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş depremleri, hepimize acı bir ders daha verdi. Yıkılan binaların enkazı altında kalan sadece canlar değil, aynı zamanda bilime ve mühendisliğe olan güvendi. Bu güveni yeniden tesis etmek zorundayız.

Vatandaşlar olarak lütfen, yaşadığınız binanın yanı sıra, altındaki zeminin de sağlamlığını sorgulayın. Yapılaşma süreçlerinde Jeofizik Mühendislerince hazırlanan etüt raporlarının sadece bir “bürokratik evrak” veya “ruhsat dosyasını tamamlayıcı evrak” olarak görülmesine kesinlikle izin vermeyin. Jeofizik Mühendisleri olarak bizler, yeryüzünün dilini anlayan ve bu dili Şehir Plancılarına, İnşaat Mühendislerine ve Mimarlar tercüme eden bilim insanlarıyız. Unutmayın ki, sağlam temel olmadan güvenli bir gelecek inşa edemeyiz. Deprem gerçeğiyle yaşamayı öğrenmek zorundayız; ama bunu bilimin rehberliğinde, akılcı ve vicdanlı bir şekilde yapmalıyız.

Türkiye gibi aktif tektonik kuşak üzerinde bulunan ülkelerde, jeofizik çalışmaların yalnızca bina ruhsatı alınması amacıyla gerçekleştirilen rutin zemin etütleri olarak değerlendirilmemesi gerekmektedir. Bunun yerine, bölgesel planlamadan başlayarak yapı tasarımına kadar uzanan tüm süreçlerde jeofizik araştırmaların zorunlu bir planlama bileşeni olarak ele alınması, afet

risklerinin azaltılmasına önemli katkılar sağlayacaktır.

Bu kapsamda aşağıdaki öneriler geliştirilebilir:

- Kent planlamasında makro, mikro ve parsel bazındaki jeofizik çalışmalar birbirini tamamlayan aşamalar olarak ele alınmalıdır.
- Mikro bölgeleme çalışmaları tüm şehirlerde güncel deprem yönetmelikleri doğrultusunda tamamlanmalıdır.
- Kritik altyapı tesisleri (barajlar, hastaneler, havaalanları, metro sistemleri, enerji tesisleri vb.) için çok yönlü jeofizik araştırmalar zorunlu hale getirilmelidir.
- Jeofizik veriler, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) tabanlı kent bilgi sistemleri ile bütünleştirilmelidir.
- Jeofizik, jeoloji, geoteknik ve deprem mühendisliği disiplinleri arasında veri paylaşımını sağlayan ortak çalışma modelleri geliştirilmelidir.
- Yapay zekâ destekli veri işleme ve üç boyutlu yeraltı modelleme tekniklerinin kentleşme jeofiziği çalışmalarına entegrasyonu teşvik edilmelidir.
- İklim değişikliği, yeraltı suyu seviyesindeki değişimler ve hızlı kentleşmenin zemin davranışı üzerindeki etkilerini değerlendiren disiplinler arası araştırmalar artırılmalıdır.

Dolayısıyla, kentleşme jeofiziği yalnızca yeraltı koşullarının belirlenmesine yönelik bir araştırma alanı değil, sürdürülebilir şehirleşme, afet risklerinin azaltılması ve güvenli yapılaşmanın sağlanması açısından stratejik öneme sahip disiplinler arası bir çalışma alanıdır. Makro bölgelemeden başlayarak mikro bölgeleme, parsel bazındaki zemin etütleri ve yapı jeofiziğine kadar uzanan bütünlük yaklaşımının benimsenmesi, gelecekte daha güvenli ve dirençli kentlerin oluşturulmasına önemli katkılar sağlayacaktır.

Teşekkür

Yazar, makalenin düzeltilmesine katkı koyan Prof. Dr. Emin Uğur ULUGERGERLİ' ye teşekkür eder.

Değinilen Mevzuatlar

Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı. (2018). Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğı (TBDY-2018). Ankara.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2014). Mekânsal Planlar Yapım Yönetmeliğı. Resmî Gazete.

Türkiye Cumhuriyeti. (1985). 3194 Sayılı İmar Kanunu. Resmî Gazete.

Türkiye Cumhuriyeti. (1959). 7269 Sayılı Umumi Hayata Müessir Afetler Dolayısıyla Alınacak Tedbirlerle Yapılacak Yardımlara Dair Kanun. Resmî Gazete.

Türkiye Cumhuriyeti. (2012). 6306 Sayılı Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun. Resmî Gazete.

Çevre, Şehircilik ve İklim Değışikliğı Bakanlığı. (güncel sürüm). Mikrobölgeleme Etüt Raporu Hazırlama Esasları.

YAPI JEOFİZİĞİ: YAPIYA HASAR VERMEDEN TANI KOYABİLMEK

Mustafa ŞENKAYA, Doç. Dr.

e-posta: mustafasenkaya@uludag.edu.tr

Giriş

Bir ortopedi uzmanının, kırık şüphesi bulunan bir hastanın kolunu röntgen çekmeden alçıya aldığını düşünelim. Kırığın yeri, yönü veya parçalı olup olmadığı bilinmeden uygulanacak tedavi, yanlış kaynamaya ve kalıcı fonksiyon kaybına neden olabilir. Üstelik her problem de röntgenle görülemez. Bağ kopmaları ve kas yaralanmaları için manyetik rezonans (MR), karmaşık kırıkların ayrıntılı incelenmesi için bilgisayarlı tomografi (BT) gerekir. Aynı şekilde tek bir kan örneğinden onlarca farklı laboratuvar testi yapılabilir; çünkü her analiz vücudun farklı bir özelliğini ortaya çıkarır. Son aşamada ise hekim, görüntüleme sonuçlarını, laboratuvar bulgularını, hastanın öyküsünü ve fizik muayene sonuçlarını birlikte değerlendirerek tanıyı koyar ve tedavi planını oluşturur.

Yapılar için de durum farklı değildir. Bir binanın yalnızca dış görünüşüne bakarak güvenli olup olmadığına karar vermek, hastayı uzaktan gözlemleyerek tedavi yazmaya benzer. Gerçek durumun ortaya konulabilmesi için farklı mühendislik disiplinlerinden elde edilen verilerin birlikte değerlendirilmesi gerekir. İşte yapı jeofiziği, yapıya zarar vermeden onun görünmeyen fiziksel ve dinamik özelliklerini ortaya çıkaran, inşaat mühendisliğinin karar süreçlerini güçlendiren önemli bir tanı aracıdır.

İnşaat mühendisliğinde yapı performans analizleri, sonlu eleman modelleri ve mod analizleri vazgeçilmez mühendislik araçlarıdır. Ancak bu modeller, belirli bilimsel kabuller altında oluşturulur. Analiz yapılabilmesi adına malzeme özellikleri, sınır koşulları ve taşıyıcı sistem davranışı çoğu zaman varsayımlara dayanır. Yapı jeofiziği ise doğrudan yapının gerçek koşullardaki tepkisini ve durumunu ölçer. Elektromanyetik dalgalar, elastik dalgalar ve çevresel titreşimler kullanılarak yapının mevcut fiziksel durumu ve dinamik karakteri belirlenebilir. Bu nedenle en güvenilir değerlendirme, jeofizik ölçümlerden elde edilen saha verilerinin inşaat

mühendisliğinin hesap ve performans analizleriyle birlikte yorumlanmasıyla mümkündür.

Tanı Temelden Başlar

Bir hastada doğru teşhis nasıl tüm vücudu değerlendirmeyi gerektiriyorsa, yapı jeofiziği çalışmaları da temelden başlayıp yapının tümüne yayılmalıdır. Çünkü üst katlarda görülen birçok belirti aslında temel veya zemin kaynaklı olabilir.

Eski yapılarda temel türü, geometrisi, temel kalınlığı veya temel sürekliliği çoğu zaman bilinmeyebilir. Özellikle mevcut projelerine ulaşamayan yapılarda bu bilgiler oldukça değerlidir. Yer Radarı (Ground Penetrating Radar-GPR), temel içerisinde yayılan elektromanyetik dalgaları kullanarak temel geometrisini, temel kalınlığını, donatı yerleşimini, boşlukları ve segregasyon bölgelerini yüksek çözünürlükte görüntüleyebilir. Betonun prizlenmesi sırasında oluşan kusurların belirlenmesinde de önemli bilgiler sağlar.

Temel seviyesinde karşılaşılan önemli sorunlardan biri de yer altı suyu etkileridir. Zaman içerisinde değişen yer altı su seviyesi, temel altındaki zeminin mühendislik özelliklerini değiştirebilir, düzenli-düzensiz oturmalara neden olabilir ve taşıma gücünü olumsuz etkileyebilir. Yer radarı sağladığı yüksek çözünürlüklü görüntüleme yeteneği ile bu değişimlerin belirlenmesine katkı sağlar. Elektrik özdirenç yöntemi ile birlikte kullanıldığında ise temel altındaki nem ve su dağılımı çok daha güvenilir biçimde haritalanabilir.

Temellerin değerlendirmesinde çoğu zaman gözden kaçan ancak yapının deprem davranışını doğrudan etkileyen bir diğer konu, temel ile oturduğu zemin arasındaki dinamik etkileşimdir. Yapının temeli üzerinde ve aynı anda temelin oturduğu zeminde gerçekleştirilecek mikrotremor ve ivme ölçümleri, deprem veya çevresel titreşimler altında yapı ile zeminin birlikte nasıl hareket ettiğini ortaya koyabilir. İki noktada kaydedilen titreşimlerin frekans, genlik ve faz özelliklerinin karşılaştırılması; temel ile zemin arasındaki yük aktarımının, temas koşullarının ve dinamik uyumun değerlendirilmesine olanak sağlar. Beklenmeyen farklılıklar ise temel altındaki boşluklar, oturma problemleri, rijitlik kayıpları veya yapı-zemin etkileşimindeki olası zayıflıklar için önemli göstergeler oluşturabilir. Böylece yapı performans analizlerinde çoğu zaman varsayılan yapı-zemin etkileşimi, doğrudan sahadan elde edilen ölçümlerle

desteklenerek çok daha güvenilir biçimde değerlendirilebilir.

Taşıyıcı Sistemin Görünmeyen Problemleri

Kolonlar, perdeler, kirişler ve döşemeler yapı güvenliğinin temel bileşenleridir. Ancak yüzeyde görülen her çatlak taşıyıcı sistem açısından kritik olmadığı gibi, yüzeyde hiçbir belirti vermeyen ancak olası bir deprem anında ya da sonrasında önemli hasarlara neden olabilecek birçoğu da içeride gizlenmiş olabilir. Bu nedenle taşıyıcı sistemin değerlendirilmesinde yalnızca görsel incelemeler yeterli değildir.

Günümüzde beton dayanımının belirlenmesinde en güvenilir yöntemlerden biri karot alınarak laboratuvar deneylerinin yapılmasıdır. Ancak karot, alındığı noktadaki betonun özelliklerini temsil eden yerel bir örnekleme yöntemidir. Üstelik taşıyıcı sistem elemanlarından çok sayıda karot alınması hem yapıya istenmeyen müdahalelere neden olur hem de zaman ve maliyet açısından verimli değildir. Bu nedenle amaç, mümkün olan en az sayıda örnekle yapının tamamını güvenilir şekilde değerlendirebilmektir.

Yapı jeofiziği bu noktada önemli bir tamamlayıcı rol üstlenir. Karot deneylerinden elde edilen beton dayanımı ve elastik özellikler, yer radarı, ultrasonik ve elektrik öz direnç ölçümleriyle birlikte değerlendirilerek bu özelliklerin yapı içerisindeki uzaysal değişimi yüksek çözünürlükte haritalanabilir. Böylece yalnızca karot alınan noktaların değil, kolon, perde, kiriş ve döşemelerin tamamındaki olası dayanım değişimleri, boşluklar, segregasyon bölgeleri, nem etkileri ve donatı düzensizlikleri çok daha kapsamlı biçimde ortaya konulabilir. Sonuçta karot laboratuvarında doğruluğu yüksek referans bilgiyi sağlarken, jeofizik yöntemler bu bilginin yapı genelindeki dağılımını belirleyerek mühendislere çok daha bütüncül bir değerlendirme olanağı sunar.

Yapının Gerçek Davranışını Ölçmek

Bir yapının güvenliği yalnızca beton kalitesi veya donatı düzeniyle açıklanamaz. Aynı zamanda deprem sırasında nasıl hareket ettiği de bilinmelidir. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018), mevcut yapıların deprem güvenliğinin değerlendirilmesinde malzeme özellikleri, taşıyıcı sistem geometrisi, donatı bilgileri ve mühendislik hesaplarına dayalı performans analizlerini esas almaktadır. Yapı jeofiziği yöntemleri, bu yönetmelikte tanımlanan performans

değerlendirme yaklaşımının yerine geçen yöntemler değildir. Aksine, performans analizlerinde kullanılan kabullerin sahadan elde edilen gerçek ölçümlerle desteklenmesine, doğrulanmasına ve sonuçların daha güvenilir biçimde yorumlanmasına katkı sağlayan tamamlayıcı mühendislik araçlarıdır. Ayrıca, karot, laboratuvar deneyleri ve diğer noktasal incelemelerden elde edilen yüksek doğruluklu verilerin, jeofizik ölçümlerle ilişkilendirilmesi sayesinde bu özelliklerin yapı genelindeki uzaysal değişimi yüksek çözünürlükle değerlendirilebilir. Böylece yalnızca belirli noktalardan elde edilen bilgiler değil, bu bilgilerin kolonlar, perdeler, kirişler ve döşemeler boyunca nasıl değiştiği de ortaya konularak, performans analizlerinde kullanılan malzeme ve taşıyıcı sistem kabullerinin çok daha gerçekçi verilere dayandırılması mümkün hale gelir.

Mikrotremor ölçümleri ve yüksek duyarlıklı ivmeölçerler sayesinde yapıların doğal titreşim frekansları, mod şekilleri, sönüm oranları, rezonans davranışları, katlar arası salınım düzensizlikleri, burulma etkileri ve titreşim büyütmelemleri doğrudan ölçülebilmektedir. Burada önemli olan nokta, ölçülen verilerin yapının gerçek davranışını temsil etmesidir. Bilgisayar ortamında oluşturulan modeller, malzeme özellikleri, kütle dağılımı, sınır koşulları ve taşıyıcı sistem davranışı gibi belirli kabuller altında yapının nasıl davranacağını hesaplar. Mikrotremor ve ivme ölçümleri ise mevcut yapının o andaki rijitliğini, kütle dağılımını ve dinamik karakterini doğrudan ortaya koyar.

Bu ölçümler, sayısal modellerin doğrulanması ve gerektiğinde kalibre edilmesi açısından önemli bir veri kaynağı oluşturur. Örneğin hesap modelinden elde edilen doğal titreşim frekansları ile sahada ölçülen frekansların karşılaştırılması, modelde kullanılan malzeme özellikleri, rijitlik kabulleri veya taşıyıcı sistem davranışının gerçeği ne ölçüde temsil ettiğinin değerlendirilmesine olanak sağlar. Böylece yapı performans analizlerinden elde edilen sonuçlar, yalnızca hesaplara değil, doğrudan yapının mevcut davranışını yansıtan ölçümlere de dayandırılmış olur.

Sonuç olarak yapı jeofiziği, performans analizlerinin alternatifi değil; bu analizleri destekleyen, doğrulayan ve yorumlanmasını güçlendiren bir mühendislik yaklaşımıdır. Sayısal modelleme ile sahadan elde edilen gerçek ölçümlerin birlikte değerlendirilmesi, yapıların deprem performansının daha güvenilir ve daha gerçekçi biçimde ortaya konulmasına önemli katkı sağlamaktadır.

Mühendislikte Doğru Tanı, Doğru Müdahale

Hiçbir hekim yalnızca tek bir görüntüleme yöntemine bakarak tedavi kararı vermez. Laboratuvar sonuçları, görüntüleme yöntemleri, fizik muayene ve hastanın öyküsü birlikte değerlendirilir. Bunlardan herhangi birinin eksik olması, yanlış veya eksik tanıya; dolayısıyla etkisiz ya da gereksiz tedavilere neden olabilir.

Yapılar için de aynı yaklaşım geçerlidir. Jeofizik ölçümler, yapı performans analizleri, malzeme deneyleri, proje bilgileri ve gözlemsel incelemeler birlikte değerlendirildiğinde güvenilir bir mühendislik tanısı ortaya çıkar. Aksi durumda gerçek problem gözden kaçabilir, gereksiz güçlendirme kararları alınabilir veya asıl risk oluşturan hasarlar fark edilmeyebilir.

Yapı jeofiziği, inşaat mühendisliğinin alternatifi değil, onu tamamlayan bir mühendislik disiplini. Yapıya zarar vermeden elde ettiği fiziksel ve dinamik veriler sayesinde, mühendislerin kararlarını ölçümlere dayandırmasına olanak sağlar. Deprem ülkesi olan Türkiye’de güvenli yapıların değerlendirilmesinde geleceğin yaklaşımı; jeofizik ölçümler, inşaat mühendisliği analizleri ve sayısal modellemelerin birlikte kullanıldığı bütünleşik tanı sistemleri olacaktır. Çünkü doğru güçlendirme ve doğru müdahalenin ilk şartı, her zaman doğru tanıdır.

TARİHİ YAPILARDA BASINÇ DAYANIMININ SİSMİK ULTRASONİK YÖNTEM İLE BELİRLENMESİ: KARIYE CAMİİ ÖRNEĞİ

Burak ÇATLIOĞLU, Yük. Müh.
e-posta : burakjtz@yandex.com

Giriş

Geç Antik Çağ'dan, Orta Çağ'a girerken sosyal yapısı değişen Konstantinopolis'teki kamu yapıları, küçük kiliseler ve savunma yapıları ile sınırlanmış; 843-1204 yılları arasında tarihlendirilen orta Bizans döneminde dini mimaride yeni bir plan tipi gözlemlenmiştir. Bu tip, başkentte çeşitli varyasyonlarla inşa edilmiş ve söz konusu yapıların hemen hepsi geç Bizans döneminde (1261-1453) ekler almış veya kısmen yeniden yapılmışlardır. Günümüz İstanbul'una pek azı ulaşan bu yapıların önemli örneklerinden biri de Kariye'dir (Görüntü 1). MS 300'den itibaren Hristiyanlarca kullanıldığı ve Aziz Babylos'un gömüldüğü söylenen Kariye'nin bulunduğu alanda, Justinianus döneminde (MS 527-565) Khora Manastırı kurulmuştur. Manastırın ana kilisesi olan Kariye'nin alt yapısı, kısmen bu ilk yapıya, 6. yüzyıla kadar geri giderken, mevcut üst yapıda ise ana kilise orta Bizans dönemine, 12. yüzyıla tarihlendirilir. Geç Bizans döneminde, 1316-1321 tarihleri arasında, Khora Manastırı Theodoros Metokhites tarafından ele alınmış; bu kapsamda ana kilisenin bazı kısımları yeniden yaptırılmış ve yapı genişletilmiştir. İstanbul'da Ayasofya'dan sonra, görece en çok bilinen ikinci Bizans yapısı olan Kariye, Bizans sanatında bir tepe noktası olduğu düşünülen mozaik ve freskleriyle kavuştuğu ününü de 14. yüzyılda manastırı canlandıran Metokhites'e borçludur. (Ousterhout and Robert, 1987; Esmer, 2021)

Yapı, İstanbul'un fethi sonrasında, 1495-1511 yılları arasında Sadrazam Hadım Ali Paşa tarafından camiye dönüştürülmüş; minber, mihrap ve güneybatı köşesine bir minare eklenmiştir. Yapı, 1894 depreminde aldığı hasar sonrası, Osmanlı dönemindeki son onarımını 1898'de görmüştür. Kariye, Cumhuriyet döneminde 1929'da Vakıflar tarafından kısmi bir onarım geçirmiş, 1945'te Bakanlar Kurulu Kararı ile ulusal anıt olarak ilan edilmiştir. Akabinde, 1947-1958 yılları arasında Amerika Bizans Enstitüsü ve Dumbarton Oaks tarafından restore edilmiştir. Yapı ile ilgili 1945 tarihli Bakanlar Kurulu Kararının Danıştay 10. Dairesi tarafından 11 Kasım 2019'da iptal

edilmesinin ardından, 20 Ağustos 2020’de alınan Cumhurbaşkanlığı Kararı ile yapının Diyanet İşleri Başkanlığı’na devredilerek ibadete açılmasına karar verilmiştir (Esmer, 2021).

Bu süreçte yapının restorasyon ve güçlendirme projeleri hazırlanmıştır. Güçlendirme projesi kapsamında zemin etütleri ve sonuçlarına bağlı olarak zemin iyileştirme çalışmaları ile yapı performans analizinde gerekli basınç dayanımının kullanılması için sismik ultrasonik (yapı jeofiziği) çalışması yapılmıştır. Bu makaleye, yapının kültürel mirasımız için ne kadar önemli olduğunu belirtmek adına tarihçesine kısaca değinerek başlanmış ve yapı jeofiziği çalışmasına yer verilmiştir. Jeofizik ölçümlerimiz Proceq marka sismik ultrasonik cihaz ile yapılmıştır. Kariye Camii taş, tuğla ve harç malzemelerinden oluşmaktadır. Kullanılan taşlarda kendi içlerinde (masif, boşluklu, kırık-çatlaklı) çok büyük farklılıklar göstermektedir. Bu malzemelerin sismik P dalga hızları ölçülmüş ve basınç dayanımları hesaplanmıştır.

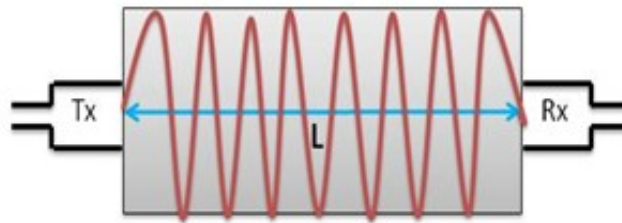


Görüntü 1. Kariye Camii ve içerisindeki fresklerin görünümü

Yöntem

Jeofizik yöntemlerden sismik ultrasonik yöntem son yıllarda yapıya hasar vermeden sonuç üretmesi nedeniyle binaların, köprülerin ve barajların beton kalitesinin belirlenmesinde, tarihi yapıların da restorasyonlarında, yapı malzemelerinin dayanımının belirlenmesinde yaygın kullanılan bir yöntem haline gelmiştir. Birçok araştırmacı ultrasonik yöntem ile binalara tahribat vermeden basınç dayanımını ortaya koymuştur (Uyanık, 2014; Uyanık vd.,2012; Özçep vd., 2012; Öziçer, 2012; Ercan, 2003).

Ultrasonik cihaz bir verici (Tx), bir de alıcı (Rx) problara sahiptir. Bir taraftan dalga gönderilirken diğer taraftan dalganın gelişi kaydedilir (Görüntü 2). Ultrasonik pulsun hızı alıcı ve verici problemlerin arasındaki uzaklığın zamana oranıdır. Sismik pulsun hızı: Dalga Yolu (L) / Süre (t)'dir.



Görüntü 2. Sismik puls hızının ölçümünün şematik gösterimi (Çathoğlu, 2012)

Ultrasonik enerji hava boşluğu tarafından gecikmeye uğrar. Bu nedenle ölçüm yapılacak yüzey ile alıcı verici problemler arasında çok iyi bir iletimin sağlanması gereklidir. İletimin tam olarak sağlanabilmesi için gres yağı, jel vb. iletimi artırıcı maddeler kullanılmalıdır.

Yöntemin Kullanım Amacı ve Avantajı

- Binalarda direkt olarak kolon ve kirişlerde ölçümler yapılabildiği gibi numuneler üzerinde de ölçüm yapılabilir.
- Bina, köprü, baraj, tarihi yapı gibi her türlü yapıya uygulanarak beton ve malzeme kalitesi tespit edilebilir.
- Yöntemin uygulanması esnasında yapıya hiçbir hasar vermeksizin, hızlı bir şekilde ölçümlerin yapılması büyük bir avantajdır.

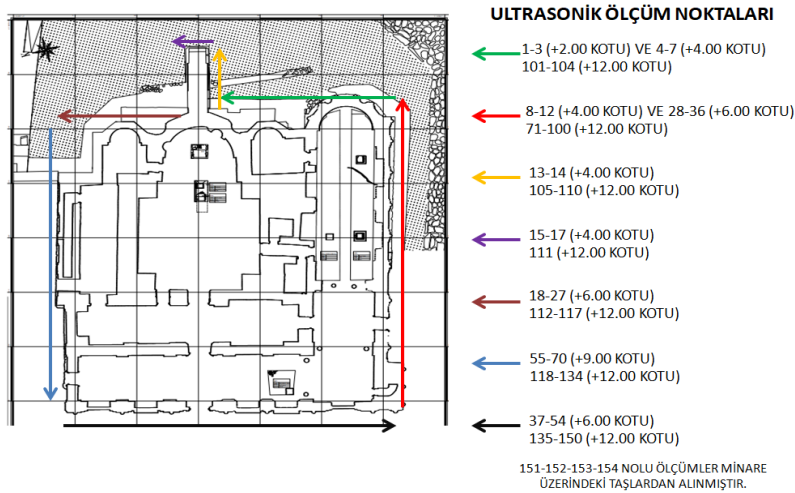
Ölçüm Tekniği

Sismik ultrasonik yöntem doğrudan ölçü tekniği, kaydırma ölçü tekniği ve dikey ölçü tekniği olarak üç farklı şekilde uygulanabilir (Görüntü 3).



Görüntü 3. Kolon üzerinde ultrasonik yöntemin uygulanması (Uyanık vd., 2011)

Kariye Camii'nde toplamda kaydırma ve dikey ölçüm tekniği ile TS EN 12504-4. standardına uygun bir şekilde 154 noktada ölçüm yapılmıştır. Ölçüm noktaları Görüntü 4'te sunulmuştur.



Görüntü 4. Yapının Rölevesi ve Ultrasonik Ölçümlerin Yerleri

Yapının dış cephesine kurulan iskele yardımıyla yapıyı oluşturan malzemeler üzerinde yerinde sismik ultrasonik cihaz ile P dalga hızları ölçülmüştür (Görüntü 5).



Görüntü 5. Kariye Camii sismik ultrasonik ölçümleri

P dalga hızı ile malzemenin (taş, tuğla ve harç) dayanımı belirlenmiştir. Basınç dayanımı Uyanık vd., 2012'nin vermiş olduğu bağıntı ile hesaplanmıştır.

$$F_c = 2.4(V_p)^{1.9}$$

bu eşitlikte hız km/sn' dir. Beton dayanımı ise MPa' dır (Uyanık vd., 2012).

Tablo 1. Kariye Camii sismik ultrasonik ölçümler sonucu elde edilen P dalga hızı ve basınç dayanımı

Malzeme Cinsi	P dalga hızı (m/sn)	Basınç Dayanımı (MPa)	Ölçüm Sayısı
Taş	1635 - 4276	6,11 - 37,95	69
Tuğla	1314 - 1906	4,03 - 8,17	47
Harç	705 - 1437	1,24 - 4,78	34
*Taş	2369 - 3088	12,35 - 20,44	4

*Taş: Yapıya sonradan eklenen minare üzerinde alınan ölçümler

Sonuçlar

Kariye camii Fatih İlçesi'nde bulunan, Bizans dönemine ait yapılar arasında Ayasofya'dan sonra en çok bilinen, İstanbul'un en önemli tarihi yapılarından biri konumundadır. Kültürel mirasımızın bir parçası olan; kilise, müze ve sonrasında cami olarak kullanılan bu yapı taşıdığı değer itibarıyla titizlikle korunmaya muhtaçtır.

Bu çalışma ile tarihi bir yapının yapı jeofiziği yöntemlerinden sismik ultrasonik yöntem ile hiçbir tahribat vermeksizin yapıda kullanılan malzemelerin basınç dayanımı belirlenmiştir. Bu amaç doğrultusunda; Kariye Camii'nde jeofizik mühendisi tarafından inşaat mühendisinin göstermiş olduğu nokta ve malzemelerden 154 noktada sismik ultrasonik ölçüm yapılmış, taş, tuğla ve harç malzemesi olarak sınıflandırılarak P dalga hızı ile basınç dayanımı tablo halinde verilmiştir (Tablo 1).

Yapılan sismik ultrasonik ölçümlerde, harçta P dalga hızının 705 – 1437 m/sn arasında değiştiği ve 1,24 – 4,78 Mpa arasında değişen basınç dayanımına sahip olduğu; taşta (kireçtaşı) P dalga hızının 1635 – 4276 m/sn arasında değiştiği ve 6,11 – 37,95 Mpa arasında değişen basınç dayanımına sahip olduğu; Tuğlada P dalga hızının 1314 – 1906 m/sn arasında değiştiği ve 4,03 – 8,17 Mpa arasında değişen basınç dayanımına sahip olduğu belirlenmiştir. Yapının ana gövdesi dışında sonradan eklenen minarede kullanılan taşta (kireçtaşı) P dalga hızının 2369 – 3088 m/sn arasında değiştiği ve 12,35 – 20,44 Mpa arasında değişen basınç dayanımına sahip olduğu belirlenmiştir.

Taş diye ifade ettiğimiz kayaç kireçtaşlarından oluşmaktadır. Kireçtaşları da kırık, çatlak, boşluklu ve bazen fosilli yapısından dolayı dayanım olarak değişkenlik göstermektedir. Basınç dayanımındaki değişkenliğin bir nedeni de yapının zaman içerisinde meydana gelen depremlerde bölgesel olarak hasar alması ve buna bağlı olarak onarımların gerçekleştirilmesidir. Her bir onarımda farklı bir malzeme kullanıldığı ve kiliseden camiye dönüştürülmesi sürecinde farklı eklentilerin yapıldığı bilinmektedir.

Sonuç olarak; sismik ultrasonik (yapı jeofiziği) yöntem, hem betonarme yapılarda hem de tarihi yapılarda tahribat vermeksizin yapı malzemelerinin dayanımı ve kalitesi konusunda inşaat

mühendislerine önemli parametreler vermektedir. Betonarme yapılarda sismik ultrasonik yöntem ile birlikte karot alımı ve tek eksenli basınç deneyleri yapılabilmekte olup tarihi yapılarda bu mümkün değildir.

Kaynaklar

- Çathoğlu, B. (2012). Jeofizik ve klasik yöntemlerle yapı incelemeleri [Yüksek Lisans Semineri]. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Ercan, A. (2003). Yapı inceleme yöntemleri, mühendislik jeofiziği dizisi-II. Birsen Yayınevi.
- Esmer, M. (2021). Tehdit altındaki bir kültür mirası Ortaçağ İstanbul'undan bugüne eşsiz bir anıt: Kariye. Mimarlık Dergisi, (417), 43.
- Ousterhout, R. G. (1987). The architecture of the Kariye Camii in Istanbul. Dumbarton Oaks Research Library and Collection.
- Özçep, F., Karabulut, S., Özgüven, B., & Şanlı, O. (2012). Tahribatsız test yöntemleri ve ultrasonik hız ölçümleri. Jeofizik Bülteni, (69-70-71).
- Öziçer, S. (2012). Yapılaşma jeofiziği. Jeofizik Bülteni, (69-70-71).
- Türk Standartları Enstitüsü. (2012). Beton deneyleri-Bölüm 4: Ultrasonik atımlı dalga hızının tayini (TS EN 12504-4).
- Uyanık, O. (2014). Jeofizik ve klasik yöntemlerle yapı incelemeleri (Yapı Jeofiziği) (Eğitim Yayınları No: 19). TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası (JFMO).
- Uyanık, O., Kaptan, K., Gülay, F. G., & Tezcan, S. (2011). Beton dayanımının tahribatsız ultrasonik yöntemle tayini. Yapı Dünyası, (184), 55-58.
- Uyanık, O., Şenli, B., & Çathoğlu, B. (2012). Binaların beton kalitesinin tahribatsız jeofizik yöntemlerle belirlenmesi. International Construction Congress Bildirileri.
- Whitehurst, E. A. (1951). Soniscope test concrete structures. Journal of American Concrete Institute Proceedings, 47, 443-444.

KÜLTÜREL MİRASIN KORUNMASINDA JEOFİZİK: TARİHİ HÜSREVPAŞA HAMAMI GPR ARAŞTIRMASI

Hilâl ÖZDOĞAN

e-posta : hozdn@gmail.com

Giriş

Bitlis, Doğu Anadolu Bölgesi'nde Van Gölü Havzası ile Yukarı Dicle Havzası arasında yer alan ve tarih boyunca Anadolu'yu İran, Kafkasya ve Mezopotamya'ya bağlayan önemli ticaret yolları üzerinde gelişmiş tarihî bir yerleşim merkezidir. Coğrafi konumu nedeniyle Urartu, Roma, Bizans, Selçuklu ve Osmanlı gibi birçok medeniyetin egemenliğinde kalan kent, özellikle XVI. yüzyılda Osmanlı hâkimiyetinin kesinleşmesiyle birlikte önemli bir idarî ve ticari merkez hâline gelmiştir. Bu dönemde vakıf sistemi kapsamında camiler, medreseler, hanlar, hamamlar ve köprüler inşa edilmiş; böylece günümüzde büyük ölçüde korunan tarihî kent dokusu oluşmuştur (Aslanapa, 1986; Gabriel, 1940).

Bitlis tarihî kent dokusunun en belirgin özelliklerinden biri, yörede çıkarılan volkanik kökenli kesme taşın yapı malzemesi olarak yaygın biçimde kullanılmasıdır. Bu araştırmanın çalışma alanını oluşturan Hüsrevpaşa Hamamı, Bitlis ili Merkez ilçesi Gazi Bey Mahallesi'nde, tarihî Büyük Çarşı içerisinde yer almaktadır (Görüntü 1). Yapı, kitabesine göre Hicrî 979 (M. 1571) yılında Van Beylerbeyi Köse Hüsrevpaşa tarafından yaptırılmıştır. Aynı dönemde Hüsrevpaşa tarafından Bitlis ve çevresinde hanlar, köprüler ve çeşitli vakıf yapılarının da inşa ettirildiği bilinmektedir. Bu yapılar, Osmanlı Devleti'nin doğu ticaret yollarını destekleyen vakıf sistemi içerisinde önemli bir yere sahiptir (Kültür ve Turizm Bakanlığı, 2013).

Hüsrevpaşa Hamamı, klasik Osmanlı hamam mimarisinin karakteristik örneklerinden biri olan çifte hamam plan tipinde tasarlanmıştır. Kadınlar ve erkekler bölümlerinden oluşan yapının kadınlar kısmı günümüze büyük ölçüde ulaşamamış, erkekler bölümü ise özgün plan şemasını önemli ölçüde koruyabilmiştir. Erkekler bölümünde giriş mekânını tromplarla kubbeye geçiş sağlayan soyunmalık (soğukluk) bölümü izlemekte, ardından ılıklik ve merkezi kubbeli sıcaklik mekânı gelmektedir. Sıcaklik mekânının çevresinde eyvanlar ve halvet hücreleri yer almakta

olup bu düzenleme klasik Osmanlı hamam planlamasının temel özelliklerini yansıtmaktadır (Aslanapa, 1986; Kültür ve Turizm Bakanlığı, 2013).

Taşıyıcı sistemi tamamen yığma taş tekniğiyle oluşturulan tarihi yapıda yaklaşık 450 yılı aşkın kullanım süreci boyunca yapı; doğal yaşlanma, nem etkileri, donma-çözülme döngüleri, depremler ve farklı dönemlerde gerçekleştirilen onarımlar nedeniyle çeşitli yapısal bozulmalara maruz kalmıştır. Özellikle yığma taş yapılarda harç kayıpları, taş bloklar arasındaki süreksizlikler, iç boşluk içeren yapılar ve ayrışmalar çoğu zaman yüzeyden gözlenememektedir. Bu nedenle tarihî yapıların restorasyon süreçlerinde, taşıyıcı sistemin iç yapısını ortaya koyabilen tahribatsız araştırma yöntemlerinin kullanılması büyük önem taşımaktadır (ICOMOS, 2003; Binda & Saisi, 2001).

Bu kapsamda Hüsrevpaşa Hamamı'nda gerçekleştirilen jeofizik ölçüm metotlarından GPR çalışmaları, restorasyon öncesinde duvar bünyesinde bulunan boşluk içeren yapıların belirlenmesi ve taş duvarlara uygulanacak enjeksiyon işlemlerinin etkinliğinin değerlendirilmesi amacıyla yürütülmüştür. Çalışmalar kapsamında erkekler bölümü, soyunmalık, ılıklik, sıcaklık, eyvanlar, halvetler ve çarşı cephesindeki dükkânlar dâhil olmak üzere çok sayıda mekânda ölçümler gerçekleştirilmiştir. Araştırmada 2700 MHz frekansına sahip GSSI StructureScan sistemi kullanılmış; elde edilen radargramlar iki ve üç boyutlu olarak değerlendirilerek yüksek genlikli anomaliler belirlenmiştir. Bu makalede Soyunmalık (Erkekler) Bölgesine ait GPR verilerinin veri-işlem aşamaları irdelenmiş olup, kesitler sunulmuştur.



Görüntü 1. Tarihi Hüsrevpaşa Hamamı inceleme sahasına ait genel görünüm.

Jeofizik Çalışmalar

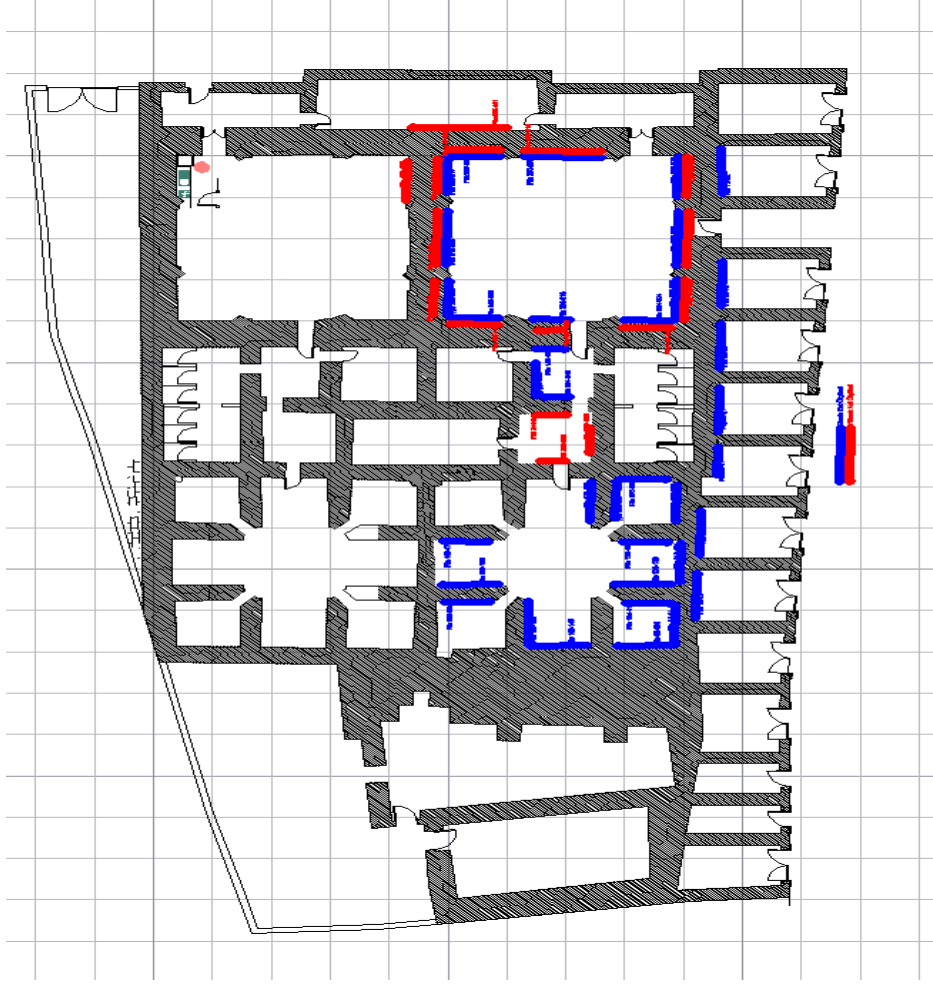
Yapıların mevcut durumunun değerlendirilmesi, taşıyıcı sistem elemanlarının hasarsız yöntemlerle incelenmesi ve yüzeye yakın yeraltı yapısının karakterizasyonunda jeofizik yöntemler etkin biçimde kullanılmaktadır. Bu kapsamda, proje alanında yapı bünyesinde bulunabilecek boşluk içeren yapıların, süreksizliklerin ve diğer yapısal anomalilerin belirlenmesi amacıyla GPR yöntemi tercih edilmiştir. Çalışma, Vakıflar Bitlis Bölge Müdürlüğü'nün talebi doğrultusunda ölçüm planına uygun olarak gerçekleştirilmiş; elde edilen veriler ileri veri işlem teknikleri kullanılarak değerlendirilmiş ve yapısal anomalilerin konumları yorumlanmıştır.

Yer Radarı (Ground Penetrating Radar-GPR) Yöntemi

GPR farklı dielektrik özellik gösteren ortam sınırlarından yansıyan elektromanyetik dalgaların kaydedilmesi esasına dayanan tahribatsız bir jeofizik yöntemdir (Annan vd., 1975; Hollender ve Tillard, 1998; Abdelhady, 2004). Genel hatlarıyla GPR, verici anten, alıcı anten ve kayıtçıdan oluşmaktadır. Verici anten, yatay doğrultuda elektrik alan vektörüne sahip (TE: Transvers Elektrik), birkaç nanosaniye süreli bir elektromanyetik sinyal üretecek şekilde tasarlanmıştır. Alıcı anten ise, yine aynı yönde, yeraltı derinliklerinden dönen elektromanyetik sinyali algılayacak doğrultuda konumlandırılmıştır. Yeraltında, her iki tarafı farklı dielektrik özelliğe sahip kayalardan oluşan bir ara yüzey varsa, elektromanyetik dalga bu ara yüzeyde yansıma ve iletme uğrayacaktır. Yeraltında düz bir jeolojik tabaka bulunması halinde GPR kesitlerinden alınan cevap düz bir katman şeklinde olacaktır.

Sahada Uygulanan GPR Çalışmaları

Proje sahasında aşağıda verilen plan üzerinde mavi ve kırmızı renkli çizgiler ile gösterilen cephelerde 20 cm profil aralıkları ile ölçümler gerçekleştirilmiştir (Görüntü 2-3).



Görüntü 2. Ölçümlerin gerçekleştirildiği yüzeylerin plan üzerinde gösterimi.

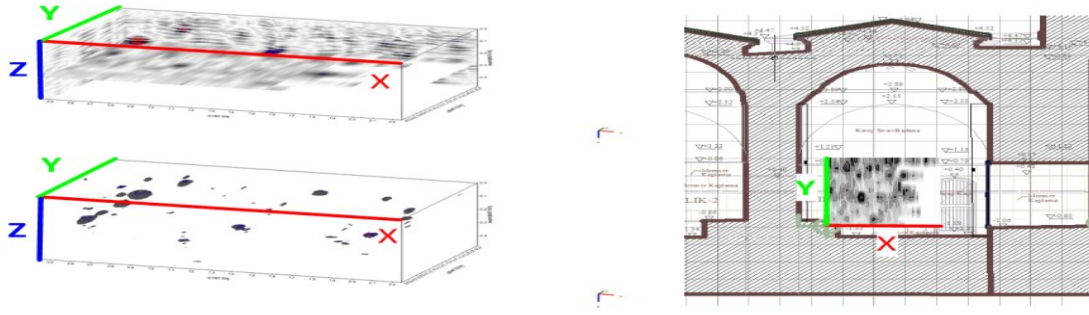


Görüntü 3. Tarihi Hüsrevpaşa Hamamı GPR veri toplama çalışmalarına ait görüntü.

Veri İşlem ve Değerlendirmeler

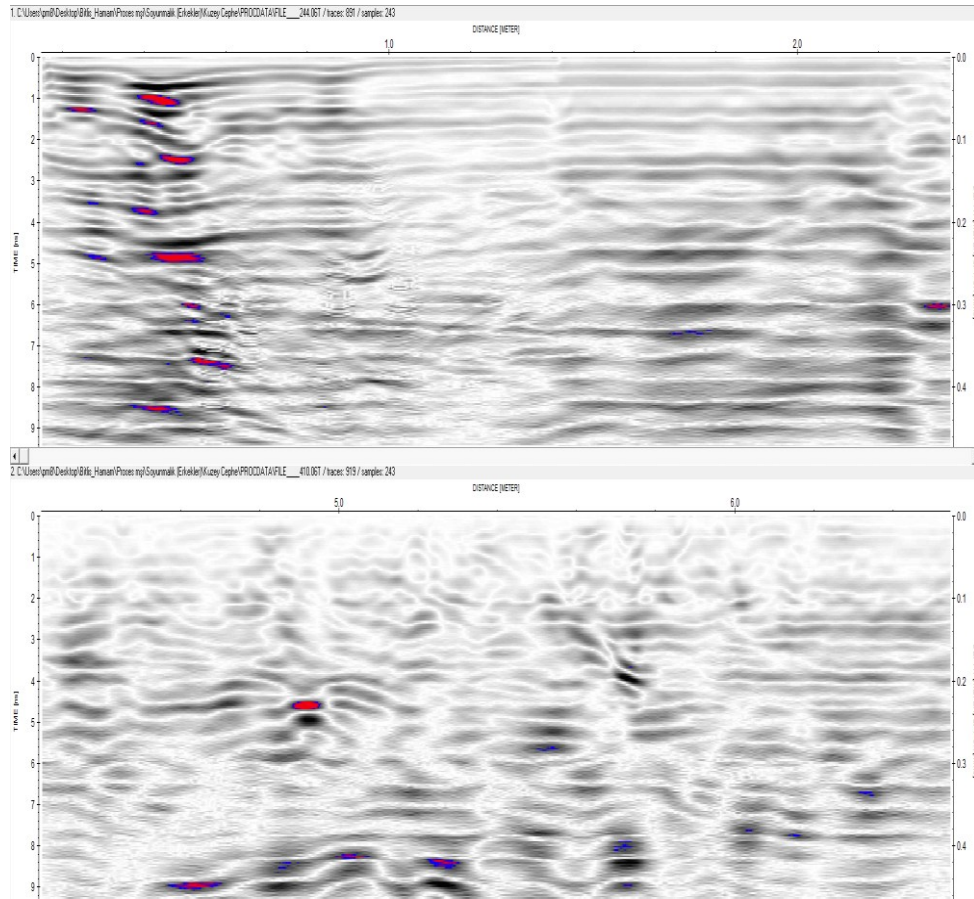
İnceleme alanında ölçülen profiller öncelikle geometrilerine uygun bir şekilde bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Daha sonra veriler 2 boyutlu analiz edilerek alınan sinyallere bir genlik fonksiyonu ile kazanç sağlanmıştır (Gain). Devamında Background Removal (BR) ile tekrarlı yansımalar elemine edilmiştir. Verilerden çok düşük ve çok yüksek frekansları elime etmek için Ormsby Band Pass (OBP) filtresi uygulanmıştır.

Veri işlem aşamasından sonra 2B radargram kesitleri yorumlanmıştır. 2B radargramlardan 3B dikdörtgen diyagramlar elde edilmiştir. Gerekli proses aşamalarından sonra elde edilen 2B radargram kesitleri eklerde verilmiştir. Aşağıdaki altbaşlıklarda ölçü bölgelerinde elde edilen radargram kesiti ve kesitte görülen anomaliler kırmızı-bordo renk ile gösterilmiştir. Eksen bilgilerinde XY Duvar Yüzeyini, Z ise duvar derinliğini göstermektedir. Şematik gösterimler ilgili başlık içerisinde sunulmuştur (Görüntü 5). Proje sahasındaki mimari kesitler üzerine 10 cm 25 cm ve 40 cm derinlik seviyeleri için kat haritaları oluşturulmuştur (Görüntü 6).

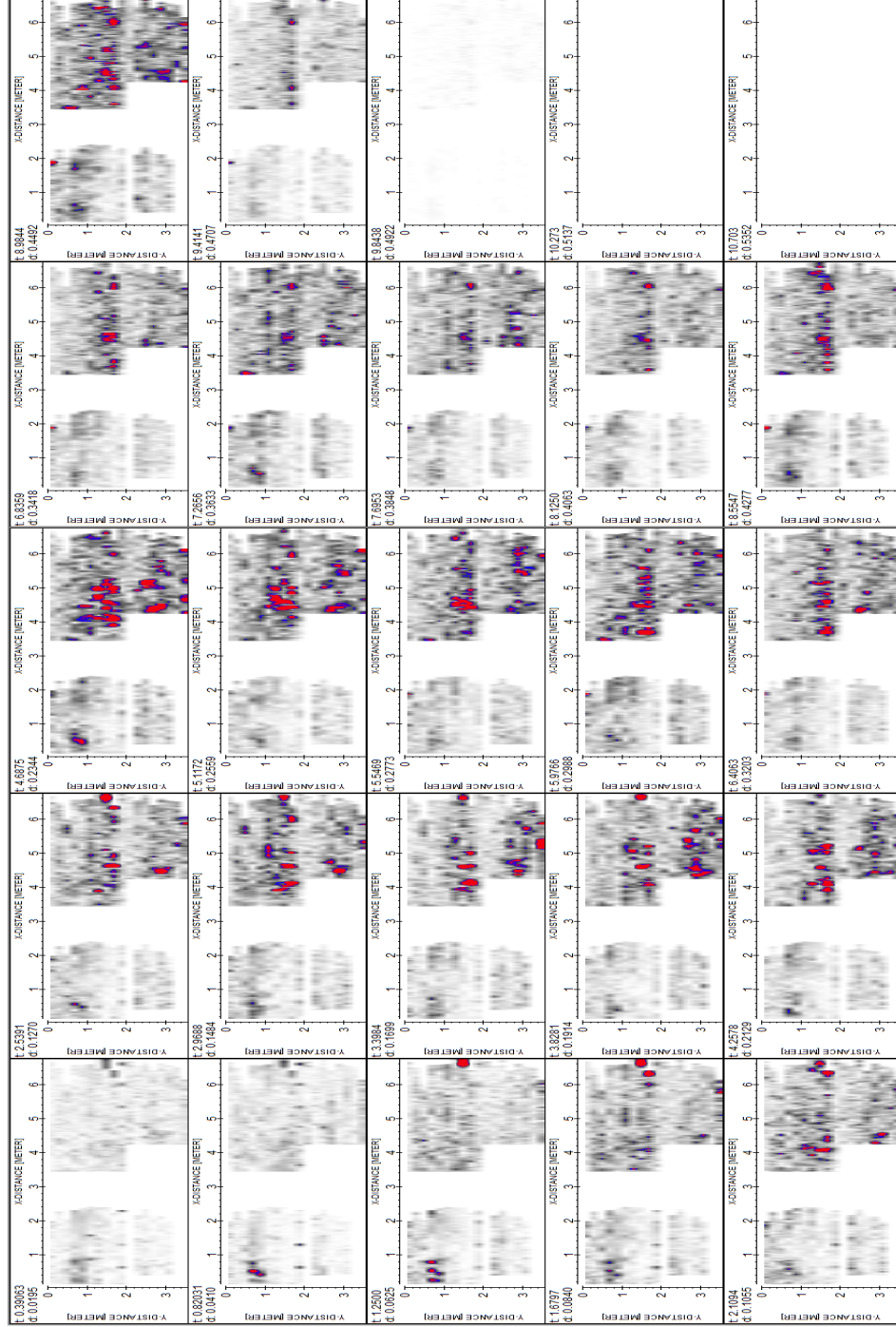


Görüntü 4. Bölgelere ait 3B diyagramların eksen bilgileri.

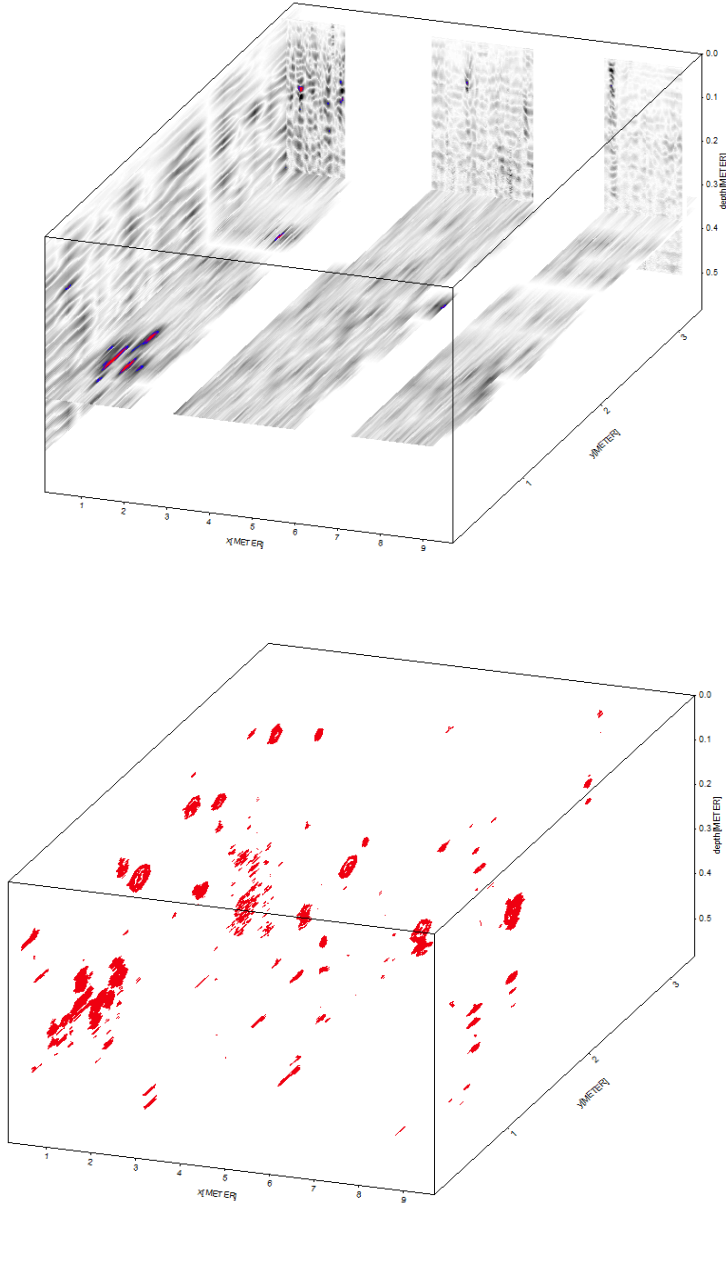
Soyunmalık (Erkekler) Bölgesi Kuzey Cephesi İç Mekana Ait Radargram Kesitleri



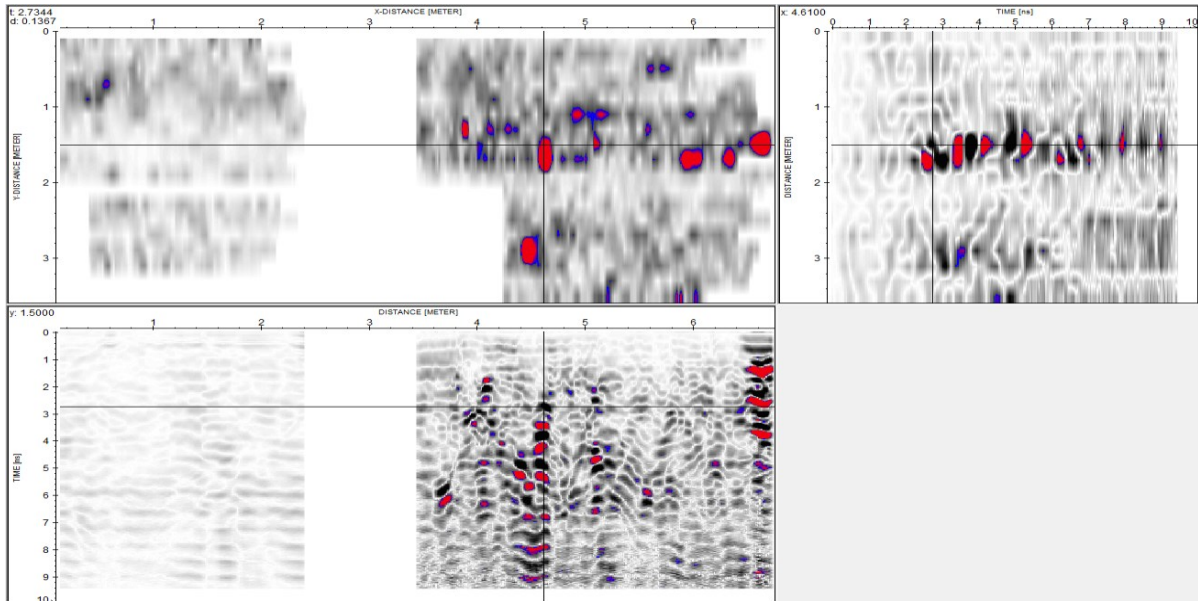
Görüntü 5. 2B radargram kesiti.



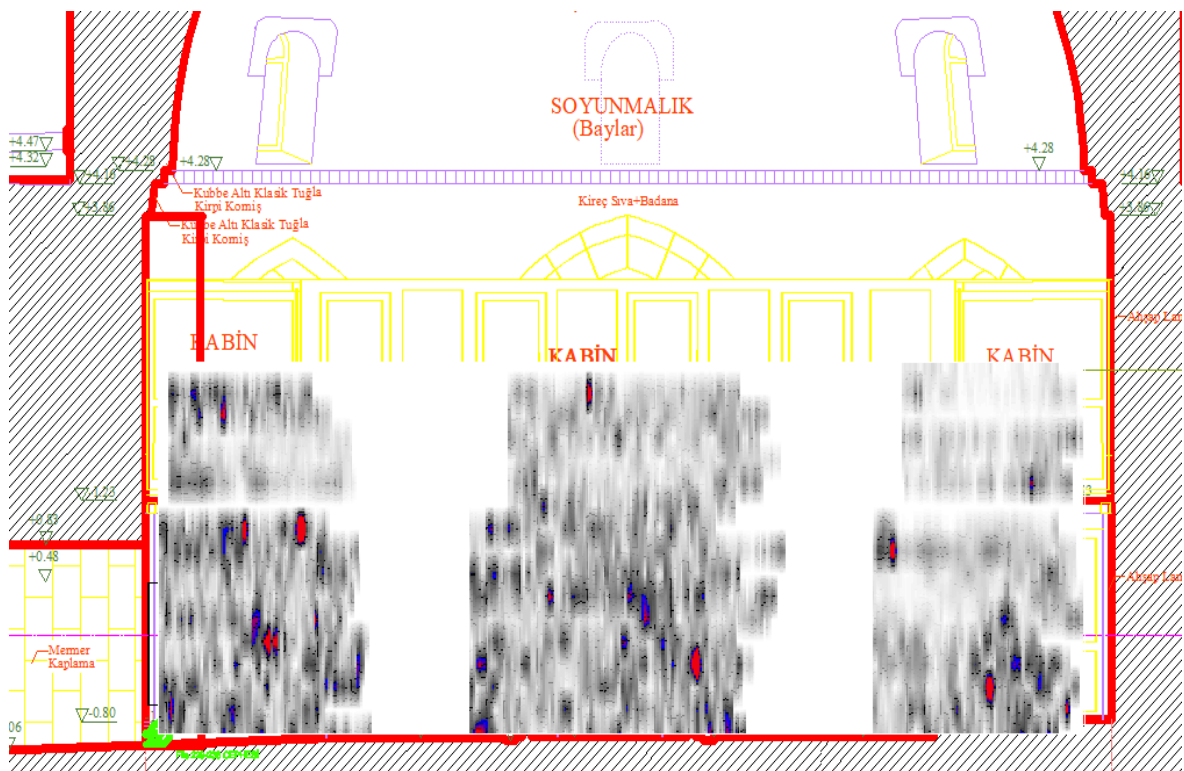
Görüntü 6. Farklı kat seviyeleri için radargram kesitleri.



Görüntü 7. 3B model yüksek genlikli anomalilerin dağılımı.



Görüntü 8. XYZ modelde yüksek genlikli anomalilerin görünümü.



Görüntü 9. 10 cm derinlik için radargram kat haritası.

Sonuç ve Öneriler

Bitlis ili, Merkez ilçesi, Gazi Bey Mahallesi'nde bulunan Tarihi Hüsrevpaşa Hamamı'nın restorasyon çalışmaları kapsamında gerçekleştirilen GPR ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Bu bültende irdelenen Kuzey Erkek Soyunmalık Bölümü duvarlarında 2700 MHz merkez frekanslı GSSI StructureScan sistemi ile elde edilen veriler geometrik düzeltme, iki boyutlu veri işleme ve üç boyutlu modelleme teknikleri kullanılarak değerlendirilmiş ve yüksek genlikli anomaliler belirlenmiştir. Boşluk içeren yapılar ile çevresindeki duvar malzemesi arasındaki yüksek dielektrik kontrastın göstergesi olarak yorumlanmış; bunların boşluk, ayrılmış harç zonları veya yüksek poroziteye sahip bölgelerden kaynaklanabileceği değerlendirilmiştir.

İki ve üç boyutlu radargramlar ile bunlardan oluşturulan kat haritaları birlikte incelendiğinde; yüksek genlikli anomaliler rapor içerisinde koyu lacivert – kırmızı renk skalası ile gösterilmiştir. Kırmızıya doğru porozite miktarı ve boşluk miktarının arttığı öngörülmektedir. Bu yüksek poroziteli olduğu öngörülen yapıların bir kısmının kendi içinde birbiri ile ilişkili bir kısmının ise bağımsız olduğu görülmektedir. Anomalilerin duvar içerisinde belirli bölgelerde yoğunlaştığı görülmüş, ölçüm yüzeylerinde yüksek genlikli alanların dağılımının yaklaşık %1-25 arasında değiştiği belirlenmiştir. Elde edilen bulgular doğrultusunda enjeksiyon uygulamalarının duvar içerisinde yaklaşık 40-50 cm derinliğe kadar etkili olacak şekilde planlanmasının uygun olacağı değerlendirilmiştir.

Sonuç olarak GPR yöntemi ile inceleme alanında restorasyon öncesinde enjeksiyon uygulaması gerektirebilecek lokasyonlar belirlenmiş ve bu alanların dağılımı kat haritaları ile ortaya konulmuştur. Tarihi yapının taşıyıcı sisteminde müdahale gerektiren bölgelerin hasarsız olarak belirlenmesini sağlamış ve restorasyon uygulamalarına bilimsel bir karar desteği sunmuştur. Enjeksiyon uygulamalarının ardından aynı alanlarda tekrar GPR ölçümleri yapılarak uygulamanın etkinliğinin doğrulanması önerilmektedir. Bu çalışma, GPR yönteminin tarihi yapıların korunması ve restorasyon süreçlerinde güvenilir ve etkin bir tahribatsız araştırma yöntemi olduğunu ortaya koymaktadır.

Kaynaklar

- Abdelhady, Y. E. (2004). *Combined geophysical techniques for cavity detection*. Egyptian Geophysical Society (EGS) Journal, 2(1), 147–151.
- Annan, A. P., Wailer, W. M., Strangway, D. W., Rossiter, J. R., Redman, J. D., & Watts, R. D. (1975). The electromagnetic response of a low-loss, two-layer dielectric earth for horizontal electric dipole excitation. *Geophysics*, 40(2), 285–298.
- Aslanapa, O. (1986). *Osmanlı devri mimarisi*. İnkılâp Kitabevi.
- Binda, L., & Saisi, A. (2001). Research on historic structures in seismic areas in Italy. *Progress in Structural Engineering and Materials*, 3(4), 371–380.
- Gabriel, A. (1940). *Voyages archéologiques dans la Turquie orientale* (Cilt 1–2). E. de Boccard.
- Hollender, F., & Tillard, S. (1998). Modeling ground-penetrating radar wave propagation and reflection with the Jonscher parameterization. *Geophysics*, 63(6), 1933–1942.
- ICOMOS. (2003). *Principles for the analysis, conservation and structural restoration of architectural heritage*.
- Kültür ve Turizm Bakanlığı. (t.y.). Hüsrevpaşa Hamamı. Kültür Portalı. Erişim tarihi: 27 Temmuz 2026, <https://www.kulturportali.gov.tr/turkiye/bitlis/kulturenvanteri/husrev-pasa-hamami>
- Öztürk, K. (1993). *Prospeksiyon jeofiziği*. İstanbul Üniversitesi Yayınları. ISBN: 975-404-274-8

YAPI İNCELEMELERİNDE YER-YAPI RADARI (GPR) UYGULAMALARI

Fulya VAROL¹, Yük. Müh. ve Safa TÜLEK², Yük. Müh.
e-posta: fulya@fayayerbilimleri.com, info@fayayerbilimleri.com

Giriş

Son yıllarda deprem etkileri, yapı stoğunun yaşlanması, çevresel etkiler ve kullanım koşullarına bağlı olarak mevcut yapıların güvenliğinin değerlendirilmesi büyük önem kazanmıştır. Yapı elemanlarında oluşan çatlaklar, korozyon, beton ayrışmaları, iç süreksizlikler ve temel sistemlerinde meydana gelen oturma kaynaklı deformasyonlar çoğu zaman yalnızca yüzey gözlemleriyle tam olarak belirlenememektedir. Bu nedenle yapıya zarar vermeden gerçekleştirilebilen tahribatsız jeofizik yöntemler, yapı sağlığının değerlendirilmesinde önemli bir yer edinmiştir.

Yer-Yapı Radarı (Ground Penetrating Radar-GPR), elektromanyetik dalgaların malzeme içerisindeki yayılım özelliklerinden yararlanarak betonarme elemanların iç yapısının görüntülenmesini sağlayan tahribatsız jeofizik yöntemlerden biridir. Donatı yerlerinin belirlenmesi, beton kalınlığının ölçülmesi, boşluk ve ayrışmaların tespiti ile nem, korozyon ve yapısal bozulmalara bağlı anomalilerin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca temel sistemlerinde meydana gelen oturma kaynaklı deformasyonların değerlendirilmesinde de önemli bilgiler sağlamaktadır.

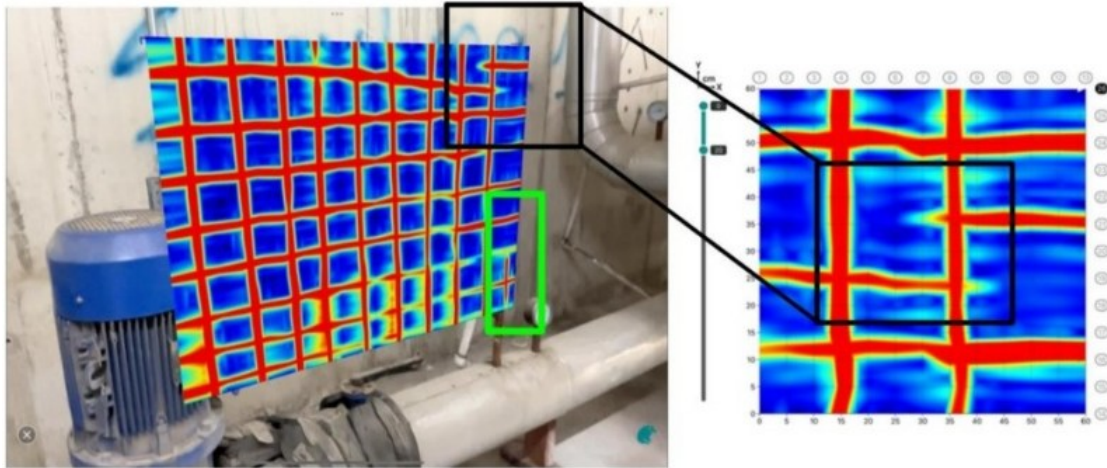
Yapı jeofiziğinde GPR uygulamaları yalnızca mevcut hasarın belirlenmesini değil, hasarın yayılımının ortaya konulmasını, onarım-güçlendirme çalışmalarının doğru bölgelerde planlanmasını ve gerektiğinde tahribatlı doğrulama çalışmalarının en uygun noktalarda gerçekleştirilmesini de mümkün kılmaktadır. Böylece fazla tahribatın önüne geçilmekte, inceleme süresi kısaltmakta ve yapı elemanlarının bütünlüğü korunarak daha verimli inceleme süreçleri yürütülebilmektedir.

GPR yönteminin yapı incelemelerindeki farklı kullanım alanlarını göstermek amacıyla istinat duvarlarında donatı ve etriye süreksizlikleri, donatı ayrışmaları ve yapısal deformasyonlar, çatlak bölgelerinde gelişen yapısal süreksizlikler, korozyon kaynaklı anomaliler ile ağır makine yükleri ve yüksek yeraltı su seviyesinin etkisi altında temel sistemlerinde gelişen oturma kaynaklı deformasyonlara ilişkin uygulama örnekleri sunulmuştur. Bu örnekler, GPR verilerinin farklı yapı problemlerinin belirlenmesi ve yorumlanmasındaki katkısını ortaya koyarak yapı incelemelerinde jeofizik yöntemlerin önemini göstermektedir.

Örnekler

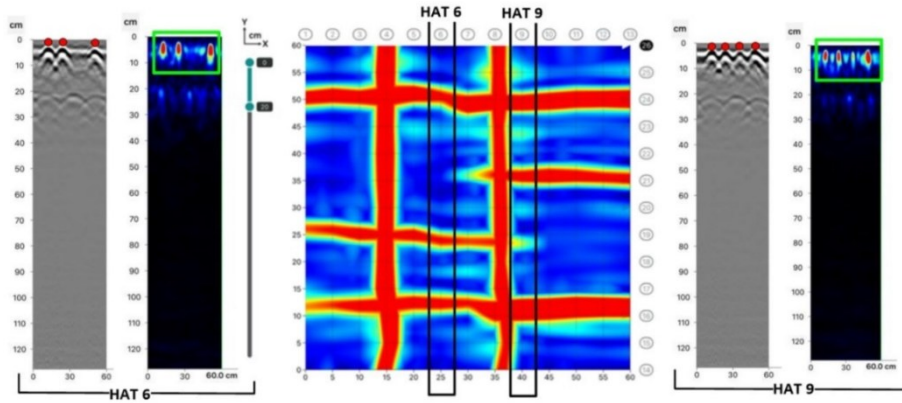
Örnek-1: İstinat Duvarında Donatı-Etriye Süreksizliğinin Belirlenmesi

İstinat duvarında gerçekleştirilen ilk GPR incelemesinde geniş alan taraması yapılarak elde edilen 2B genlik haritaları değerlendirilmiştir. Genlik haritasında yeşil ile işaretlenen bölgede düşey donatıların süreklilik göstermediği ve yukarı doğru devam etmediği belirlenmiştir. Aynı zamanda siyah çerçeve ile gösterilen bölgede etriyelerin doğrusal düzlemde süreklilik göstermediği gözlenmiş, bu durumun yapısal bir bozulmaya işaret edebileceği değerlendirilmiştir. Elde edilen ön bulgular doğrultusunda, anomalinin daha ayrıntılı incelenmesi amacıyla bu bölgede ölçüm ağı sıklaştırılarak daha dar bir alanda ve daha sık profil aralıklarıyla yüksek çözünürlüklü GPR ölçümleri gerçekleştirilmiştir.



Görüntü 1. Duvar yüzeyine yansıtılmış genlik haritası.

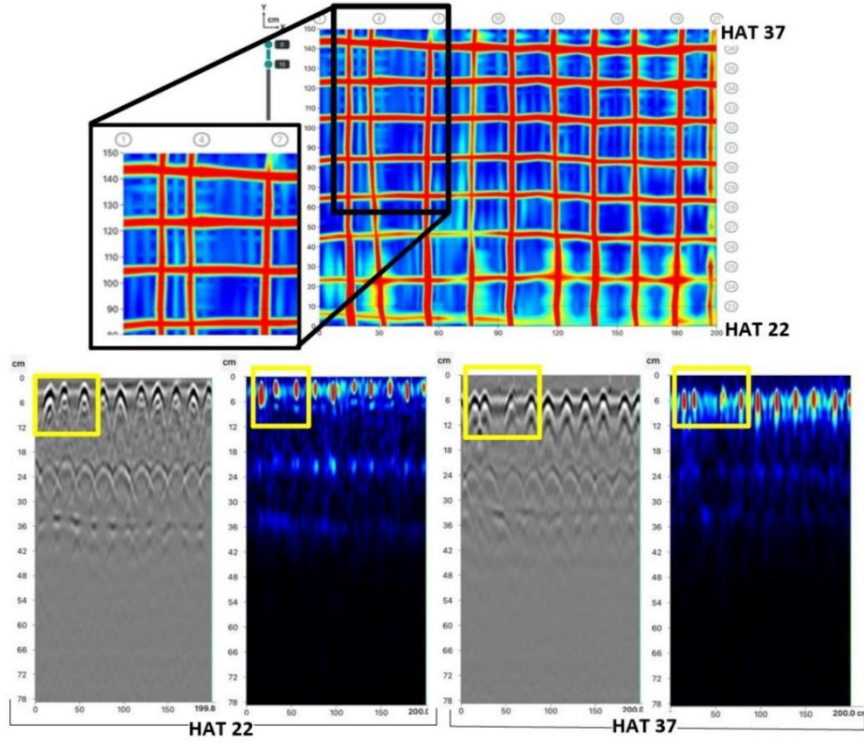
Detay incelemelerde elde edilen radargramlar, etriyeleri temsil eden hiperbolik yansımaların bazı kesitlerde süreklilik göstermediğini ortaya koymuştur. Bulgular, etriyelerde kopukluk veya yer değiştirmelerin bulunduğunu ve betonarme eleman içerisindeki yapısal sürekliliğin bozulduğunu göstermektedir. Bu düzensizliklerin yapım aşamasındaki uygulama farklılıklarından kaynaklanabileceği gibi, istinat duvarının zaman içerisinde maruz kaldığı deformasyonlar sonucunda gelişmiş olabileceği değerlendirilmektedir.



Görüntü 2. Etriyelerdeki deformasyonun yer aldığı bölge ve radargramların gösterimi.

Örnek-2: Donatı Ayrışmaları ve Yapısal Deformasyonun Değerlendirilmesi

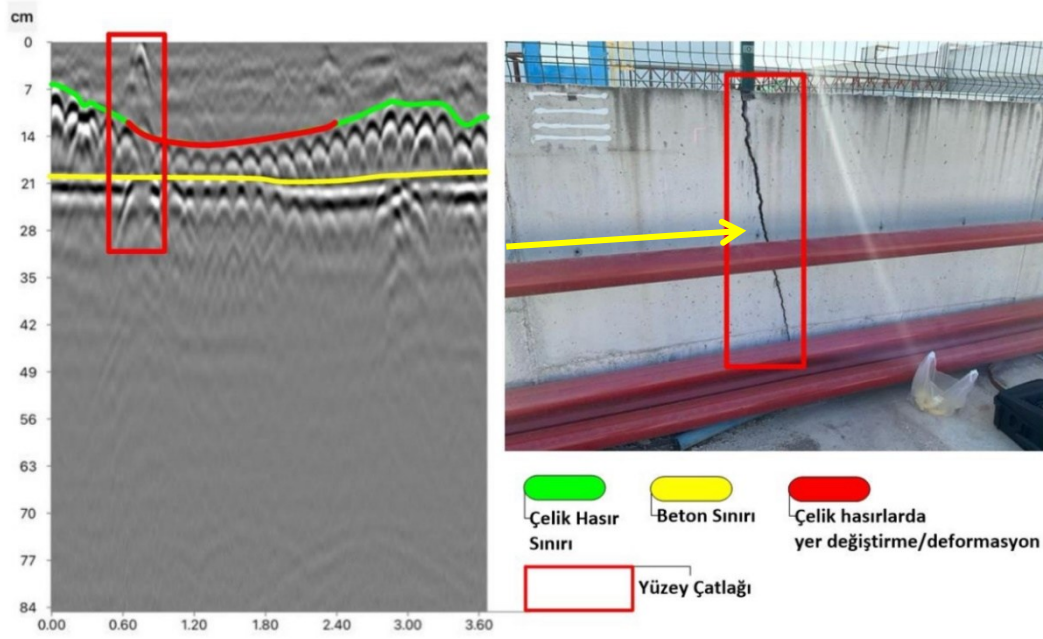
İstinat duvarında gözlenen yüzey çatlaklarının nedenlerinin değerlendirilmesi amacıyla GPR ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen 2B genlik haritaları ve radargramlar birlikte incelendiğinde, bazı bölgelerde donatıların aynı hizada yer almadığı ve donatılar arasında konumsal düzensizlikler bulunduğu belirlenmiştir. Bu düzensizliklerin yapım aşamasındaki uygulama farklılıklarından kaynaklanabileceği gibi, istinat duvarında gözlenen çatlaklarla ilişkili olarak zaman içerisinde gelişen yapısal deformasyonlar sonucunda donatı konumlarında meydana gelen değişimlerden de kaynaklanmış olabileceği değerlendirilmiştir. Bu bulgular, çatlakların yalnızca yüzeysel bir hasar olmayıp betonarme eleman içerisinde de yapısal düzensizliklere işaret edebileceğini göstermektedir.



Görüntü 3. Donatı ve Etriyerlerin 2B genlik haritası ve radargramlar üzerinde gösterimi.

Örnek-3: Çatlak Bölgesinde Yapısal Süreksizliklerin Değerlendirilmesi

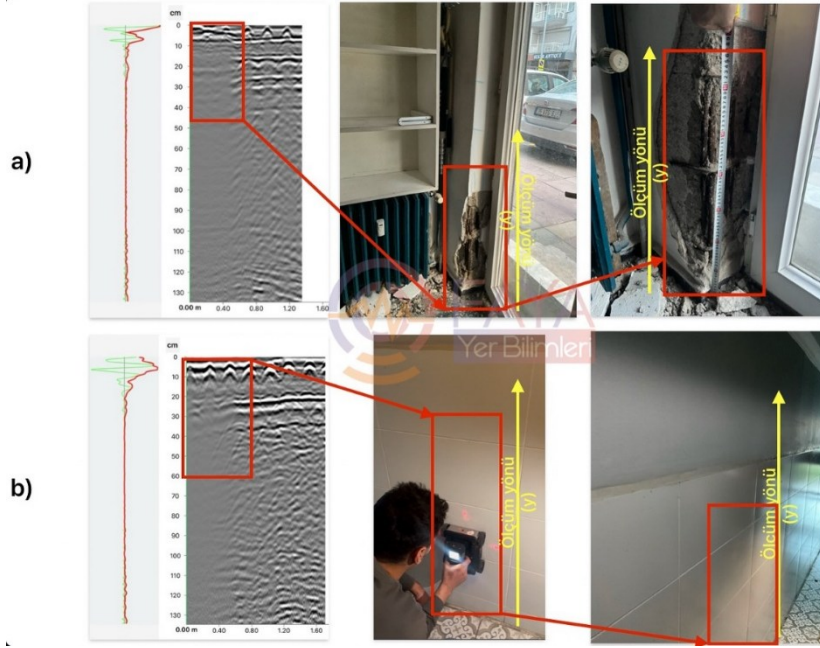
İstinat duvarında gözlenen yüzey çatlaklarının değerlendirilmesi amacıyla GPR ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Çatlakla dik alınan ölçümlerden elde edilen radargramlar incelendiğinde, çelik hasır donatılarından kaynaklanan hiperbolik yansımaların çatlak bölgesinde süreklilik göstermediği belirlenmiştir. Çatlak bölgesi referans alınarak ölçüm hattı genişletilmiş ve elde edilen veriler birlikte değerlendirilmiştir. Radargramlarda gözlenen süreksizlikler, donatı konumlarında meydana gelen yer değiştirmelere ve yapısal bozulmalara işaret etmektedir. Bu bulgular, yüzeyde gözlenen çatlakların betonarme eleman içerisinde gelişen yapısal süreksizliklerle ilişkili olabileceğini göstermektedir.



Görüntü 4. Radargram üzerinde çatlaktan gelen hiperbolik yansıma ve duvar görüntüsü.

Örnek-4: Korozyonlu Bölgelerin GPR Verileri ile Değerlendirilmesi

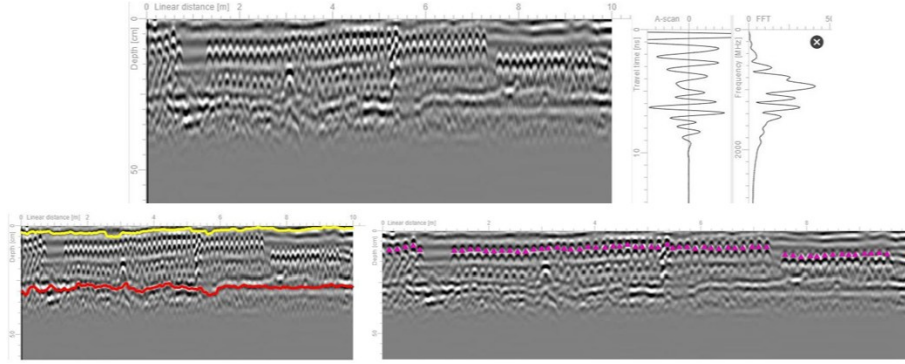
Yapı incelemelerinde gözden kaçan önemli problemlerden biri olan korozyonun değerlendirilmesi amacıyla taşıyıcı sistemde X ve Y yönlerinde GPR ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Radargramların incelenmesi sonucunda belirli bölgelerde sinyal genliğinde belirgin azalmalar tespit edilmiş ve bu alanlar doğrulama amacıyla değerlendirilmiştir. Görüntü 5a'da gösterilen bölgede gerçekleştirilen lokal sıyırma işlemi sonucunda donatı ve etriyelerde korozyon ile birlikte beton içerisinde nem etkisi gözlenmiştir. Görüntü 5b'de ise benzer radar karakteristiği tespit edilmesine rağmen sıyırma işlemi uygulanmamış olup elde edilen anomalinin doğrulanan bölge ile benzer özellikler gösterdiği değerlendirilmiştir. Bu bulgular, düşük genlikli radar anomalilerinin korozyon ve buna bağlı gelişen bozulmalarla ilişkili olduğunu göstermektedir.



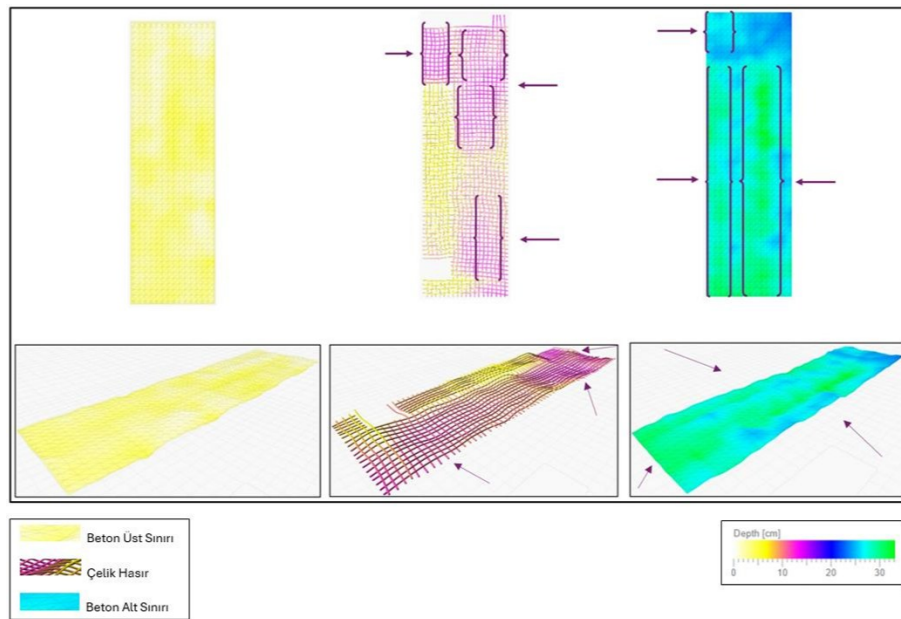
Görüntü 5. Korozyon şüphesi bulunan bölgelerde elde edilen radargramlar ile saha doğrulama sonuçlarının karşılaştırılması; (a) lokal sıyırma işlemi ile doğrulanan bölge, (b) benzer radar karakteristiği gösteren sıyırma işlemi uygulanmayan bölge.

Örnek-5: Temel Sisteminde Oturma Kaynaklı Deformasyonların Değerlendirilmesi

Ağır iş makinelerinin faaliyet gösterdiği fabrika yapısında temel sisteminin değerlendirilmesi amacıyla GPR ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Radargramlar üzerinde betonun üst ve alt sınırları ile çelik hasır donatılar belirlenmiş, elde edilen veriler kullanılarak temel geometrisi modellenmiştir. Yapılan değerlendirmelerde temel alt sınırında yer yer derinlik değişimleri ve süreksizlikler tespit edilirken, çelik hasır donatılarında da düşey konum değişimleri gözlenmiştir. Özellikle şekil üzerinde oklarla gösterilen bölgelerde belirlenen anomalilerin, yapının maruz kaldığı sürekli ağır makine yükleri ile birlikte yüksek yeraltı su seviyesinin zemin davranışı üzerindeki etkisi sonucunda gelişen temel oturmaları ve buna bağlı deformasyonlarla ilişkili olabileceği değerlendirilmiştir.



Görüntü 6. Beton üst sınır (Sarı çizgi), alt sınır (kırmızı çizgi) ve çelik hasırların (mor noktalar) 2-Boyutlu radargramlar üzerinde gösterimi (Varol vd., 2024)



Görüntü 7. Beton üst sınır, alt sınır ve çelik hasırlarda meydana gelen deformasyonların (mor ok işareti) 2 ve 3-Boyutlu derinlik haritaları (Varol vd., 2024)

Sonuç

Yapı güvenliğinin doğru şekilde değerlendirilebilmesi, yüzey gözlemleriyle belirlenemeyen hasar ve bozulmaların tespit edilmesine bağlıdır. Bu kapsamda gerçekleştirilen GPR uygulamaları; donatı ve etriye süreksizlikleri, donatı ayrışmaları, çatlak bölgelerinde gelişen yapısal bozulmalar, korozyon kaynaklı anomaliler ve temel sistemlerinde meydana gelen oturma kaynaklı deformasyonların değerlendirilmesi başta olmak üzere geniş bir uygulama

alanına sahiptir. Elde edilen bulgular, doğrulama çalışmaları ile birlikte değerlendirildiğinde GPR verilerinin yapı elemanlarında gözle görülemeyen bozulmaların belirlenmesi ve yapısal problemlerin yorumlanmasına önemli katkılar sağladığını göstermektedir.

GPR yönteminin tahribatsız bir teknik olması sayesinde yapıya herhangi bir zarar verilmeden istenilen bölgelerde ve istenilen yoğunlukta ölçümler gerçekleştirilebilmekte, böylece hasarın yayılımı ayrıntılı olarak değerlendirilebilmektedir. Bu yaklaşım, doğrulama amacıyla gerçekleştirilecek tahribatlı incelemelerin yalnızca gerekli görülen bölgelerle sınırlandırılmasına olanak sağlayarak güçlendirme çalışmalarının daha doğru, güvenilir ve bilimsel verilere dayalı olarak planlanmasına katkı sağlamaktadır.

Günümüzde GPR başta olmak üzere tahribatsız jeofizik yöntemler, birçok ülkede mevcut yapı stoğunun değerlendirilmesi, izlenmesi ve yönetilmesine yönelik standart inceleme süreçlerinin önemli bir bileşeni olarak kullanılmaktadır. Ülkemizde de bu yöntemlerin daha yaygın şekilde uygulanması mevcut yapı stoğunun güvenliğinin değerlendirilmesine, güçlendirme çalışmalarının etkin biçimde planlanmasına ve doğru mühendislik kararlarının alınmasına önemli katkılar sağlayacaktır.

RADYO YAYINCILIĞINDA KULLANILAN ELEKTROMANYETİK DALGALARIN GENLİĞİ VE İNSAN SAĞLIĞI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ: GÜNCEL BİLİMSEL KILAVUZLAR IŞIĞINDA BİR DERLEME

Emin U. ULUGERGELİ¹, Prof. Dr. ve Ahmet T. BAŞOKUR², Prof. Dr.
e-posta: emin@comu.edu.tr, basokur@ankara.edu.tr

Öz

Elektromanyetik (EM) alanı oluşturan elektrik ve manyetik alanın genlik-güç ilişkisi, vücudun EM enerjiyi soğurmasının ölçüsü olan Özgül Soğurma Oranı (Specific Absorption Rate, SAR) kavramı, Uluslararası İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyondan Korunma Komisyonu'nun (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection-ICNIRP) etkilenme limitleri örnek veri üzerinden karşılaştırılmıştır.

Giriş

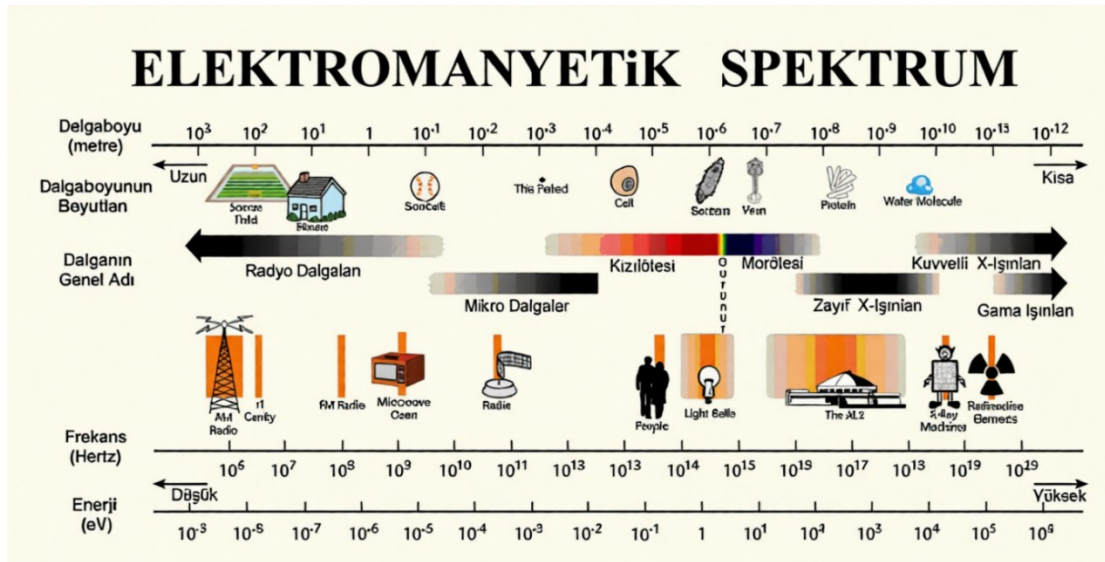
Günümüzde jeofizik araştırmalarda da kullanılmaya başlanan elektromanyetik (EM) spektrumun radyo frekans (RF) bandı, gerek sivil gerek askeri amaçlı radyo, televizyon ve kablolu iletişim sistemlerinde kullanılmaktadır (Görüntü 1). Vericilerin yaydığı dalgaların genliği arttıkça, çevredeki elektrik ve manyetik alan şiddeti ve dolayısıyla taşınan güç yoğunluğu da artacaktır (Görüntü 2). Bu durum, kamuoyunda yıllardır süregelen “radyo dalgaları sağlığa zararlı mı?” sorusunun fiziksel temelini oluşturur.

Bu derlemenin amacı, radyo yayıncılığında kullanılan EM dalgaların genliği ile insan sağlığı arasındaki ilişkiyi, (i) genlik-güç yoğunluğu ilişkisinin fiziksel temeli, (ii) vücudun elektromanyetik enerjiyi soğurma ölçüsü olan Özgül Soğurma Oranı (Specific Absorption Rate, SAR) kavramı, (iii) Uluslararası İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyondan Korunma Komisyonu (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection- ICNIRP, 2020) tarafından belirlenen uluslararası etkilenme sınırları ve (iv) konuyla ilgili güncel makaleler çerçevesinde ele almaktır.

Çalışma, alan uzmanları ve düzenleyici kurumların (ICNIRP, WHO, IARC) yayımladığı temel kılavuz belgeler ile dergilerde yer alan yayınların taranmasına dayanan bir derlemedir.

1. Genlikten Güce: Fiziksel Temel

Yüksek frekanslı EM dalganın frekans aralıkları Görüntü 1’de verilmiştir. Bu çalışmada $f > 10$ kHz frekansları göz önüne alınmıştır. Bu nedenle izleyen bölümlerde EM alanın yayılımı (difüzyon) özelliği ihmal edilmiş ve dalga olarak yayıldığı kabul edilmiştir. Radyo vericileri 10 ile 1000 kHz arasındaki frekansları kullanırlar. Jeofizik radyomanyetotellürik (RMT) yöntemi, kaynak olarak bu frekans bandındaki vericileri kullanmaktadır. Çizelge 1’de, RMT yönteminin kullandığı radyo frekans bandının alt bölümleri gösterilmiştir. Bunlar MF (middle frequency), LF (low frequency) ve VLF (very low frequency) bantlarıdır. LF bandı, jeofizik uygulamalarda, RF-EM (radio frequency-electromagnetic) yöntemi olarak adlandırılmaktadır. Görüntü 2’de, RMT yönteminde, manyetik alanın üç bileşenini ölçümünde kullanılan düzenek görülmektedir. Jeofizik RMT yöntemi için geliştirilmiş cihazlar ile radyo frekans bandındaki manyetik ve elektrik alanların ölçümü olanaklıdır. Zaman karşı ölçülen manyetik alanlar, Fourier dönüşümü ile frekans bölgesinde görselleştirilerek, dalga genlikleri saptanabilir (Görüntü 3).



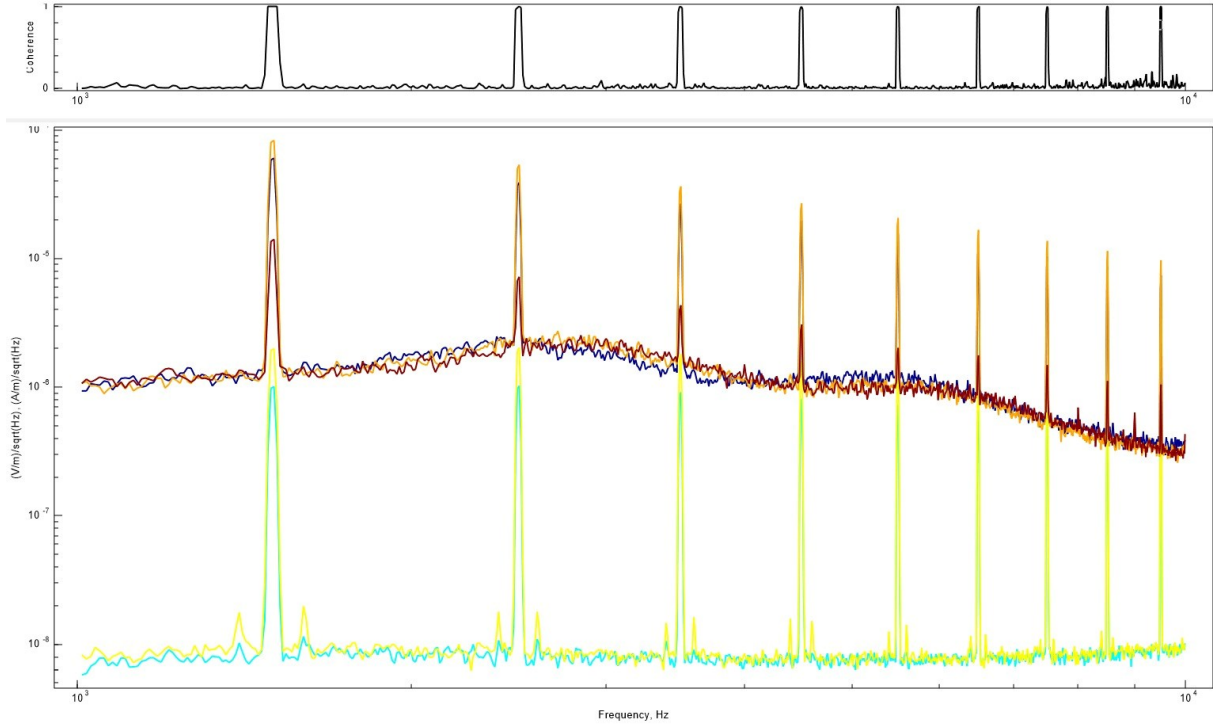
Görüntü 1. EM alanlar için frekans aralıkları.

Çizelge 1. Radyo frekans bandının alt adlandırılmaları.

RMT (Radiomagnetotelluric)	MF (Middle Frequency) 300–1000 kHz
	LF (Low Frequency) 30–300 kHz
	Radiofrequency-electromagnetic method (RF-EM) 12–300 kHz
	VLF (Very Low Frequency) 10–30 kHz



Şekil 2. Manyetik alanın üç bileşenin ölçmek için kullanılan düzenek.



Görüntü 3. Genlik spektral yoğunluğu (Amplitude Spectral Density-ASD) ölçümüne örnek bir genlik çıktısı: alt panel $V/\sqrt{Hz}$ ($A/m/\sqrt{Hz}$) biriminde frekansa bağlı genlik spektral yoğunluğunu, üst panel ise kanallar arası tutarlılığı (coherence) göstermektedir.

Bir EM dalganın taşıdığı güç yoğunluğu, alanın genliğinin karesiyle orantılıdır. Bu nedenle bir vericinin çıkış gücü yükseldiğinde, aynı uzaklıkta ölçülen alanın genliği ve buna bağlı güç yoğunluğu da artar. Ancak güç yoğunluğu, açık alanda serbestçe yayılan bir alanın genliği için yaklaşık olarak uzaklığın karesiyle ters orantılı biçimde azalır. Bu fiziksel gerçek, radyo ve TV vericilerinin yakın çevresi ile halkın günlük yaşadığı uzaklık arasındaki etkilenme farkının temelini oluşturur.

Serbest uzayda yayılan bir EM dalgası için, r mesafesindeki güç yoğunluğu $S(r)$, yayılan güç (P) ile aşağıdaki bağıntıyla ilişkilidir:

$$S(r) = P/4\pi r^2 \quad (1)$$

Düzlem dalga yaklaşımı altında güç yoğunluğu ile elektrik alan şiddeti (E) arasındaki ilişki ise

$$S(r) = E^2/Z_0 \quad (2)$$

bağıntısıyla verilir. Burada $Z_0 \approx 377\Omega$, serbest uzaydaki dalga empedansıdır.

2. Vücutta Soğurulma Kavramı

Radyo dalgaları iyonlaştırıcı olmayan radyasyon sınıfına girer (Görüntü 1). X-ışını veya gama ışını gibi kimyasal bağları kırıp doğrudan DNA hasarı oluşturacak foton enerjileri yoktur. RF alanlarının bilinen başlıca biyolojik etki türü dokularda yarattığı ısınmadır. Vücut dokusunun birim kütle başına soğurduğu elektromanyetik gücü ifade eden SAR, bu ısınma potansiyelinin uluslararası kabul görmüş ölçüsüdür ve watt/kilogram (W/kg) biriminde ifade edilir.

ICNIRP (2020), 100 kHz-300 GHz aralığındaki RF elektromanyetik alanlar için etkilenme sınırlarını iki katmanda tanımlamaktadır: (1) doğrudan vücuttaki soğurmayı ifade eden ve ölçülmesi güç olan “temel kısıtlamalar” (basic restrictions, SAR ve güç yoğunluğu cinsinden), (2) bunlara uyumu göstermek üzere kullanılan, ölçülebilir çevresel alan değerlerine karşılık gelen “başvuru düzeyleri” (alan şiddeti/güç yoğunluğu). Uygulamadaki denetimler genellikle başvuru düzeyleri üzerinden yapılır. Başvuru düzeylerinin altında kalınması, temel kısıtlamaların da sağlandığının bir göstergesi olduğu kabul edilir.

Zaman ortamında kaydedilen bir verinin Fourier dönüşümü ile genlik spektral yoğunluğu ASD elde edilir. Bu birim frekans başına düşen alan/gerilim genliğini ifade eder ve $V/\sqrt{\text{Hz}}$ (veya $V/m/\sqrt{\text{Hz}}$) biriminde verilir. ASD'nin incelenen bant genişliği (BW) üzerinden tümlemesinin alınmasıyla RMS alan şiddeti (V veya V/m) elde edilir:

$$E_{mV} = ASD \times \sqrt{BW} \quad (3)$$

Bu bağıntı, incelenen bant içinde spektral yoğunluğun yaklaşık olarak tüm frekans bileşenlerini içerdiği durumlar için geçerlidir. Keskin spektral doruklar içeren sinyallerde ilgili bant üzerinden tümlene alınmalıdır. Sonuç olarak $1 V/(m \cdot \sqrt{\text{Hz}})$ 'lik bir spektral yoğunluk, 1 Hz'lik bir bant genişliğinde $1 V/m$ 'lik bir alan verirken, 1 MHz'lik bir bant genişliğinde $1000 V/m$ 'lik bir alan verir. SAR hesaplamadan önce bu adımın doğru bant genişliğiyle uygulanması gereklidir.

3. SAR'a Giden Yol

Düzlem dalga ve düzenli ve tekdüze bir ortam yaklaşımı altında, elektrik alan şiddetinden noktasal SAR'a geçiş aşağıdaki bağıntı ile verilir:

$$SAR = \sigma E_{mV}^2 / \rho \quad (4)$$

Burada σ , dokunun elektriksel iletkenliğidir (S/m) ve frekans bağımlıdır. Kas dokusu için 100 MHz civarında yaklaşık 0,7 S/m'dir (Gabriel vd., 1996; Hasgall vd., 2022). ρ , doku yoğunluğudur (kg/m³). Kas dokusu için yaklaşık 1090 kg/m³ (Hasgall vd., 2022) değerindedir. E_{mV} ise (3) bağıntısı kullanılarak bant genişliğinden elde edilen RMS alan şiddetidir (V/m).

Bu bağıntı düzlem dalganın doku yüzeyinde oluşturduğu yerel (noktasal) SAR'ı verir. ICNIRP limitleriyle doğrudan karşılaştırılan “tüm-vücut ortalama SAR” ise bu yerel değerın tüm vücut kütlesi üzerinden ağırlıklı ortalamasıdır. Rezonans frekansı, bedenın geometrisi, zemin yansıması ve doku katmanlanması gibi etkenlere bağılı olarak yerel değerden belirgin şekilde farklılaşabilir. Dolayısıyla aşağıdaki sayısal örnekler, fiziksel ilişkiyi göstermeye yönelik basitleştirilmiş mühendislik yaklaşımlarıdır. Resmi uyumluluk değerlendirmeleri ise IEC 62232 gibi standartlara ve anatomik fantom tabanlı sayısal dozimetriye dayanır.

4. SAR'a Giden Yol

Örnek 1: Ölçüm Bant Genişliğinin Etkisi

İlk örnek, spektrum incelemesi için yapılan ölçümlerde, bant genişliği seçiminin sonuca ne denli etki ettiğini göstermektedir. Ölçümlerde 1 V/(m·√Hz)'lik bir ASD değeri elde edildiğini ve 1 kHz'lik bir bant genişliği üzerinden ölçüm yapıldığı varsayıldığında,

$$E_{mV} = 1 \times \sqrt{1000} \approx 31,6 \text{ V/m} \quad (5)$$

değeri elde edilir. Kas dokusu ($\sigma \approx 0,7 \text{ S/m}$, $\rho \approx 1090 \text{ kg/m}^3$) için

$$SAR = 0,7 \times (31,6)^2 / 1090 \approx 0,64 \text{ W/kg} \quad (6)$$

hesaplanan değeri, kuramsal olarak genel halk için tüm-vücut SAR limitinin (0,08 W/kg) sekiz kat üzerindedir ve bant genişliği seçimine bağılı bir sonuçtur. Bant genişlik, 1 Hz alınsaydı, aynı

ASD değeriyle

$$E_{m\nu} = 1 \text{ V/m (7)}$$

ve

$$SAR \approx 0,7 \times 1^2/1090 \approx 0,00064 \text{ W/kg (8)}$$

olarak hesaplanır. Bu değer, önceki durumdan farklı olarak başvuru limitinin binde birine karşılık gelir. Bu karşılık, ham ASD değerlerinin uygun bir bant genişliği kullanılmaması ve doğrudan SAR ile karşılaştırmasının ciddi yanlıgilara yol açabileceğini göstermektedir.

Örnek 2: Bir FM Vericisinin Çevresinde Alan Şiddeti ve SAR Tahmini

Bu örnek, bölüm 3'te tanımlanan mesafe-güç yoğunluğu ilişkisini gerçekçi bir yayın senaryosuna uygulanmasıdır. FM yayın bandında (87,5-108 MHz) yayın yapan yerel FM vericisinin etkin yayılan gücünün (ERP) $P = 10 \text{ kW}$ olduğunu ve anten sisteminin, basitleştirme amacıyla tekdüze bir kaynağa yaklaştırıldığını varsayalım (gerçek anten kazancı ve yönlülük örüntüsü, bu değerleri belirli yönlerde artırıp azaltabilir). Serbest uzay yaklaşımıyla, r mesafesindeki güç yoğunluğu ve buna karşılık gelen elektrik alan şiddeti Çizelge 2'de özetlenmiştir.

Çizelge 2. $P = 10 \text{ kW}$ ERP izotropik yaklaşıklığıyla hesaplanan mesafeye bağlı güç yoğunluğu, alan şiddeti ve yerel SAR tahmini. *SAR tahmini, $\sigma = 0,7 \text{ S/m}$ ve $\rho = 1090 \text{ kg/m}^3$ (kas dokusu, ~100 MHz) kullanılarak bölüm 3'teki basitleştirilmiş düzlem-dalga bağıntısıyla hesaplanmıştır; gerçek tüm-vücut ortalama SAR bundan farklı olabilir.

Uzaklık (r)	Güç Yoğunluğu $S(r)$ (W/m^2)	Alan Şiddeti E (V/m)	Yerel SAR Tahmini (W/kg)*
10 m (teknik saha)	7,96	54,8	1,93
100 m	0,0796	5,48	0,0193
500 m	0,00318	1,10	0,00077
1000 m	0,000796	0,55	0,00019

Hesaplamalar, (1) ve (2) bağıntılarının ardışık uygulanmasıyla elde edilmiştir; örneğin $r=100$ m için;

$$S(r) = 10000/4\pi 10000^2 \approx 0,0796 \text{ W/m}^2$$

ve

$$E = \sqrt{0,0796 \times 377} \approx 5,48 \text{ V/m}$$

elde edilir. Bu değer, ICNIRP (2020) tarafından FM yayın bandı (87,5-108 MHz) için genel halk etkilenme amacıyla belirlenen 28 V/m'lik alan şiddeti başvuru seviyesinin yaklaşık beşte biri kadardır (güç yoğunluğu oranı olarak başvuru seviyenin yaklaşık %4'ü). Dolayısıyla, halkın günlük yaşadığı, vericiye 100 m ve üzeri mesafedeki konumlarda başvuru seviyeleri geniş bir emniyet payıyla karşılanmaktadır. Buna karşılık, anten tabanına yalnızca 10 m gibi bir mesafede hesaplanan 54,8 V/m'lik alan şiddeti, genel halk başvuru seviyesini (28 V/m) aşmakta, ancak mesleki başvuru seviyesinin (aynı bant için yaklaşık 61 V/m) altında kalmaktadır. Genel sınırlama olarak, bu tür alanlara halkın erişimi teknik ve idari olarak zaten kısıtlı olduğu unutulmamalıdır. Buna paralel olarak yerel SAR tahmini de 10 m'de (1,93 W/kg), genel halk tüm-vücut SAR limitinin (0,08 W/kg) yaklaşık 24 katına ulaşırken, 100 m'de bu limitin yalnızca yaklaşık dörtte biri düzeyindedir. Bu örnek, “yüksek güç yoğunluğunun yalnızca anten sahasının hemen yakınında söz konusu olabileceği” önermesini niceliksel olarak doğrulamaktadır.

5. Uluslararası Etkilenme Limitleri

ICNIRP'in (2020) kılavuzunda tanımlanan ve dünya genelinde en yaygın başvuru alınan temel SAR kısıtlamaları Çizelge 3'de özetlenmiştir. Mesleki etkilenme limitlerinin genel halk limitlerinden yaklaşık 5 kat daha yüksek tutulması, işyeri ortamında eğitilmiş ve bilgilendirilmiş kişilerin etkilendiği, halkın ise günün her saati ve her yaş grubunda etkilenebileceği varsayımına dayanan ek bir güvenlik payı öngörür.

Çizelge 3. ICNIRP (2020) temel SAR kısıtlamaları ve ilgili ortalama alma süreleri (ICNIRP, 2020 ve 2026).

Etkilenme Türü	Genel Halk (W/kg)	Mesleki Etkilenme (W/kg)	Ortalama Etkilenme Süresi
Tüm vücut ortalama SAR	0,08	0,4	30 dk
Lokal SAR (baş / gövde, 10 g küp)	2	10	6 dk
Lokal SAR (uzuvlar, 10 g küp)	4	20	6 dk

Tüm vücut SAR sınırının sayısal değeri ICNIRP'in 1998 kılavuzuna göre değişmemiştir. Ancak ICNIRP (2020) kılavuzuyla birlikte bu sınırın uygulama aralığı 10 GHz'den, tüm 100 kHz-300 GHz bandına genişletilmiş ve ortalama alma süresi 6 dakikadan 30 dakikaya çıkarılarak vücut çekirdek sıcaklığındaki yükselmenin gerçek zaman ölçeğiyle daha uyumlu hale getirilmiştir. Buna karşılık yerel (baş/gövde ve uzuv) SAR için 6 dakikalık ortalama alma süresi değişmeden korunmuştur (ICNIRP, 2026).

Başvuru seviyeleri açısından, FM yayın bandında (87,5-108 MHz) genel halk için elektrik alan şiddeti başvuru seviyesi yaklaşık 28 V/m, mesleki etkilene için ise yaklaşık 61 V/m'dir. Bu iki değer arasındaki $\sqrt{5}$ oranı, Çizelge 3'deki SAR limitleri arasındaki 5 kat farkla aynı güvenlik mantığını yansıtır (güç yoğunluğu oranı 5, alan şiddeti oranı ise $\sqrt{5}$ olur, çünkü güç yoğunluğu alanın karesiyle orantılıdır).

Radyo yayıncılığı özelinde AM/FM vericileri düşük-orta frekans bandında (kHz-MHz) çalışır ve halkın yaşadığı mesafelerde ölçülen alan şiddetleri genellikle bu sınırların çok altında kalır; yüksek güç yoğunluğu yalnızca anten sahasının hemen yakınında, erişimi kısıtlı teknik alanlarda söz konusu olabilir.

6. Bilimsel Kanıtlar Ne Diyor?

Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization [WHO], 2019), baz istasyonları ve yerel kablolu ağlardan kaynaklanan sürekli, düşük düzeyli etkilene ile ilgili bilimsel incelemelerde, çok yüksek alan şiddetlerinde (yalnızca belirli endüstriyel tesislerde görülen düzeylerde) vücut

sıcaklığında artış dışında kanıtlanmış bir sağlık etkisinin bugüne kadar tespit edilmediğini bildirmektedir.

Öte yandan Uluslararası Kanseri Araştırmaları Ajansı (International Agency for Research on Cancer [IARC], 2011), kablosuz telefon kullanımıyla ilişkilendirilen glioma (bir tür beyin tümörü) riskindeki artışa dayanarak radyo frekans elektromanyetik alanlarını “insanlar için olası kanserojen” (Grup 2B) olarak sınıflandırmıştır; bu sınıflandırma, kanıtın kesin değil sınırlı olduğu anlamına gelir.

WHO'nun 2024 yılında yayımladığı ve gözlemsel insan çalışmalarını tarayan sistematik derlemede (Karipidis vd., 2024), cep telefonu kullanımının yetişkinlerde glioma, menenjiyom, akustik nörinom, hipofiz tümörleri ve çocuklarda beyin tümörü riskini büyük olasılıkla artırmadığı, baz istasyonu ve yayın vericilerinden kaynaklanan RF etkilenmesinin de çocukluk çağı kanseri riskini büyük olasılıkla artırmadığı, orta düzey kesinlikteki kanıtla bildirilmiştir.

İsviçre uzman grubu Berenis'in (2025) bu derlemelere ilişkin değerlendirmesi de benzer yöndedir. İnsan gözlemsel çalışmalarında kanser, biliş, üreme ve semptomlara dair bilinen kanıtların sağlıklı bireylerde belirgin bir olumsuz etkiye işaret etmediğini, ancak kanıtın kesin sonuç çıkaracak kadar da güçlü olmadığını ve önemli bilgi boşluklarının sürdüğünü belirtmektedir.

Bu değerlendirmeler bilim camiasında tartışmasız değildir. Frank vd. (2025), Karipidis vd. (2024) derlemesinin sentez yönteminde ve çalışma seçim ölçütlerinde ciddi metodolojik zayıflıklar bulunduğunu ve sonuçların cep telefonu güvenliğinin kanıtı olarak kullanılmaması gerektiğini öne sürmüştür. Bu eleştiri, WHO derlemesinin yazarları tarafından da yanıtlanmıştır. Dolayısıyla mevcut durum, “kanıtlanmış zarar yoktur” ile “uzun vadede kesin güvenlidir” arasındaki farkı koruyan, ihtiyatlı bir bilimsel uzlaşma olarak özetlenebilir.

7. Tartışma ve Sınırlılıklar

Bu derlemede sunulan fiziksel çerçeve ve sayısal örnekler, radyo yayıncılığında kullanılan güç düzeyleri ile kamu etkilenmesi arasındaki ilişkinin, doğrudan bir nedensellikten çok, güç

yoğunluğu-SAR-ısınma zinciri üzerinden kurulan dozla ilişkili bir fiziksel gerçeklik olduğunu göstermektedir. Bölüm 4.2'deki örnek, olağan bir yerel FM vericisi için, halkın erişebildiği mesafelerde (100 m ve ötesi) hesaplanan alan şiddeti ve SAR değerlerinin ICNIRP limitlerinin belirgin biçimde altında kaldığını; sınırların yalnızca vericiye çok yakın, erişimi zaten kısıtlı teknik alanlarda aşılabileceğini niceliksel olarak ortaya koymaktadır.

Bununla birlikte bu derlemenin ve kullanılan basitleştirilmiş dozimetri yaklaşımının bazı sınırlılıkları vardır. İlk olarak, sunulan SAR bağıntısı düzlem dalga ve homojen doku varsayımına dayanır; gerçek etkilenme senaryolarında yakın alan etkileri, yansımalar, çoklu doku katmanlanması ve bireysel anatomik farklılıklar (özellikle çocuklarda vücut boyutu ve doku özelliklerinin farklılığı) göz önüne alınmalıdır. İkinci olarak, uzun süreli (>10 yıl) ve düşük dozlu etkilenmenin olası sonuçları, elektromanyetik duyarlılık iddiaları ve ısınma-dışı etki mekanizmaları konuları tartışmalıdır. Karipidis vd. (2024) ile Frank vd. (2025) arasındaki metodolojik uyumsuzluk bu belirsizliğin bir göstergesidir. Üçüncü olarak, bu derleme sistematik bir literatür taraması değil anlatısal bir sentez olduğundan, seçilen kaynakların temsil gücü sistematik derlemelere kıyasla daha sınırlıdır.

Uygulamaya yönelik olarak, radyo ve TV yayın kuruluşları için üç öneri öne çıkmaktadır: (i) anten sahalarına halk erişiminin fiziksel olarak kısıtlanmaya devam edilmesi, (ii) periyodik alan şiddeti ölçümlerinin ICNIRP başvuru seviyeleriyle karşılaştırılarak raporlanması ve (iii) yeni verici kurulumlarında, güvenlik ilkesi doğrultusunda, teknik olarak olası en düşük güç düzeyinin yeğlenmesidir. Gelecekteki araştırmalar için, yayın vericileri çevresinde uzun süreli, yüksek çözünürlüklü saha ölçümlerini gerçek zamanlı SAR modellemesiyle birleştiren çalışmalar, mevcut basitleştirilmiş yaklaşımların sahadaki geçerliliğini sınamak açısından değerli olacaktır.

8. Sonuç

Radyo yayıncılığında kullanılan elektromanyetik dalgaların genliği ile insan sağlığı arasındaki ilişki, doğrudan bir nedensellikten çok, güç yoğunluğu-SAR-ısınma zinciri üzerinden kurulan, dozla ilişkili bir fiziksel gerçekliktir. ICNIRP ve WHO tarafından belirlenen SAR limitlerinin altında kalan etkilenmelerde bugüne dek kanıtlanmış bir sağlık zararı gösterilememiştir. Bununla birlikte uzun vadeli, düşük dozlu etkilenmenin sonuçları üzerine araştırmalar

sürmektedir ve bilimsel sakinme ilkesi doğrultusunda güç düzeylerinin ve SAR değerlerinin olası en düşük düzeyde tutulması yönünde öneriler geçerliliğini korumaktadır.

Kaynaklar

Berenis – Swiss Expert Group on Electromagnetic Fields and Non-Ionising Radiation. (2025). Assessment of WHO-commissioned systematic reviews on health effects of RF-EMF (Newsletter Special Issue, December 2025). Federal Office for the Environment (BAFU). <https://www.bafu.admin.ch/en/berenis-newsletter-en>

Frank, J. W., Moskowitz, J. M., Melnick, R. L., Hardell, L., Philips, A., Héroux, P., & Kelley, E. (2025). The systematic review on RF-EMF exposure and cancer by Karipidis et al. (2024) has serious flaws that undermine the validity of the study's conclusions. *Environment International*, 195, 109200. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2024.109200>

Gabriel, C., Gabriel, S., & Corthout, E. (1996). The dielectric properties of biological tissues: I. Literature survey. *Physics in medicine & biology*, 41(11), 2231-2249. <https://doi.org/10.1088/0031-9155/41/11/001>

Hasgall, P. A., Di Gennaro, F., Baumgartner, C., Neufeld, E., Lloyd, B., Gosselin, M. C., Payne, D., Klingeböck, A., & Kuster, N. (2022). IT'IS Database for thermal and electromagnetic parameters of biological tissues (Version 4.1). IT'IS Foundation. <https://doi.org/10.13099/VIP21000-04-1>

International Agency for Research on Cancer. (2011, May 31). IARC classifies radiofrequency electromagnetic fields as possibly carcinogenic to humans [Basın bülteni]. World Health Organization. https://www.iarc.who.int/en/media-centre/pr/2011/pdfs/pr208_E.pdf

ICRNIRP (2020). Guidelines for limiting exposure to electromagnetic fields (100 kHz to 300 GHz). *Health Physics*, 118(5), 483-524. <https://doi.org/10.1097/HP.0000000000001210>

ICRNIRP (2026). Differences between the ICRNIRP (2020) and previous guidelines. <https://www.icnirp.org/en/differences.html>

Karipidis, K., Baaken, D., Loney, T., Blettner, M., Brzozek, C., Elwood, M., Narh, C., Orsini, N., Rösli, M., Paulo, M. S., & Lagorio, S. (2024). The effect of exposure to radiofrequency fields on cancer risk in the general and working population: A systematic review of human observational studies – Part I: Most researched outcomes. *Environment International*, 191, 108983. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2024.108983>

World Health Organization. (2019). Radiation and health: Base stations and wireless technologies. <https://www.who.int/teams/environment-climate-change-and-health/radiation-and-health/non-ionizing/wireless>

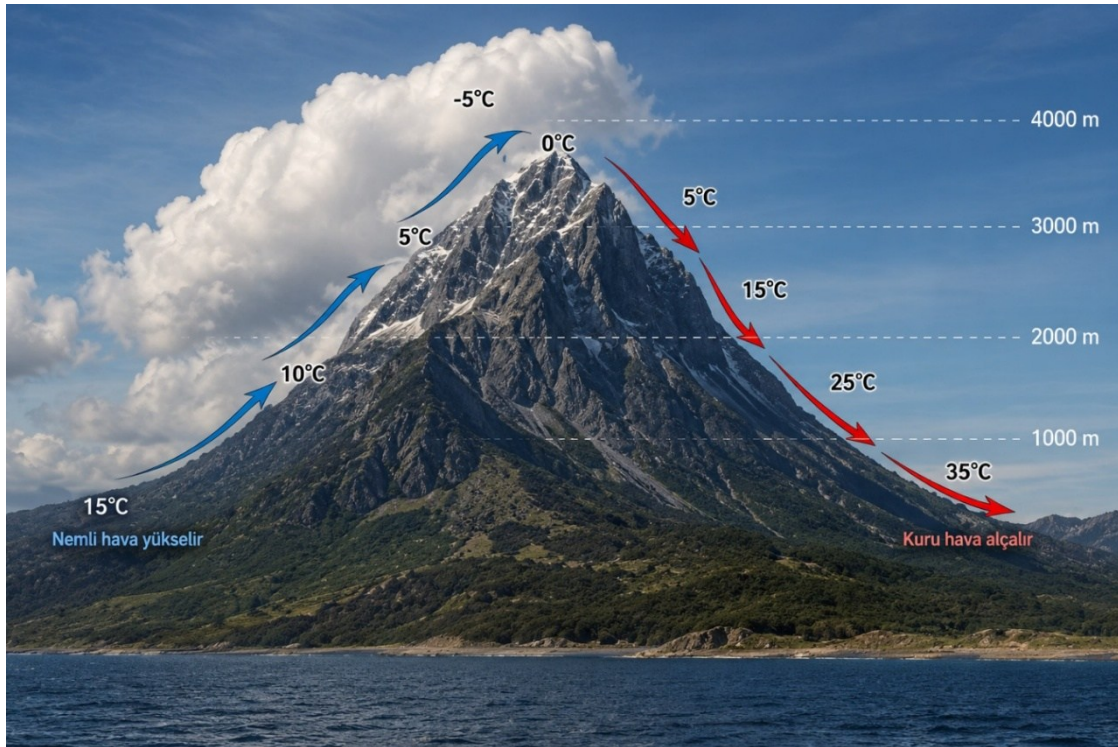
FÖN RÜZGÂRI: TÜRKİYE'NİN SU BÜTÇESİNİ SESSİZCE YENİDEN ŞEKİLLENDİREN ETKEN

Erdoğan USLAN

e-posta: erdincuslan@gmail.com

Bir Rüzgârın İki Yüzü

Türkiye'nin su kaynakları konuşulduğunda akla ilk gelen genellikle yağış rakamları, baraj doluluk oranları ya da yıllık ortalamalardır. Oysa yağışın nereye düştüğü kadar, düştükten sonra o suya ne olduğu da önemlidir. Bunun nedeni, Türkiye'nin üç tarafının denizlerle çevrili olması ve yüzeyinin dağlık olmasıdır. Kıyı ile iç kesim arasındaki dağ sıraları, aynı hava kütlelerini iki farklı karaktere büründürebilen bir mekanizmayı tetikler: fön rüzgârı. Aynı bulut, denize bakan yamaçta yağmura dönüşürken, dağı aştığında iç kesimlere kuru ve sıcak bir hava kütleleri olarak iner (Görüntü 1).



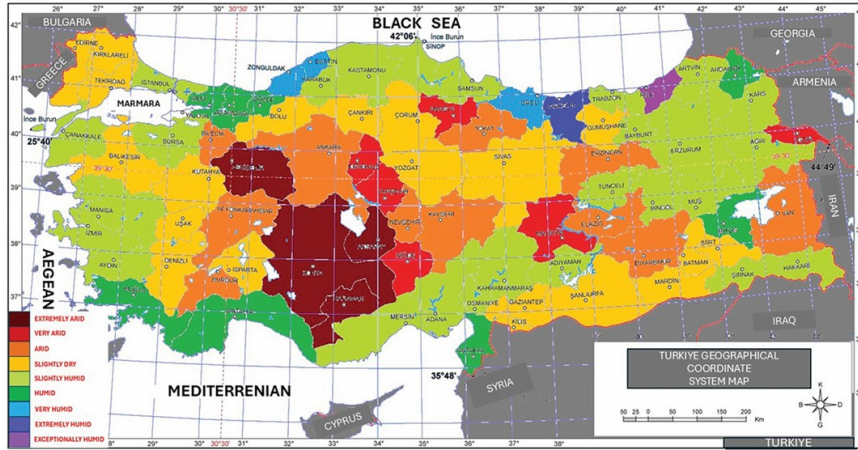
Görüntü 1. Fön rüzgârının oluşum şeması

Mekanizma aslında basit bir termodinamik olaydır: nemli hava yamaç boyunca yükselirken soğur, nemini bulut ve yağış olarak bırakır; zirveyi aştıktan sonra artık kurumuş olan bu hava kütlesi alçalırken adyabatik olarak ısınır. Bunun sonucunda kıyı ile iç kesim arasında adeta ayna görüntüsü gibi ters bir tablo ortaya çıkar: Karadeniz ve Akdeniz şeritlerinde nem ve yağış fazlası, İç ve Doğu Anadolu'nun dağ ardı kesimlerinde ise kuruyan hava ve yükselen sıcaklıklar.

Bu zıtlık yalnızca anlık bir hava olayı değildir. Yaz aylarında iç kesimlerdeki kuraklığı derinleştiren fön etkisi, kışın kar örtüsünü mevsim normalinden erken eritir. Erken eriyen kar, ilkbahar ve yaz boyunca akarsuları ve yeraltı sularını beslemesi gereken suyu daha başlangıçta tüketmiş olur; yani görünürde iyi geçen bir kış bile, su bütçesi açısından aldatıcı olabilir.

Rüzgârın İzini Haritada Aramak

Fön etkisinin tekil bir hava olayı değil, kalıcı bir iklim imzası bırakıp bırakmadığını sınamanın yolu, uzun dönemli verilere bakmaktan geçer. Bu amaçla MGM'nin il bazlı, 1930'lardan 2025'e uzanan aylık sıcaklık ve yağış normalleri kullanılarak Iu2 kuraklık indeksi hesaplanmış ve Türkiye geneli için bir U2CC (U2 İklim Sınıflandırması) haritası üretilmiştir (Uslan ve Uluggergerli, 2026) (Görüntü 2).



Görüntü 2. Türkiye geneli için U2CC haritası (Uslan ve Uluggergerli, 2026)

Haritaya bakıldığında dikkat çekici bir örtüşme görülüyor: en kurak sınıflarda yer alan bölgeler, tam olarak fön rüzgârının kara tarafında etkili olduğu dağ ardı kuşakları ve Konya Kapalı Havzası ile çakışıyor. Bu, rastlantıdan öte bir anlam taşıyor; bu rüzgârın yıl içinde tekrar tekrar yarattığı kurutucu etki, zaman içinde bölgenin ortalama iklim karakterine işlemiş görünüyor. Bir başka deyişle, U2CC haritası fön etkisinin bir anlık hava durumu olmaktan çıkıp bölgesel bir iklim belirleyicisine dönüştüğünün sayısal bir izdüşümü olarak okunabilir.

Bu örtüşmenin pratik sonucu nettir: adı geçen bölgelerde yüzey suları belirgin biçimde azalırken yeraltı suyuna bağımlılık artıyor; tarımsal sulama ve içme suyu temininde sürdürülebilirlik sorunlarının ilk olarak burada baş göstermesi bekleniyor.

Tek Kış, Uzun Eğilim

2025-2026 kış mevsiminin bazı bölgelerde normalin üzerinde yağış getirmiş olması, yukarıdaki tabloyu değiştirmiyor. Uzun dönemli veriler Türkiye genelinde kuraklık eğiliminin sürdüğünü gösteriyor; Konya Kapalı Havzası, Orta Anadolu'nun dağ ardı kesimleri ve Güneydoğu Anadolu'nun kurak kuşakları bu eğilimden ilk etkilenecek alanlar olarak öne çıkıyor. Tek bir yağışlı kışın yıllar içinde biriken su açığını kapatmaya yetmediğini, bölgesel su bütçesinin ise ancak çok yıllık ortalamalar üzerinden sağlıklı okunabileceğini hatırlamakta fayda var.

Mühendislik Açısından Ne Yapılabilir?

Fön rüzgârı ile U2CC haritası arasındaki bu örtüşme, meslek camiası için somut bir çalışma gündemine işaret ediyor:

1. Yerel rüzgâr sistemleri bölgesel iklim modellerine dahil edilmeli. Fön etkisinin nem ve sıcaklık üzerindeki payı, genel dolaşım modellerinde bugün olduğundan daha ayrıntılı temsil edilmelidir.
2. Yeraltı suyu, jeofizik yöntemlerle sistematik olarak izlenmeli. Yüzey sularındaki azalma göz önüne alındığında, jeofizik yöntemlerle rezervlerin haritalanması ve korunması öncelik kazanmalıdır.

3. Planlama, iyimser senaryodan değil eğilimden yola çıkmalı. 2025-2026 gibi yağışlı bir kışın istisna olabileceği kabul edilerek, stratejik su depoları ve tarımsal sulama sistemleri kuraklık senaryolarına göre kurgulanmalıdır.

Kaynaklar

MGM. (2026). İl bazlı uzun dönem aylık sıcaklık ve yağış normalleri (1930-2025). Meteoroloji Genel Müdürlüğü.

Uslan, E., & Ulugergerli, E. (2026). A new normalized climate index (U2) for Türkiye: Comparison with classical methods. *Revue Internationale de Géomatique*, 35, 31-51. [10.32604/rig.2026.075081](#).

ZİYARETLER



Petrol Jeofizikçileri Derneği (PJFD) yöneticileriyle bir araya gelerek mesleğimizin bugünü ve geleceğine ilişkin değerlendirmelerde bulunduk.

Gerçekleştirilen görüşmede; sektörün güncel ihtiyaçları ve iki kurum arasında hayata geçirilebilecek ortak çalışma ve etkinlikler değerlendirildi. Ortak bir anlayış ve uzlaş sağlandı. Yapıcı katkı ve yaklaşımları için Petrol Jeofizikçileri Derneği Başkanı Korhan Akın'a ve tüm yönetim kurulu üyelerine teşekkür ediyor; mesleğimizin geleceği için ortak akıl ve dayanışma temelinde iş birliğimizi geliştirmeye devam edeceğimizi kamuoyuyla paylaşıyoruz.

Yapı Denetim ve Deprem Mühendisliği Derneği yöneticileriyle bir araya gelerek sektörün mevcut durumu, mesleki sorunlar ve geleceğe yönelik çalışma alanları üzerine kapsamlı değerlendirmelerde bulunduk.

Gerçekleştirilen görüşmede, ortak çalışma olanakları ve kamu yararını önceleyen iş birlikleri konusunda görüş alışverişinde bulunuldu. Nazik ev sahiplikleri ve yapıcı katkıları için Yapı Denetim ve Deprem Mühendisliği Derneği Yönetim Kurulu Başkanı Sayın Nazmi Şahin'e ve Yönetim Kurulu üyelerine teşekkür ederiz.





Odamız Konya İl Temsilciğinden, temsilcimiz Sayın Berker Sayı ile meslektaşlarımız Sayın Süleyman Altan ve Sayın Oktay Taşdelen ile mesleğimizin güncel sorunları ve Konya özelinde yürütülebilecek çalışmalar hakkında görüş alışverişinde bulunduk.

TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası Bursa Şubemiz ile birlikte, Nilüfer Belediye Başkan Yardımcısı Sayın Sinan Sarıbal'ı makamında ziyaret ettik.

Gerçekleştirilen görüşmede; Bursa'da jeofizik mühendisliği hizmetlerinin mevcut durumu, yerel yönetimlerle meslek disiplini arasındaki iş birliği olanakları, sağlıklı kentleşme ve afetlere dirençli yerleşimlerin oluşturulmasında jeofizik mühendisliğinin rolü üzerine değerlendirmelerde bulunuldu. Belediyemiz ile Odamız arasında hayata geçirilmesi planlanan teknik iş birliği ve mesleki denetim protokolüne ilişkin ön hazırlık süreçlerini ele aldık.





Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığında uzun yıllar emek vermiş değerli meslek büyüklerimiz Odamızı ziyaret etti.

Gerçekleştirilen görüşmede; Odamız ile meslek büyüklerimiz arasındaki bağların güçlendirilmesi, kurumsal hafızanın gelecek kuşaklara aktarılması, mesleğimizin gelişimi ve meslek camiamızda birlik ve dayanışmanın güçlendirilmesine yönelik değerlendirmelerde bulunuldu.

Nazik ziyaretleri, değerli katkıları ve mesleğimize verdikleri emekler için Jeofizik Mühendisi Galip Özbek'e, Ali Ölmez'e ve Harita Mühendisi Mertkan Akça'ya teşekkür ederiz.

DSİ Genel Müdürlüğü Jeoteknik Hizmetler Dairesi Başkanı Sayın Dr. Ayhan Koçbay, makamında ziyaret edildi.

Jeoteknik Hizmetler Dairesi Jeofizik Etütler Şube Müdürü Sayın Mehmet Ali Aydemir'in de katılım sağladığı görüşmede, jeofizik mühendisliği mesleğinin güncel sorunları, çalışma alanlarımızın geliştirilmesine yönelik öneriler ve mesleki faaliyetler üzerine kapsamlı değerlendirmelerde bulunuldu.





Oda olarak Birliğimizi ziyaret ettik.

Gerçekleştirilen görüşmede yeni dönemde, TMMOB çatısı altında yer alan tüm meslek odalarıyla dayanışma ve iş birliği içinde çalışma irademizi ifade ettik.

Depremler, afetler, iş kazaları ve diğer toplumsal riskler karşısında artık tek bir can kaybının dahi yaşanmaması gerektiğini vurgulayarak, bu doğrultuda diğer meslek odalarıyla kolektif çalışmalar yürütmeye hazır olduğumuzu dile getirdik.

Görüşmede ayrıca, önümüzdeki dönemde gerçekleştirilebilecek ortak çalışmalar, mesleki etkinlikler, örgütlenme faaliyetleri ve güncel mesleki gündem başlıkları üzerine karşılıklı görüş alışverişinde bulunuldu.

TMMOB Yönetim Kurulu Başkanımız Sayın Ali Ekber Çakar'a, Yürütme Kurulu Üyeleri Sayın Arif Balkanay'a, Sayın Hanze Gürkaş'a ve Sayın Yusuf Songül'e, Yönetim Kurulu Üyesi Sayın Sefa Apaydın'a, Yüksek Onur Kurulu Üyesi Sayın Şevket Demirbaş'a ve Genel Sekreter Vekili Sayın Sezgin Çalışkan'a teşekkür ederiz.



**Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı (TPAO)
Arama Daire Başkanı Sayın Ayhan Ercan
makamında ziyaret edildi.**

Arama Daire Başkan Yardımcısı Sayın Selçuk İravul'un katılım sağladığı görüşmede; TPAO ile Odamız arasında önümüzdeki dönemde gerçekleştirilebilecek bilimsel ve teknik etkinlikler, eğitim çalışmaları ile kurumsal iş birliği olanakları ele alındı. Petrol ve doğal gaz arama faaliyetlerinde görev yapan meslektaşlarımızın beklentileri, mesleki gelişim süreçleri ve Odamız ile sektör arasındaki iletişimin güçlendirilmesine yönelik değerlendirmeler yapıldı.

**Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı (TPAO)
Arama Daire Başkan Yardımcısı Sayın Can
İstanbulu makamında ziyaret edildi.**

Görüşmede, meslek içi eğitim programları, ortak bilimsel etkinlikler, teknik bilgi paylaşımı, yeni teknolojilerin mesleki uygulamalara kazandırılması ve genç jeofizik mühendislerinin sektöre nitelikli şekilde hazırlanmasına yönelik yürütülebilecek ortak çalışmalar hakkında görüş alışverişinde bulunuldu.



**Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı
(TPAO) Arama Daire Başkan Yardımcısı
Sayın Murat Ceylan makamında ziyaret
edildi.**

Gerçekleştirilen görüşmede, TPAO ile Odamız arasında geliştirilebilecek bilimsel ve teknik iş birliği olanakları kapsamlı şekilde değerlendirildi. Özellikle meslek içi eğitim programları, ortak teknik etkinlikler, bilgi ve deneyim paylaşımını güçlendirecek çalışmalar ile önümüzdeki dönemde hayata geçirilebilecek ortak faaliyetler hakkında görüş alışverişinde bulunuldu.



T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Yapı İşleri Genel Müdürlüğü Yapım Teknolojileri ve Laboratuvar Dairesi Başkanı Sayın Hakan Yılmaz makamında ziyaret edildi. Gerçekleştirilen görüşmede, sektörü ilgilendiren güncel mevzuat, mesleki uygulamalar ve teknik süreçlere ilişkin karşılıklı değerlendirmelerde bulunuldu. Güvenli ve sağlıklı kentleşme hedefi doğrultusunda, farklı mühendislik disiplinleri arasındaki iş birliğinin geliştirilmesi, bilimsel ve teknik çalışmaların güçlendirilmesi ile kamu yararını esas alan uygulamaların önemi üzerine görüş alışverişi gerçekleştirildi.



Maden Tetkik ve Arama (MTA) Genel Müdürü Sayın Vedat Yanık makamında ziyaret edildi.

Gerçekleştirilen görüşmede, jeofizik mühendislerinin kamu kurumlarındaki istihdamının geliştirilmesine yönelik değerlendirmelerde bulunulurken, MTA ile Odamız arasında hayata geçirilebilecek bilimsel ve teknik iş birliği olanakları ele alındı. Önümüzdeki dönemde düzenlenmesi planlanan ortak kongreler, seminerler ve teknik etkinlikler hakkında görüş alışverişinde bulunuldu.

BASIN AÇIKLAMALARIMIZ

375 Sayılı Kanun Hükmünde Kararnamede Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun Teklifi Görüşü

09.01.2026 tarihinde TBMM Başkanlığına sunulan, 2/3466 Esas numaralı **“Tapu Kanunu ile Bazı Kanunlarda ve 375 Sayılı KHK’de Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun Teklifi”nin 21, 22, 23 ve 24’üncü maddeleri doğrudan meslektaşlarımızı ve meslek alanımızı ilgilendiren düzenlemeler içermektedir.**

Teklifte öngörülen hükümler, 6235 sayılı TMMOB Kanunu ve TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası Ana Yönetmeliği ile koruma altına alınan **mesleki hak, yetki ve sorumluluk alanlarını zedeleyen ve fiilen işlevsiz hale getirebilecek sonuçlar doğurmaktadır. Bu kapsamda, düzenlemenin yalnızca mesleki faaliyetleri değil, meslek odalarının tescil, yetkilendirme ve serbest meslek faaliyetlerine ilişkin kurumsal rolünü de doğrudan etkileyebilecek nitelikte olduğu değerlendirilmektedir.**

Teklifte “Yapı Denetimi Hakkında Kanunda yapılan düzenlemeler ile beton üreticisi tanımı ve zemin ve temel etütlerinin denetiminin sağlanması için zemin ve temel etüt kuruluşu tanımı eklenmekle birlikte Kanun kapsamında yapılacak yapıların zemin ve temel etütlerinin, izin belgesi verilen "zemin ve temel etüt kuruluşları" tarafından yapılacağı düzenlenmektedir.” ibaresi yer almakta ve “zemin ve temel etüt kuruluşu” tanımı getirilmektedir; bu kuruluşların Bakanlıkça belgelendirilmesi, hizmet bedellerinin kamu hesaplarında toplanması ve çeşitli oranlarda kesintiler yapılması, ayrıca teknik personel ve kuruluşlara yönelik idari yaptırımlar düzenlenmektedir. **Bu yapı, mühendislik hizmetinin doğrudan icrasını değil, bu hizmetin organizasyonunu esas alan yeni bir model tarif etmektedir.**

Teklifin 21-ı) maddesinde Yapı denetim kuruluşları için **“ortaklarının tamamı mimar ve mühendislerden oluşan tüzel kişi”** ifadesi yer alırken 21-ı) Zemin ve temel etüt kuruluşları için **“Bakanlıktan aldığı izin belgesiyle zemin ve temel etüdü faaliyetini icra eden ve Bakanlıkça denetlenen tüzel kişi”** ifadesi bulunmaktadır. **Düzenleme, zemin ve temel etüt hizmetlerini mühendislik meslek alanı kapsamında tanımlanan uzmanlık hizmeti olmaktan çıkararak,**

herhangi bir sermaye şirketi organizasyonu içinde yürütülebilecek ticari bir faaliyet haline getirmektedir. Böylece mesleki yeterlilik ve uzmanlık esasının yerini şirket yapılanması almakta, mühendislik hizmetinin niteliği ikincil konuma düşmektedir. Zemin ve temel etütleri; doğrudan yapı güvenliğini ve deprem davranışını belirleyen mühendislik hizmetleridir. Bu hizmetlerin, mühendislik meslek disiplinlerinden koparılarak şirket faaliyeti haline dönüştürülmesi bilimsel ve teknik esaslarla bağdaşmamaktadır. **Yapı denetim kuruluşları için aranan “ortakların mühendis/mimar olması” şartının burada aranmayışı ciddi bir çelişkidir. Ayrıca bu yaklaşım, mühendislik hizmetinde yetkinlik yerine organizasyon yapısını önceliklendirmekte ve teknik sorumluluğun niteliğini zayıflatmaktadır.**

Düzenleme, etüt müellifi jeofizik mühendislerini serbest meslek mensubu kimliğinden uzaklaştırarak Bakanlıkça yetkilendirilen ticari kuruluşların teknik personeli konumuna indirgemektedir. Bu durum, **mesleki bağımsızlığı zedelemekte ve Oda denetimini fiilen devre dışı bırakmaktadır.**

Kanun Teklifinin 21., 22., 23. ve 24. maddelerinde öngörülen değişiklikler ile;

- Genel gerekçede denetimin güçlendirileceği belirtilmesine rağmen, teklif metninde bilimsel/mesleki denetimi güçlendiren açık bir hüküm bulunmamakta; esas olarak idari kontrol ve mali akış düzenlenmektedir. Bu durum, teknik denetim yerine bürokratik süreçlerin ağırlık kazandığını göstermektedir. **(Bu durum, çok katmanlı mesleki denetim yapısının yerine, merkezi ve tek taraflı bir idari kontrol mekanizmasının öne çıktığını göstermektedir.)**
- Zemin ve temel etüt hizmet bedellerinden çeşitli oranlarda kesinti öngörülmesi, mühendislik hizmetini kamu güvenliği faaliyeti olmaktan çıkarıp gelir kaynağına dönüştürmektedir. Bu yaklaşım hizmet kalitesini düşürecek, küçük ölçekli mühendislik bürolarını tasfiye edecek ve tekelleşmeye yol açacaktır (Madde 24: Yatırılan tutarın %2'si ruhsatı veren idarenin, %2'si Bakanlık bünyesinde bulunan döner sermaye işletmesinin, %10'unu geçmeyecek şekilde Bakanlıkça belirlenen oranı ise zemin ve temel etüt altyapısı ve sistemleri hakkında hizmet sağlamak üzere Bakanlıkça belirlenen kurum veya kuruluşun hesabına aktarılır. Bakanlık bu oranları iki katına kadar artırmaya ve yarısına

kadar indirmeye yetkilidir).

Bu mali yapı, mühendislik hizmetinin ekonomik baskı altında standartlaşmasına ve nitelik kaybına uğramasına neden olabilecektir.

Sonuç olarak; **Türkiye'nin deprem gerçeği dikkate alındığında, zemin araştırmalarının bağımsız, bilimsel ve mesleki sorumluluk çerçevesinde yürütülmesi zorunludur. Piyasa merkezli bir model, afet risklerini azaltmak yerine artıracaktır. Odaların büro tescil mekanizmalarıyla denetim sağlamalıdır.**

Zemin ve temel etüt kuruluşlarında ortakların ve yöneticilerin ilgili mühendislik disiplinlerinden olması zorunlu olmalıdır.

Etüt müellifliği, bireysel mesleki sorumluluk esasına dayanmalı; Oda denetimi korunmalıdır.

Meslek odalarının sürece kurumsal katılımı sağlanmalıdır.

Teklifin mevcut haliyle yasalaşması; **zemin ve temel etüt hizmetlerinin mühendislik niteliğini zayıflatacak, mesleki bağımsızlığı ortadan kaldıracak ve kamu güvenliği açısından risk oluşturacaktır. Zemin ve temel etüt hizmetlerinin niteliğinde oluşabilecek herhangi bir zayıflama, doğrudan yapı güvenliğini etkileyerek daha büyük riskler doğurabilecektir.**

TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası

21. Dönem Yönetim Kurulu

Yetkilendirilmiş Tüzel Kişiler Hakkında Yönetmelik Taslağına İlişkin Teknik Görüş ve Düzenleme Önerilerimizi Paylaştık

TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası (JFMO) olarak, T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü'ne (MAPEG), “Yetkilendirilmiş Tüzel Kişiler Hakkında Yönetmelik Taslağına İlişkin Teknik Görüş ve Düzenleme Önerileri” konusunda resmi teknik değerlendirme yazımız iletilmiştir.

Odamız tarafından gerçekleştirilen teknik incelemelerde; jeofizik etütlerin madencilik faaliyetlerinde yalnızca destekleyici bir unsur değil, arama ve değerlendirme süreçlerinin temel bileşenlerinden biri olduğu belirtilmiştir. Bu kapsamda, yönetmelik taslağında yer alan düzenlemelerin uygulamada doğurabileceği teknik eksiklikler ve kamu yararı açısından oluşturabileceği riskler detaylı şekilde ele alınmıştır. **Karşılaştırma cetveli üzerinde gerekli öneriler yapılarak iletilmiştir.**

Hazırlanan görüş yazısında; jeofizik veri kullanılmaksızın yürütülen arama ve sondaj faaliyetlerinin hedef dışı sondaj oranlarını artırabileceği, kaynak modellemelerinde hata payını büyütebileceği, ekonomik kayıplara yol açabileceği ve kamu kaynaklarının etkin kullanımını olumsuz etkileyebileceği vurgulanmıştır. Bu nedenle jeofizik çalışmaların, “gerektiğinde başvuru” bir yöntem olarak değil; teknik karar süreçlerinin zorunlu ve denetlenebilir bir bileşeni olarak tanımlanması gerektiği ifade edilmiştir.

MAPEG’e iletilen düzenleme önerilerimiz kapsamında;

- Arama faaliyetlerinde jeofizik yöntemlerin uygulanmasının zorunluluğu,
 - Sondaj lokasyonlarının belirlenmesinde jeofizik verilerin esas alınması,
 - Detay arama ve fizibilite çalışmalarında jeofizik etütlerin zorunlu hale getirilmesi,
 - ÇED süreçlerinde jeofizik çalışmaların teknik bir gereklilik olarak tanımlanması,
 - Jeofizik etüt gerektiren projelerde YTK bünyesinde jeofizik mühendisi bulundurulması,
- yönündeki teknik ve bilimsel önerilerimiz resmi olarak sunulmuştur.

Jeofizik Mühendisleri Odası olarak; ülkemizin doğal kaynaklarının bilimsel, planlı, sürdürülebilir ve kamu yararını esas alan bir anlayışla değerlendirilmesi adına gerekli kurumsal girişimlerde



bulunmaya, **mesleğimizin bilimsel birikimini ilgili kurumlarla paylaşmaya ve teknik süreçlere katkı sunmaya devam edeceğimizi kamuoyuna saygıyla bildiririz.**

**TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası
21. Dönem Yönetim Kurulu**

Amasya'daki Maden Sahalarına İlişkin Teknik Görüşümüz

Gümüşhacıköy Çevre Platformu tarafından gündeme getirilen maden sahalarına ilişkin talepler kapsamında hazırlanan teknik görüşümüz TMMOB ile paylaşılmıştır.

Değerlendirmede; İmirler, Aşağı Ovacık, Karaali, Tekke ve Kılıçaslan köyleri çevresinde yer alan maden sahalarının yalnızca madencilik faaliyetleri açısından değil, **bölgenin su kaynakları, tarımsal üretim alanları, mera ve orman varlığı, doğal yaşam alanları ve yerleşim güvenliği bakımından da bütüncül bir yaklaşımla ele alınması gerektiği** vurgulanmıştır.

Odamız görüşünde, özellikle İmirler Barajı ve bölgedeki yeraltı suyu sistemlerinin korunmasının hayati öneme sahip olduğu belirtilmiş; madencilik faaliyetleri kapsamında gerçekleştirilecek kazı, sondaj, patlatma, yol açımı ve pasa depolama çalışmalarının hidrojeolojik sistem üzerinde yaratabileceği etkilerin ayrıntılı biçimde araştırılması gerektiğine dikkat çekilmiştir. Ayrıca **yeraltı suyu taşıyan birimlerin, kırık ve çatlak sistemlerinin, olası kirlilik yayılım yollarının ve su kaynakları ile maden sahaları arasındaki ilişkinin jeofizik yöntemlerle ortaya konulmasının gerekliliği ifade edilmiştir.**

Ayrıca, patlatmalı madencilik faaliyetlerinin yerleşim alanları, kültürel değerler ile mühendislik yapıları üzerindeki etkilerinin bilimsel yöntemlerle değerlendirilmesi; **olası titreşimlerin, şev duraysızlıklarının, heyelan risklerinin ve çevresel etkilerin mühendislik jeofiziği çalışmalarıyla analiz edilmesinin zorunlu olduğu belirtilmiştir.** Madencilik faaliyetlerinin **halk ve kamu yararı, bilimsel gereklilikler ve mühendislik etiği çerçevesinde yürütülmesi gerektiğini ayrıca vurgulamıştır.**

Sonuç olarak; Amasya ili Gümüşhacıköy ilçesinde ihale edilen maden sahalarına ilişkin süreçlerde, havza ölçeğinde **jeofizik etütler yapılmadan; patlatma, yeraltı suyu, baraj güvenliği, şev duraylılığı ve kümülatif çevresel etki analizleri tamamlanmadan arama ya da işletme faaliyetlerine izin verilmemesi gerektiği kanaatindeyiz.** ÇED süreçlerinde ilgili meslek odalarının, bilim insanlarının ve yöre halkının görüşleri esas alınmalıdır.

TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası
21. Dönem Yönetim Kurulu

Su Kanunu Taslağına İlişkin Görüşlerimizi “Tarım ve Orman Bakanlığına” ve “Su Yönetimi Genel Müdürlüğüne” İlettik

TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası olarak, hazırlıkları sürdürülen **Su Kanunu Taslağına** ilişkin teknik görüş ve önerilerimizi ilgili kurumlarla paylaştık.

Odamız tarafından yapılan değerlendirmede, taslağın su kaynaklarının korunması, havza bazlı planlama, iklim değişikliğine uyum, izleme sistemlerinin geliştirilmesi ve yeraltı sularının sürdürülebilir yönetimi açısından önemli düzenlemeler içerdiği belirtilmiştir. Bununla birlikte, yeraltı suyu araştırmaları, rezerv belirleme çalışmaları, akifer sistemlerinin karakterizasyonu, koruma alanlarının tespiti ve yeraltı suyu izleme faaliyetlerinde temel mühendislik disiplinlerinden biri olan **jeofizik mühendisliğinin taslakta yeterince yer almamasının önemli bir eksiklik olduğu** vurgulanmıştır.

Görüşümüzde; hidrojeofizik çalışmaların taslakta açık biçimde tanımlanması, havza planlama ve izleme süreçlerinde jeofizik mühendislerinin görev ve sorumluluklarının belirlenmesi, yeraltı suyu arama ve yönetim faaliyetlerinde Jeofizik Mühendisleri Odası’nın da ilgili taraflar arasında yer alması gerektiği ifade edilmiştir.

Jeofizik mühendisliği; akiferlerin belirlenmesi, yeraltı suyu rezervlerinin araştırılması, tuzlu su girişiminin izlenmesi, kirlenme risklerinin takip edilmesi, koruma alanlarının oluşturulması ve sürdürülebilir su yönetimi politikalarının geliştirilmesinde kritik rol üstlenmektedir.

Bu nedenle Odamızın talebi yalnızca meslek alanımızın mevzuatta yer alması değil; **su yönetiminin bilimsel temelde güçlendirilmesi, yeraltı suyu kaynaklarının etkin korunması, kaçak ve kontrolsüz sondaj faaliyetlerinin önlenmesi ve kamu yararının gözetilmesidir.**

TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası olarak, ülkemizin su kaynaklarının korunmasına ve gelecek kuşaklara aktarılmasına katkı sağlayacak her türlü bilimsel ve teknik çalışmanın destekçisi olmaya devam edeceğiz.

TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası
21. Dönem Yönetim Kurulu

Mesleki Uzmanlık Alanımız Kapsamında Madencilik Faaliyetlerinde Mikrosismik İzleme Çalışmalarını MAPEG ile Paylaştık

Madencilik faaliyetleri sırasında meydana gelen **kaya patlamaları (rockburst)**, **göçükler**, **şev kaymaları**, **ani deformasyonlar**, **gerilme boşalmaları** ve **süreksizliklerin hareketleri**, çalışanların can güvenliğini tehdit eden ve ciddi ekonomik kayıplara neden olabilen başlıca geoteknik tehlikeler arasında yer almaktadır.

Bu tür süreçler, hem **yeraltı maden işletmelerinde** hem de **açık ocak işletmelerinde** kaya kütlesi içerisinde oluşan çok düşük büyüklükteki **mikrosismik** olaylarla kendini göstermektedir.

Mikrosismik izleme sistemleri, kaya ortamında meydana gelen bu enerji boşalmalarını gerçek zamanlı olarak kaydederek olayların konumlarını, büyüklüklerini ve zamansal gelişimlerini belirleyebilmekte; böylece gerilme birikimlerinin, hasar zonlarının ve potansiyel duraysızlık alanlarının erken aşamada tespit edilmesine olanak sağlamaktadır.

Yeraltı madenlerinde kaya patlaması ve göçük risklerinin, açık ocaklarda ise şev hareketleri, çatlak gelişimleri ve olası heyelanların izlenmesinde etkin biçimde kullanılan bu yöntem, **üretim faaliyetlerinin daha güvenli planlanmasına, riskli bölgelerin önceden belirlenmesine ve gerekli önlemlerin zamanında alınmasına** katkı sağlamaktadır.

Jeofizik Mühendisliği disiplininin bir uygulaması olan mikrosismik izleme;

- Sensör ağlarının tasarlanması,
- Veri toplama sistemlerinin kurulması,
- Sismik olayların tespiti ve konumlandırılması,
- Kaynak parametrelerinin hesaplanması,
- Sismik tehlike analizlerinin yapılması ve sonuçların yorumlanması

gibi uzmanlık gerektiren süreçleri içermektedir.

Bu nedenle; mikrosismik izleme çalışmaları, lisans eğitimleri boyunca sismoloji, sismik yöntemler, veri işleme ve yer fiziği konularında eğitim alan **Jeofizik Mühendislerinin** temel uzmanlık alanlarından birini oluşturmaktadır.

Uluslararası madencilik uygulamaları incelendiğinde, mikrosismik izleme sistemlerinin hem yeraltı hem de açık ocak işletmelerinde yaygın olarak kullanıldığı ve **YASAL MEVZUAT** ile desteklendiği görülmektedir.

Özellikle Kanada'nın Ontario Eyaleti'nde yürürlüğe giren düzenlemeler kapsamında sismik risk taşıyan yeraltı madenlerinde mikrosismik aktivitenin izlenmesini içeren **“SİSMİK RİSK YÖNETİM PROGRAMLARI”** zorunlu tutulmuştur.

Benzer şekilde Avustralya, Güney Afrika ve Çin'de madencilik kaynaklı sismisite, kaya patlamaları ve büyük ölçekli geoteknik risklerin yönetimi amacıyla **“SÜREKLİ SİSMİK İZLEME UYGULAMALARI” MEVZUAT** ve **TEKNİK STANDARTLARDA** önemli bir yer tutmaktadır. Ayrıca; Şili, İsveç ve Finlandiya gibi ülkelerde faaliyet gösteren büyük ölçekli yeraltı ve açık ocak madenlerinde mikrosismik izleme sistemleri, şev duraylılığı analizleri, kaya kütlesi davranışının değerlendirilmesi ve **“ERKEN UYARI SİSTEMLERİNİN”** bir parçası olarak rutin şekilde kullanılmaktadır.

Dünyanın önde gelen madencilik ülkelerinde elde edilen deneyimler, mikrosismik izleme sistemlerinin;

- Çalışan güvenliğini artırdığını,
- Geoteknik risklerin önceden belirlenmesini sağladığını,
- Plansız üretim kayıplarını azalttığını,
- İşletmelerin daha güvenli şekilde yönetilmesine katkı sunduğunu

açıkça ortaya koymaktadır.

Bu kapsamda, mikrosismik izleme sistemlerinin tasarımı, kurulumu, işletilmesi, verilerin değerlendirilmesi ve raporlanması süreçlerinin **Jeofizik Mühendislerinin** mesleki yetkinlik ve uzmanlık alanı içerisinde değerlendirilmesi; özellikle **derin yeraltı madenleri, büyük ölçekli açık ocak işletmeleri, yüksek şevli sahalar ve kaya patlaması veya duraysızlık potansiyeli**

bulunan madencilik faaliyetlerinde Jeofizik Mühendislerinin görev almasının teşvik edilmesi, güvenli ve sürdürülebilir madencilik uygulamalarının geliştirilmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

Bu nedenle; Ülkemizde ilgili **MEVZUAT** düzenlemelerinde mikrosismik izleme uygulamalarına yer verilmesi ve bu çalışmaların **Jeofizik Mühendislerinin** sorumluluğunda veya koordinasyonunda yürütüleceğinin açık biçimde tanımlanması hem çalışan güvenliğinin artırılmasına hem de bilimsel ve teknik açıdan güvenilir risk yönetimi süreçlerinin oluşturulmasına önemli katkı sağlayacaktır.

TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası
21. Dönem Yönetim Kurulu

Fenni Mesuliyet Uygulamalarına İlişkin Görüş ve Değerlendirmelerimizi Tüm Valiliklerle Paylaştık

Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği kapsamında yürütülen fenni mesuliyet uygulamalarında mevzuat hükümlerinin eksiksiz uygulanmasına yönelik görüş ve değerlendirmelerimizi valiliklerimizle paylaştık.

İletilen yazımızda; fenni mesuliyet görevi üstlenen mühendis ve mimarların **ilgili meslek odalarına kayıtlı olmalarının ve Büro Tescil (BT) belgelerini güncel olarak bulundurmalarının yasal bir zorunluluk olduğu** hatırlatılmıştır.

Ayrıca, Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği'nde yer alan hükümler doğrultusunda; fenni mesullerin görev yapabilecekleri alanlara ilişkin **mesafe kriterleri** ile fenni mesul sicillerinin ilgili meslek odalarınca tutulmasına yönelik düzenlemelerin uygulamada dikkate alınmasının önemine vurgu yapılmıştır.

Yazımızda, fenni mesuliyet hizmetlerinin **yalnızca idari bir işlem olmadığı; yapıların ruhsat ve eklerine, ilgili standartlara, teknik şartnamelere ve mühendislik ilkelerine uygun olarak inşa edilmesinin kamu adına denetlenmesini sağlayan önemli bir kamusal görev olduğu** belirtilmiştir.

Bu kapsamda, Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği hükümlerinin ülke genelinde etkin ve bütüncül şekilde uygulanabilmesi amacıyla söz konusu değerlendirmelerimizin tüm valiliklere ve yerel yönetimlere iletilmesi talep edilmiştir.

TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası

21. Dönem Yönetim Kurulu

Yapı Ruhsat Süreçlerinde Kamu Görevlisi İstihdamına İlişkin Görüşümüz İçişleri Bakanlığına İletildi

Belediyelerde yürütülen proje inceleme, onay ve ruhsatlandırma işlemlerinde kamu görevlisi istihdamının sağlanmasına yönelik teknik görüş **İçişleri Bakanlığına** iletilmiştir.

Görüşümüzde; Türkiye'nin büyük bölümünün deprem tehlikesi altında bulunduğu, yapı güvenliğini doğrudan etkileyen ruhsat ve denetim süreçlerinin kamu yararı doğrultusunda ve mevzuata uygun şekilde yürütülmesinin zorunlu olduğu ayrıntılı bir şekilde belirtilmiştir.

Anayasa'nın 128. maddesinde yer alan “Devletin ve diğer kamu tüzel kişilerinin yürütmekle yükümlü oldukları asli ve sürekli görevlerin memurlar ve diğer kamu görevlileri eliyle görüleceği” hükmü ile 657 sayılı Devlet Memurları Kanunu'nun 4. maddesi hatırlatılarak, **belediyelerdeki proje inceleme, teknik değerlendirme ve ruhsatlandırma işlemlerinin kamu görevlileri tarafından yürütülmesi gerektiği ifade edilmiştir.**

Bu kapsamda; imar, ruhsat ve denetim süreçlerinde görev yapan teknik personel ihtiyacının belirlenmesi, **başta jeofizik mühendisleri olmak üzere ilgili mühendislik disiplinlerinde yeterli kadro oluşturulması ve teknik hizmetlerin kamu güvencesi altında yürütülmesi talep edilmiştir.**

Ayrıca, Bakanlığımıza söz konusu yazımızın **yerel yönetimlerimize iletilmesi hususunu** yüksek takdir ve tensiplerini saygılarımızla, arz ettik.

TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası
21. Dönem Yönetim Kurulu

Jeofizik Mühendisliğin Yapı İnceleme Alanındaki Yetkileri Resmî Gazete’de Yayımlandı

TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası Serbest Müşavirlik Mühendislik Hizmetleri, Büro Tescil ve Meslekî Denetim Yönetmeliğinde yapılan değişiklik, 20 Haziran 2026 tarihli Resmî Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe girdi.

Yapılan düzenleme ile jeofizik mühendislerinin yapı inceleme ve değerlendirme alanlarında yürüttüğü çeşitli uygulamalar, Odamız mevzuatında açık ve net bir şekilde tanımlanarak mesleki yetki alanlarımız güçlendirilmiştir.

Jeofizik mühendisliği yapı güvenliğinin değerlendirilmesinde de günümüz teknolojisiyle önemli katkılar sunmaktadır. Resmî Gazete’de yayımlanan bu değişiklik, mesleğimizin yapı sağlığı, performans analizi ve afet risklerinin azaltılmasına yönelik çalışmalarındaki rolünü daha da görünür hale getirmiştir.

Mesleğimizin yetki ve sorumluluk alanlarının geliştirilmesine katkı sunan tüm meslektaşlarımıza ve emeği geçenlere teşekkür ediyoruz.

TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası
21. Dönem Yönetim Kurulu

TMMOB JEOFİZİK MÜHENDİSLERİ ODASI SERBEST MÜŞAVİRLİK MÜHENDİSLİK HİZMETLERİ, BÜRO TESCİL VE MESLEKÎ DENETİM YÖNETMELİĞİNDE DEĞİŞİKLİK YAPILMASINA DAİR YÖNETMELİK

MADDE 1- 11/4/2006 tarihli ve 26136 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği Jeofizik Mühendisleri Odası Serbest Müşavirlik Mühendislik Hizmetleri, Büro Tescil ve Meslekî Denetim Yönetmeliğinin 5 inci maddesinin birinci fıkrasının (ç) bendine aşağıdaki alt bentler eklenmiştir.

“3) Mikrotremor yöntemi kullanılarak, mevcut yapıların incelenmesinde yapıların periyot özelliklerinin belirlenmesi,

4) Sismik ve sonik yöntemlerle yapıların taşıyıcı sistemlerinin incelenmesi,

5) Yapı radarı yöntemi ile taşıyıcı sistem ve temellerin incelenmesi,

6) Kazık bütünlük deneyinde betonda sismik hızların belirlenmesi

için ultrasonik ve sonik yöntemlerin kullanılması,

7) Özdirenç yöntemi ile donatı ve etriye elemanlarının nemlilik ve korozyon tayininin belirlenmesi.”

MADDE 2- Bu Yönetmelik yayımı tarihinde yürürlüğe girer.

MADDE 3- Bu Yönetmelik hükümlerini TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası Yönetim Kurulu yürütür.

Başta Soma Termik Santrali Olmak Üzere Tüm Santraller Kamulaştırılmalıdır: Enerji Güvenliği, Millî Bir Sorundur

Madencilikte özelleştirme politikalarının geldiği nokta, özel çıkarlara feda ve kamunun borca batırılmasıdır.

Soma Termik Santrali en son örneklerden biridir. Mevcut santral, ülkemizin en büyük termik santrallerindendir.

Ülkemizin en büyük termik santrallerinden biri olan tesis, 13 Ocak 2015 tarihinde 685,5 milyon dolar bedelle özelleştirilmiştir.

Santral işletme ihalesinde kömür ihtiyacının, Türkiye Kömür İşletmeleri (TKİ) tarafından karşılanması öngörülmüştür. TKİ, ciddi bir taahhüt altına sokulmuştur.

TKİ'nin firmalardan borçlanarak aldığı kömürlerin bedeli yıllardır kamuya ödenmemiştir ve bu rakam 470 milyon doları bulmuştur.

Soma Termik Santrali'nin sonunu, özelleştirme politikaları getirmiştir.

Acı ve yakıcı olan şudur ki; özelleştirme öncesi Soma Termik Santrali kendi kendine finanse edebilen bir kamu iştiraki idi.

2015 öncesi düzenli kamusal kâr eden, en büyük 80 sanayi kuruluşu arasında yer alan ve kamu hizmeti veren işletme, bugün 20 milyar TL borç batağında yüzmektedir. Şu anki sıralaması 322'dir.

2011-2014 yıllarında yıllık ortalama üretim 5,1 milyar kilovat iken, özelleştirmeden sonra yıllık üretim 1,5 milyar kilovatın altındadır.

Ülkemizin elektrik ihtiyacının %7'sini karşılarken, bugün %0,3'e gerilemiştir. Öte yandan yaklaşık 10.000 işçinin işsiz kalma riskiyle karşı karşıya olduğu belirtilmektedir. Bu durum yalnızca ekonomik değil, aynı zamanda sosyal bir sorun niteliği taşımaktadır.

Çözüm: Kamulaştırma

Tek çare; devlet eliyle işletmedir. Piyasaya terk ve özelleştirme, stratejik kamu işletmelerinde (maden, telekomünikasyon, enerji, petrokimya vb.) batık bir ekonomi yaratır.

Enerji üretimi, kâr-zarar hesabı ile piyasaya terk edilemez.

Ancak enerji üretiminin sürdürülebilirliği kadar çevrenin korunması ve insan sağlığının güvence altına alınması da kamusal sorumluluğun ayrılmaz bir parçasıdır. Bu nedenle baca gazı arıtma (filtreleme) sistemlerinin eksiksiz çalıştırılması, hava kalitesinin sürekli izlenmesi, kül depolama sahalarının güvenli biçimde yönetilmesi, yer altı – yer üstü su kaynaklarının korunması ve iş sağlığı-güvenliği önlemlerinin eksiksiz uygulanması zorunludur. Enerji üretimi ile çevrenin korunması birbirinin alternatifi değil, birlikte yürütülmesi gereken kamusal sorumluluklardır.

Enerji üretiminin güvenli, sürdürülebilir ve kamu yararını esas alan bir anlayışla yürütülebilmesi; yeraltı kaynaklarının bilimsel yöntemlerle araştırılmasını, rezervlerin doğru yönetilmesini, çevresel etkilerin sürekli izlenmesini ve doğal varlıkların gelecek kuşakların hakları gözetilerek korunmasını gerektirmektedir. Jeofizik mühendisliği; enerji ve madencilik faaliyetlerinin planlanmasından üretim süreçlerinin izlenmesine, yeraltı suyu sistemlerinin korunmasından çevresel risklerin değerlendirilmesine kadar geniş bir alanda kritik sorumluluk üstlenen temel mühendislik disiplinlerinden biridir.

Seyitömer, Kangal, Yatağan, Çatalağzı, Yeniköy, Orhaneli, Tunçbilek ve Soma Termik Santralleri acilen KAMULAŞTIRILMALIDIR.

Enerji güvenliğimiz ve tam bağımsızlık anlayışımız gereği, yerli enerji kaynaklarının bilimsel planlama ve kamu yararı ilkeleri doğrultusunda değerlendirilmesi stratejik önemdedir.

Kapatılma tehdidi kabul edilemez. Çözüm, kamulaştırmadır.

Kamuoyuna saygı ile duyurulur.

TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası

21. Dönem Yönetim Kurulu

* Sayısal veriler kamuoyuna yansıyan basın haberleri ve sektör değerlendirmelerinden derlenmiştir.

Ülkemizde Su Güvenliği ve Jeofizik Mühendisliği

2100 yılına kadar yüzde 25 azalma riski bulunan suyun korunması ve verimli kullanılması temel bir ulusal sorundur. Bu nedenle su kaynaklarının korunması stratejik bir sorundur. İklim değişikliğinin etkilerinin giderek arttığı ve **SU KANUNU** çalışmalarının gündemde olduğu bu dönemde, konuya ilişkin görüşlerimizi kamuoyu ve ilgili kurumlarla paylaşmayı bir sorumluluk olarak görüyoruz.

Su güvenliği tüm meslek alanlarının, kamu kurumlarının, yerel yönetimlerin ve toplumun ortak sorumluluğunda olan kolektif bir milli güvenlik meselesidir. Bu anlamda Odamız, bu sürece ilişkin görüşlerini kamuoyunun ve değerli kamu kurum kuruluşlarımızın takdirine sunmak ihtiyacını duymuştur.

Şöyle ki; İklim değişikliğinin en ağır etkilerinden biri, hiç kuşkusuz su kaynakları üzerindeki baskının artmasıdır. En temel önlem nedir sorusunun cevabı şudur: içme-kullanma suyu temin edilen havzaların korunmasını sağlamak amacıyla iklim değişikliği de dikkate alınarak koruma planlarının hazırlanması, içme suyu arıtma tesislerine ilişkin standartların belirlenmesi, su verimliliği uygulamaları, ulusal su veri tabanının oluşturulması, sınır aşan suların yönetimi ve iklim değişikliğinin su kaynaklarına etkilerinin izlenmesidir. Bununla birlikte yağış rejimindeki düzensizlikler çok ciddi bir etkidir.

2025 yılı Temmuz ayında açıklanan güncel nüfus verileri dikkate alındığında, ülkemizde kişi başına düşen yıllık kullanılabilir su miktarı yaklaşık 1.305 m³ düzeyindedir. Bu değer, Türkiye'nin halihazırda "su stresi yaşayan ülkeler" kategorisinde bulunduğunu göstermektedir. Nüfus artışı, iklim değişikliği ve artan su talebi birlikte değerlendirildiğinde, ülkemizin 2030 sonrasında "su kıtlığı yaşayan ülkeler" sınıfına yaklaşacağı öngörülmektedir.

Bu nedenle yürütülen "Ulusal Su Verimliliği Seferberliği"nin başarısı, öncelikle su kaynaklarının doğru yöntemlerle araştırılmasına, tanımlanmasına ve izlenmesine bağlıdır.

Özellikle su verimliliğinde Jeofizik Mühendisliği uygulamalarının (hidrojeofizik) su kaynaklarının araştırılması, geliştirilmesi ve sürdürülebilir kullanımında vazgeçilmez bir rol

üstlenmektedir. Yeraltı suyu rezervlerinin belirlenmesi, akiferlerin karakterizasyonu, tuzlu su girişimlerinin izlenmesi, kaçak ve kayıp su alanlarının tespiti ile yeraltı suyu potansiyelinin ortaya konulmasında jeofizik yöntemler temel mühendislik araçlarıdır.

Su güvenliği, Jeofizik ile başlar.

Hidrojeofizik, su kaynaklarına bütüncül bakışın ilk aşamasıdır. Bütüncül yaklaşım hidrojeofizik ve hidrojeoloji ile başlar kırsalda içme suyu yönetimi, atık suyun arıtılması, yeniden kullanım, kurakçıl peyzaj uygulamaları, yağmur suyu hasadı, gri su sistemleri mevcut su kaynaklarının gerçek zamanlı/mevsimsel izlenmesi gibi havza ve il bazlı çözümler ile devam eder. Ülkemizde şebeke su kaybı yüzde 35 ile yüzde 60 arası değişmektedir.

Bu anlamda; başta Su Kanun Taslağı olmak üzere tüm yasal düzenlemelerde jeofizik mühendisliğinin, Odamızın daha önce yaptığı kamusal öneriler doğrultusunda yer alması hayati önem taşımaktadır.

Su kaynaklarımızın verimli, güvenli ve stratejik bir anlayışın inşasında Jeofizik Mühendisliği temel disiplinlerden biridir. Dünyadaki başarılı uygulamalarda da görüldüğü üzere, kurakçıl peyzaj yaklaşımları, bilimsel planlama ve akıllı su yönetim sistemleri artık bir tercih değil, zorunluluktur.

TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası
21. Dönem Yönetim Kurulu

24 Haziran Venezuela Depremleri

Venezuela'da 24 Haziran'da **39 saniye arayla** meydana gelen **Mw 7.2** ve **Mw 7.5** büyüklüğündeki iki deprem, 26 Haziran itibarı ile 235'de fazla can kaybına ve 5000'den fazla yaralanmaya sebep oldu. USGS'ye göre 7.2 moment magnitüddeki ilk deprem yerel saatle 18.04'te Montalban Bölgesi'nde 13,2 km odak derinliğinde meydana gelmiştir. İkinci depremin merkez üssü Yumare'nin 23 kilometre güneydoğusunda, 7.5 moment magnitüdde ve 10 km odak derinliğinde meydana gelmiştir.

İlk depremin zayıflattığı/yorduğu yapı stoğunun, ikinci büyük depremle birlikte göçmesi sonucu hasarın katlanarak arttığı değerlendirilmektedir. Bu tür ardışık büyük depremler, sismolojide "**çifte deprem (doublet earthquake)**" olarak tanımlanan ve gerilim transferiyle açıklanan nadir ancak son derece yıkıcı olaylardır.

Bu durum, **6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Depremleri'ni** hatırlatmaktadır. Yaklaşık dokuz saat arayla meydana gelen **Mw 7.8** ve **Mw 7.5** büyüklüğündeki iki büyük deprem, ardışık kırılma ile gerçekleşmiş; ilk deprem sonrası hasar gören/yorulan yapıların ikinci depremde yıkılması, can kayıplarını ve yıkımı önemli ölçüde artırmıştır.

Deprem güvenliğinin sadece yapı tasarımından ve yapı malzemelerinden ibaret olmadığı aşikardır. **Yer (zemin/kaya) özellikleri, parametreleri, yer altı suyu varlığı, yerel zemin koşulları ve dolayısıyla deprem-yapı-zemin etkileşimi** birlikte değerlendirilmesi gereken temel unsurlardır. Bu nedenledir ki; mühendislik sismolojisi (jeofizik) – deprem mühendisliği ve yapı tasarımı ayrılmaz üç saç ayağıdır.

Deprem kuşağında bulunan ülkemizde dinamik doğa olaylarında can güvenliğinin teminatı, **bilimin rehberliğinde çalışan tüm mühendislik disiplinlerinin ortak aklı ve kamu yararını esas alan planlama anlayışıdır.**

Venezuela Depremi özelinden çıkışla ülkemizde de “Bilimsel ve teknik birikimimizle, bu birlikteliğin başarılmasının mümkün olduğunu kamuoyuna saygıyla duyuruyoruz”

Doğa yasaları tartışmaya açık değildir.



Venezuela'da meydana gelen depremde yaşamını yitirenleri saygıyla anıyor; ailelerine, Venezuela halkına ve tüm dünya halklarına başsağlığı, yaralılara acil şifalar diliyoruz.

TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası
21. Dönem Yönetim Kurulu

27 Haziran 1998 Adana–Ceyhan Depremini Unutmadık

27 Haziran 1998’de meydana gelen deprem, bölgenin deprem gerçeğini en açık şekilde göstermiştir. Saat 16.55’te gerçekleşen Mw 6.3 büyüklüğünde ki depremde **145 yurttaşlarımızı kaybettik, yaklaşık 1600 insanımız yaralandı, binlerce yapı yıkıldı ve 30.000 civarında yapı etkilendi.**

Ülkemiz bir deprem ülkesidir. **Depremi afete dönüştüren zemin koşullarının dikkate alınmaması, denetimsiz süreçler, niteliksiz yapı üretimi ve kamu yararı yerine rantı önceleyen imar anlayışıdır.**

1998 Depremi, Ceyhan ve çevresinde yapı–zemin ilişkisinin önemini ortaya koymuştur. Ceyhan Nehri boyunca gözlenen sıvılaşma, yüzey deformasyonları ve hasar dağılımı incelendiğinde **jeofizik çalışmaların planlama ve denetim süreçlerinin ayrılmaz parçası olması gerektiğini göstermiştir.**

Bölgenin yapı stoku bilimsel yöntemlerle incelenmeli; zemin parametreleri, sıvılaşma, oturma ve taşıma gücü sorunları jeofizik modeller ile birlikte değerlendirilmelidir. Dere yatakları, taşkın ovaları, gevşek ve suya doymuş zeminler üzerinde yapılaşma politikalarından vazgeçilmelidir. **Yerel yönetimlere yeterli sayıda uzman mühendis istihdam edilmelidir. Denetim mekanizmaları güçlendirilmelidir.** Ruhsat, proje onayı ve denetim süreçleri kamusal sorumlulukla yürütülmelidir. **Meslek odalarının denetim ve kamusal uyarı mekanizmaları güçlendirilmelidir.**

Bilimi esas ve kamu yararını öne alan bir mevzuat oluşturmak ve bu mevzuatı eksiksiz uygulamak gerekmektedir. Yakın zamanda yürürlüğe giren 7579 sayılı Kanun ile zemin ve temel etütlerine ilişkin düzenlemeler yapılmıştır. Önümüzdeki dönemde hazırlanacak uygulama yönetmelikleri ile mühendislik hizmetlerinin kapsamı, bilimsel yöntemler ve mesleki denetim süreçlerini göz önünde bulundurularak eksiksiz güvence altına almalıdır. Yönetmeliklerin, tüm mühendislik disiplinlerinin katkısını gözetten bir anlayışla hazırlanması hayati öneme sahiptir.



Depremde yaşamını yitiren yurttaşlarımızı saygıyla anıyoruz. Acıları unutmuyoruz. Aynı acıların tekrar yaşanmaması için bilim ve tekniğin izinde **halktan yana kamucu mühendislik anlayışı ile çalışmaya devam edeceğiz.**

TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası
21. Dönem Yönetim Kurulu

Varto-Karlıova'da Jeotermal Faaliyetler Bilimsel ve Şeffaf Süreçle Değerlendirilmelidir

Muş'un Varto ve Bingöl'ün Karlıova ilçeleri arasındaki bölgede planlanan jeotermal kaynak arama ve sondaj faaliyetleri; bölge halkında yaşam alanları, su kaynakları, meraları, tarımsal üretim, hayvancılık ve doğal çevreye ilişkin haklı kaygılar yaratmıştır. Bu nedenle, bölgede aylardır eylem ve hukuk mücadelesi yürütülmektedir.

Basına yansıyan bilgilere göre bu faaliyetlerinin **Varto'da 16, Karlıova'da ise 6 köyü** doğrudan ya da dolaylı biçimde etkileyebileceği ifade edilmekte; proje kapsamında farklı sahalarda çok sayıda sondaj kuyusunun açılmasının planlandığı bildirilmektedir.

Jeotermal kaynakların aranması, işletilmesi ve üretim akışkanının yeraltına yeniden basılması; yeraltının jeolojik, hidrojeolojik, jeokimyasal ve sismotektonik özelliklerinin birlikte değerlendirilmesini gerektiren çok disiplinli bir süreçtir. **Kamucu enerji politikası, enerjinin nerede, hangi bilimsel yöntemlerle, hangi denetim mekanizmalarıyla ve kimin yararına üretileceğini sorgulamak zorundadır.** Yeraltının yapısını, aktif fayları, kırık sistemlerini, jeotermal rezervuarları, yeraltı suyu dolaşımını ve olası riskleri ortaya koyan bilimsel çalışmalar her yatırımın ön koşulu olmalıdır. **Jeofizik araştırmaların amacı yalnızca sondaj yerini belirlemek değil; insan yaşamını, su kaynaklarını, tarım alanlarını ve doğal çevreyi koruyacak bilimsel zemini oluşturmaktır.**

Uluslararası uygulamalar ön inceleme yapılmasını, doğal sismik arka planın belirlenmesi amacıyla mikro sismik izleme ağı kurulmasını, yerel halkın bilgilendirilmesini, risklerin nicel olarak değerlendirilmesini ve gerektiğinde faaliyetleri yavaşlatacak veya durduracak müdahale eşiklerinin tanımlanmasını önermektedir. Dolayısıyla sadece bölgesel deprem kataloglarının incelenmesi yeterli değildir.

Bölge yurttaşının itirazları yok sayılarak, teknik belgeler tamamlanmadan veya süreç yalnızca idari izinlere indirgenerek toplumsal kabul sağlanamaz. Jeotermal projeler yalnızca yatırım perspektifiyle değil, toplam çevresel etkileri, su varlığı, biyolojik çeşitlilik, tarımsal üretim, hayvancılık ve **bölgenin deprem gerçeği birlikte değerlendirilerek ele alınmalıdır.**

TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası olarak sürecin bilimsel, şeffaf, katılımcı ve kamu yararını esas alan bir anlayışla yürütülmesini talep ediyoruz. Mesleki bilgi ve birikimimizi; doğanın ve toplumun ortak yararı doğrultusunda kullanılacak her türlü bağımsız bilimsel çalışmaya sunmaya hazır olduğumuzu kamuoyuna bildiriyoruz.

Su halkındır, toprak halkındır, yaşam halkındır. Biz de halkın ve bilimin yanındayız.

**TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası
21. Dönem Yönetim Kurulu**

Yollar Neden Çöküyor?

2026 yılında ülkemiz, heyelanlar, yol çökmeleri, kaya düşmeleri ve altyapı hasarlarıyla bir kez daha karşı karşıya kalmıştır. Bu nedenle yollar ulaşım kapanmış, yerleşim alanları tahliye edilmiş, kamu kaynaklarıyla yapılan altyapılar zarar görmüş ve vatandaşlarımız can güvenliği riskiyle karşı karşıya kalmıştır. Meydana gelmiş bazı olaylar Tablo 1'de verilmiştir.

AFAD verilerine göre yalnızca **21-31 Mayıs 2026 tarihleri arasında ülkemizde 110 heyelan ve kaya düşmesi olayı meydana gelmiş; 67 konut ve çok sayıda ulaşım altyapısı bu olaylardan etkilenmiştir.** Bu tablo büyüyen ulusal bir altyapı güvenliği sorunuyla karşı karşıya olduğumuzu göstermektedir.

Bu noktada sorgulanması gereken; **güzergâh seçiminden projelendirmeye, zemin araştırmalarından drenaj tasarımına, yapım denetiminden işletme sürecindeki izlemeye kadar** bütün mühendislik zincirinin yeterli bilimsel verilerle yürütölüp yürütölmediğidir.

Güzergâh hattında aktif veya eski heyelan kütleleri, zayıf jeolojik birimler, kontrol edilemeyen yeraltı suyu hareketleri, dolgu altında gelişen boşluklar, karstik yapılar, yetersiz drenaj sistemleri, zamanla gelişen deformasyonlar bulunabilir. İşte bu süreçler gözle görülemez. Bu nedenle **yeraltını anlamadan ulaşım güvenliğini sağlamak mümkün değildir.**

Jeofizik mühendisliği; yeraltındaki görünmeyen riskleri bilimsel yöntemlerle ortaya çıkaran disiplindir. Heyelan potansiyeli taşıyan zayıf zonlar, suya doygun tabakalar, dolgu altındaki boşluklar, kaya kütlelerindeki süreksizlikler, yeraltı suyu dolaşımı, dinamik zemin davranışı henüz afet meydana gelmeden belirlenebilmektedir. Çağdaş mühendislik anlayışı **riski oluşmadan yönetmeyi** esas alır.

Her yıl milyonlarca liralık kamu kaynağı, aynı güzergâhlarda tekrar eden çökmelerin onarılmasına harcanmaktadır.

Güvenli ulaşım altyapısı ancak bilimsel planlama ile mümkündür. Karayolları, demiryolları, tüneller, köprüler ve ulaşım koridorlarında jeofizik, jeolojik ve jeoteknik araştırmalar birlikte

yürütülmeli; riskli güzergâhlarda sürekli jeofizik izleme ve erken uyarı sistemleri kurulmalı, zemin davranışı ve yeraltı suyu değişimleri düzenli izlenmelidir.

TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası

21. Dönem Yönetim Kurulu

Tablo 1. 2026 yılında meydana gelen bazı çökme, heyelan ve kaya düşmesi olayları

Tarih	Yer	Olay
28 Ocak	Rize-Ardeşen	Heyelan sonucu yapımı süren istinat duvarı çöktü, köy yolu kapandı. (TRT Haber)
15 Şubat	Antalya-Alanya	Toprak kayması riski nedeniyle 13 bina tahliye edildi. (Anadolu Ajansı)
21 Şubat	Bursa-Mudanya	Mudanya-Altıntaş yolu heyelan nedeniyle kapandı. (TRT Haber)
26 Şubat	Ordu-Ünye	İstinat duvarı yıkıldı, Ünye-Akkuş bağlantı yolunda çökme meydana geldi. (TRT Haber)
28 Şubat	Ordu	Sağanak sonrasında 10 ayrı noktada heyelan kaydedildi. (TRT Haber)
2-4 Mart	Gümüşhane-Giresun ve Artvin-Şavşat	Heyelanlar nedeniyle kara yolları geçici olarak ulaşım kapandı. (DHA Demirören Haber Ajansı)
23 Mart	Bitlis / Güroymak	Yoğun yağışların ardından Cevizyatağı köy yolunda çökme meydana geldi. Bitlis İl Özel İdaresi ekiplerinin müdahalesiyle yol kısa sürede onararak yeniden ulaşım açıldı. (Oda TV)
25 Nisan	Hakkari-Van Kara Yolu	Heyelan nedeniyle 6 gün boyunca ulaşım kapalı kalan Hakkâri-Van kara yolu, alternatif güzergâh oluşturularak hafif araç trafiğine kontrollü olarak açıldı. Bölgede heyelan riski ve zemin hareketleri nedeniyle çalışmalar devam etti. (Sözcü TV)
4 Mayıs	Tokat	Tokat-Sivas kara yolunda heyelan, kent merkezinde istinat duvarı çökmesi yaşandı. (TRT Haber)
19 Mayıs	Bitlis-Muş (Ahlat-Malazgirt Kara Yolu)	Yoğun yağışların tetiklediği zemin kayması ve yol çökmesi nedeniyle Bitlis'in Ahlat ilçesi ile Muş'un Malazgirt ilçesini birbirine bağlayan kara yolu ulaşım kapatıldı. Alternatif güzergâhın yaklaşık 70-80 km daha uzun olduğu belirtildi.
21-31 Mayıs	Türkiye geneli	AFAD verilerine göre 110 heyelan ve kaya düşmesi meydana geldi. (Tigris Haber)
30 Mayıs	Osmaniye	Amanoslar'daki Mitisin Yayla Yolu heyelan nedeniyle kapandı. (TRT Haber)
18 Haziran	Artvin-Erzurum	Tünel çıkışındaki heyelan kara yolunu kapattı. (DHA Demirören Haber Ajansı)
10 Temmuz	Rize merkez	Yol çöktü, iki bina tedbir amacıyla tahliye edildi. (İHA)
25 Temmuz	Ankara-Mamak	Şiddetli yağış sonrası yol çöktü, bir araç oluşan çukura düştü. (Anadolu Ajansı)

Kaynaklar

AFAD – 21–31 Mayıs 2026 yağışları, 110 heyelan ve kaya düşmesi olayı

<https://www.afad.gov.tr/>

(AFAD'ın 1 Haziran 2026 tarihli resmi açıklaması basında geniş yer bulmuştur.)

Anadolu Ajansı – Yurt genelindeki heyelan, sel ve taşkınlara müdahalede 13 bin 342 personel görev aldı

<https://www.aa.com.tr/tr/gundem/yurt-genelindeki-heyelan-sel-ve-taskinlara-mudahalede-13-bin-342-personel-gorev-aldi/3952577>

ANKA Haber – AFAD: 110 heyelan ve kaya düşmesi meydana geldi

<https://ankahaber.net/haber/afad-yogun-yagislardan-dolayi-110-heyelan-ve-kaya-dusmesi-olayi-meydana-gelmis-67-konut-ve-1-ahir-etkilenmistir-f5e0b387>

TRT Haber (28 Ocak 2026)

Rize'de heyelan nedeniyle istinat duvarı çöktü

<https://www.trthaber.com/haber/turkiye/rizede-heyelan-nedeniyle-istinat-duvari-coktu-932838.html>

Anadolu Ajansı (15 Şubat 2026)

Yağışlar birçok ilde hayatı olumsuz etkiledi (Antalya-Alanya toprak kayması ve tahliyeler)

<https://www.aa.com.tr/tr/gundem/yagislar-bircok-ilde-hayati-olumsuz-etkiledi/3829916>

TRT Haber (21 Şubat 2026)

Mudanya-Altıntaş yolunda heyelan

<https://www.trthaber.com/etiket/heyelan/>

TRT Haber (26 Şubat 2026)

Ordu'da heyelan: İstinat duvarı yıkıldı, yol çöktü

<https://www.trthaber.com/haber/turkiye/orduda-heyelan-istinat-duvari-yikildi-yol-coktu-935636.html>

TRT Haber (28 Şubat 2026)

Ordu'da sağanak sonrası meydana gelen heyelanlar

<https://www.trthaber.com/etiket/ordu/>

Demirören Haber Ajansı (2–4 Mart 2026)

Gümüşhane-Giresun ve Artvin-Şavşat yollarındaki heyelan haberleri

<https://www.dha.com.tr/haberleri/toprak>

TRT Haber (4 Mayıs 2026)

Tokat'ı sağanak ve heyelan vurdu: İstinat duvarı çöktü

<https://www.trthaber.com/haber/turkiye/tokati-saganak-ve-heyelan-vurdu-istinat-duvari-coktu-943878.html>

Tigris Haber / AFAD Verileri (21-31 Mayıs 2026)

AFAD, yağışların bilançosunu açıkladı: 110 heyelan, 67 konut etkilendi

<https://www.tigrishaber.com/afad-yagislarin-bilancosunu-acikladi-110-heyelan-67-konut-etkilendi-154436h.htm>

TRT Haber (30 Mayıs 2026)

Osmaniye'de heyelan karayolunu kapattı

<https://www.trthaber.com/haber/turkiye/osmaniyede-heyelan-karayolunu-kapatti-946644.html>

Demirören Haber Ajansı (18 Haziran 2026)

Artvin-Erzurum karayolunda heyelan

<https://www.dha.com.tr/gundem/artvin-erzurum-karayolunda-heyelan-video-2894217>

İhlas Haber Ajansı (10 Temmuz 2026)

Rize'de yol çöktü, iki bina tedbir amaçlı tahliye edildi

<https://www.ihh.com.tr/video-rizede-yol-coktu-2-bina-tedbir-amacli-tahliye-edildi>

Anadolu Ajansı (25 Temmuz 2026)

Başkentte sağanak hayatı olumsuz etkiledi (Ankara Mamak yol çökmesi)

<https://www.aa.com.tr/tr/gundem/ankara-ve-istanbulda-saganak-etkili-oldu/4008807>

Odatv (23 Mart 2026)

Bitlis'te yol çöktü

<https://www.odatv.com/guncel/bitliste-yol-coktu-120140483>

Yeniçağ Gazetesi (19 Mayıs 2026)

İki şehri birbirine bağlayan yol bir yağışta çöktü

<https://www.yenicaggazetesi.com/iki-sehri-birbirine-baglayan-yol-bir-yagista-coktu-1031726h.htm>

Kazı Destek Yapıları Tasarım ve Uygulama Esasları, Çok Disiplinli Mühendislik Yaklaşımıyla Yeniden Değerlendirilmelidir

16 Temmuz 2026 tarihli ve 33311 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan **Kazı Destek Yapıları Tasarım ve Uygulama Esasları**, kazı destek sistemlerinin projelendirme, tasarım, uygulama, kontrol ve izleme süreçlerine ilişkin kapsamlı hükümler içermektedir.

Kazı destek yapılarının güvenliği; yalnızca betonarme ve çelik taşıyıcı elemanların boyutlandırılmasıyla sağlanabilecek bir konu değildir. Güvenli bir tasarım ve uygulama için zeminin ve kaya ortamının üç boyutlu yapısının, dinamik özelliklerinin, yeraltı suyu koşullarının, doğal ve yapay süreksizliklerin, yeraltı yapılarının ve kazı sırasında ortaya çıkabilecek zamana bağlı değişimlerin güvenilir biçimde belirlenmesi gerekmektedir.

Bu nedenle kazı destek yapıları

Zemin ve kaya ortamının araştırılması, dinamik özelliklerinin belirlenmesi, yeraltının jeofizik yöntemlerle görüntülenmesi, sismik hız modelinin ortaya çıkartılması, kazık bütünlük testlerinin gerçekleştirilmesi, yeraltı boşluklarının ve gömülü yapıların araştırılması gibi hizmetler jeofizik mühendisliğinin mesleki faaliyet alanı içerisindedir.

Yönetmelikte Geoteknik Sorumlu, ilgili disiplinler tarafından üretilen verileri tasarım amacıyla kullanabilir; ancak başka bir mühendislik disiplininin uzmanlık alanındaki ölçümü gerçekleştiren, değerlendiren veya bu çalışmanın mesleki sorumluluğunu üstlenen kişi olarak tanımlanamaz.

Kazık Bütünlük Testleri Jeofizik Mühendisliği Hizmetidir

Esasların 4.4’üncü s) maddesinde toplam kazık adedinin en az yüzde 10’unda kazık bütünlüğü testi yapılması öngörülmüştür. **Ancak testin yöntemi, testi gerçekleştirecek meslek mensubunun niteliği, veri kalitesi, değerlendirme ilkeleri ve raporlama sorumluluğu yeterli açıklıkta tanımlanmamıştır.**

Kazık bütünlük testi, kazık içerisinde yayılan elastik dalgaların kaydedilmesi ve yansıyan dalgaların analiz edilmesi esasına dayalı sismik ve tahribatsız inceleme yöntemidir. Ölçümün güvenilirliği yalnızca cihazın kullanılmasına değil; dalga yayılımının, sinyal özelliklerinin, kazık geometrisinin, çevre zemin etkilerinin ve olası anomalilerin doğru yorumlanmasına bağlıdır.,

Bu nedenle kazık bütünlük testlerinin ölçüm, değerlendirme ve raporlama aşamalarında jeofizik mühendislerinin görev ve yetkileri açıkça tanımlanmalıdır. “Yetkin kişi” gibi kapsamı belirsiz ifadeler, mesleki sorumluluğun ve kamusal denetimin zayıflamasına yol açmaktadır.

Arazi karakterizasyonu jeofizik araştırmaları da kapsamalıdır

Esaslarda geoteknik arazi karakterizasyonu, yeraltı suyu koşulları, deprem etkisi, zemin parametreleri ve aletsel gözlem sistemleri proje raporunun temel bileşenleri arasında sayılmıştır. Ancak bu bilgilerin elde edilmesinde kullanılacak jeofizik yöntemlere ve jeofizik mühendislerinin sorumluluğuna yer verilmemiştir.

Sondaj ve laboratuvar deneyleri, zemin ve kaya ortamına ilişkin noktasal bilgiler sağlamaktadır. Özellikle derin kazılarda tabakaların yanal sürekliliğinin, dolgu sınırlarının, gevşek zonların, boşlukların, ayrılmış kaya kuşaklarının, yeraltı suyu hareketlerinin ve gömülü yapıların belirlenmesinde jeofizik yöntemler önemli katkı sağlamaktadır.

Sismik, elektrik, elektromanyetik ve kuyu içi jeofizik yöntemler; sondaj ve laboratuvar verilerinin yerine geçen değil, bunları tamamlayarak yeraltının daha güvenilir modellenmesini sağlayan yöntemlerdir.

Kazı kategorisi, kazı derinliği, saha belirsizlikleri ve çevresel riskler dikkate alınarak jeofizik araştırma gereksiniminin belirlenmesi; gerekli çalışmanın yetkili jeofizik mühendisleri tarafından yapılması ve raporlanması gereklidir.

Deprem etkisi, yerel zemin dinamik özelliklerinden bağımsız değerlendirilemez

Esaslarda deprem ve diğer dinamik etkiler kazı destek yapılarının tasarım girdileri arasında yer almaktadır. Ancak deprem etkisinin güvenilir biçimde tanımlanması için gerekli olan kayma dalgası hızı profilleri, zemin profili, hakim titreşim periyodu ve sahaya özgü jeofizik verilerden elde edilecek parametrelerin hangi disiplin tarafından hazırlanacağı belirtilmemiştir.

Deprem etkisinin yalnızca harita parametreleri ve yapısal hesaplarla sınırlandırılması yeterli değildir. Yerel zemin koşullarının dinamik davranışı, kazı destek sisteminin deprem sırasındaki performansını doğrudan etkileyebilir.

Bu nedenle **deprem ve dinamik etkilerle ilgili jeofizik ölçümlerin ve değerlendirmelerin jeofizik mühendisleri tarafından yürütülmesi güvence altına alınmalıdır.**

Sonuç olarak; TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası olarak, kazık bütünlük testleri ile sismik, akustik ve ultrasonik tahribatsız incelemelerin jeofizik mühendisleri tarafından gerçekleştirilmesi, değerlendirilmesi ve raporlanmasının açıkça düzenlenmesini; Geoteknik Sorumlunun görev tanımının, diğer mühendislik disiplinlerinin ölçüm, araştırma, değerlendirme ve imza yetkilerini ortadan kaldırmayacak biçimde yeniden ele alınmasını; geoteknik arazi karakterizasyonunda uygulanacak jeofizik yöntemler ile bu çalışmalarını yürütecek jeofizik mühendislerinin görev ve sorumluluklarının tanımlanmasını gerekli görüyoruz. Deprem ve dinamik etkilere esas kayma dalgası hızı, dinamik zemin modeli ve diğer jeofizik verilerin jeofizik mühendislerince hazırlanmasının güvence altına alınmasını; boşluklar, dolgu sınırları ve diğer belirsizliklerin araştırılmasında uygun jeofizik yöntemlerin kullanılmasına ilişkin hükümlerin düzenlemeye eklenmesini; jeofizik ölçüm ve veri raporlarının yetkili jeofizik mühendisleri tarafından hazırlanarak imzalanmasını ve geoteknik proje tasarım raporunun ayrılmaz bir parçası olarak kabul edilmesini talep ediyoruz. **Düzenlemenin, jeofizik, jeoloji ve inşaat mühendisliği disiplinlerinin görev, yetki ve sorumluluklarını açık biçimde tanımlayan, mesleki uzmanlık alanlarını koruyan, bilimsel, bütüncül ve çok disiplinli bir anlayışla yeniden değerlendirilmesi gerektiğini düşünüyoruz.**

Kazı destek yapılarında güvenlik; yalnızca taşıyıcı sistem hesabıyla değil, yeraltının doğru araştırılması, güvenilir biçimde modellenmesi, uygulama boyunca ölçülmesi ve farklı mühendislik disiplinlerince birlikte değerlendirilmesiyle sağlanabilir.

Meslek disiplinlerinin bilimsel uzmanlıklarını görünmez kılan düzenlemeler mesleki hak kaybının ötesinde, kamusal denetimi ve yapı güvenliğini de zayıflatmaktadır.

Güvenli kazılar ve güvenli yapılar, ancak bilimin ve ilgili tüm mühendislik disiplinlerinin ortak sorumluluğuyla mümkündür.

**TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası
21. Dönem Yönetim Kurulu**

HABERLER



25-26 Nisan 2026 tarihlerinde yapılan odamız olağan genel kurul toplantısı ve seçimleri sonucu göreve seçile 21. Dönem Kurulları mazbatasını aldı.



TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası olarak, LinkedIn hesabımızı ve WhatsApp Kanalımızı hizmete açtığımızı sizlerle paylaşmaktan memnuniyet duyuyoruz.

Bilim ve tekniğin izinde; jeofizik mühendisliğinin toplumsal, kamusal ve stratejik önemini daha görünür kılmak, mesleğimizin sesini daha geniş kitlelere ulaştırmak ve üyelerimiz, öğrencilerimiz, akademisyenlerimiz, kamu kurumları ile sektör paydaşlarımız arasındaki iletişimi güçlendirmek amacıyla LinkedIn platformunda yerimizi aldık.

Aynı zamanda WhatsApp Kanalımız aracılığıyla da Odamızın faaliyetlerini, duyurularını, etkinliklerini ve güncel gelişmeleri sizlere daha hızlı ve etkin bir şekilde ulaştırmayı hedefliyoruz.

Hesaplarımız üzerinden;

- Odamızın faaliyetlerini,
- Bilimsel ve teknik çalışmalarını,
- Eğitim, seminer ve etkinlik duyurularını,
- Mesleğimizi ilgilendiren güncel gelişmeleri,
- Kamu yararını önceleyen görüş ve açıklamalarımızı

sizlerle paylaşacağız.

TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası'nın tüm resmi iletişim ve sosyal medya hesaplarına aşağıdaki bağlantılardan erişebilirsiniz.

LinkedIn: <https://www.linkedin.com/company/tmmob-jeofizik-muhendisleri-odasi>

Facebook: <https://www.facebook.com/tmmobjfmo>

Instagram: <https://www.instagram.com/tmmobjfmo/>

X: <https://x.com/tmmobjfmo>

WhatsApp Kanalı: <https://whatsapp.com/channel/0029VaevY8qH5JM7aCEsto3D>

YouTube: <https://www.youtube.com/@tmmobjfmo>



Adana Büyükşehir Belediyesi ile TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası arasında; sağlıklı kentleşme, nitelikli yapılaşma ve afetlere dirençli kentlerin oluşturulmasına katkı sunmak amacıyla “Ortak Mesleki Denetim ve Teknik İş Birliği Protokolü” imzalandı.

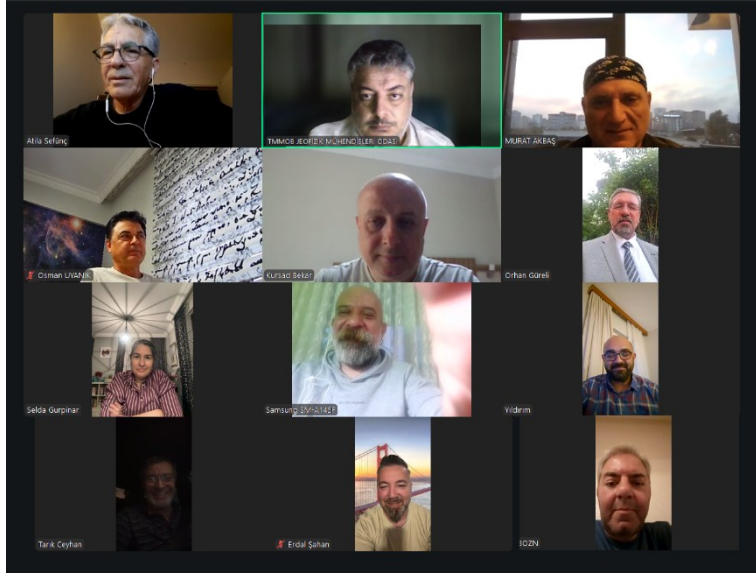
Protokol kapsamında, jeofizik mühendisliği hizmetlerinin bilimsel esaslara ve ilgili mevzuata uygun şekilde yürütülmesi, mesleki denetimin güçlendirilmesi ve yerel yönetim ile meslek örgütü arasındaki teknik iş birliğinin geliştirilmesi hedeflenmektedir.

İmzalanan protokol ile ruhsat süreçlerinde görev alan jeofizik mühendislerine ilişkin Oda Sicil Durum Belgesi ve mesleki yetkinlik denetimlerinin etkin şekilde yürütülmesi, teknik görüş alışverişinin artırılması ve ortak bilimsel etkinliklerin düzenlenmesi sağlanacaktır.

Protokol, kamu yararını esas alan mühendislik hizmetlerinin geliştirilmesi ve Adana'nın daha güvenli, daha dirençli ve daha yaşanabilir bir kent haline gelmesine katkı sunması bakımından önemli bir adım niteliği taşıyacağına inanılmaktadır.

Protokol, Adana Büyükşehir Belediye Başkan Vekili Sayın Güngör Geçer ile TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası 21. Dönem Yönetim Kurulu adına Adana Şube Başkanımız Sayın Emin Pişkin tarafından imza altına alınmıştır.

Sağlıklı kentleşme, nitelikli yapılaşma ve kamu yararını önceleyen mühendislik hizmetlerinin geliştirilmesine katkı sunacağına inandığımız bu iş birliği dolayısıyla, Adana Büyükşehir Belediyesi Başkan Vekili Sayın Güngör Geçer'e ve emeği geçen tüm belediye yetkililerine teşekkür ederiz.



TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası 21. Dönem Onur Kurulu toplantısı gerçekleştirildi.

Değerli hocalarımız ve meslek büyüklerimizle bir araya gelerek, yürütülen faaliyetler, örgütsel gelişim süreci ve geleceğe yönelik hedefler üzerine görüş alışverişinde bulunduk.

Onur Kurulu üyelerimizin bilgi, deneyim ve birikimlerinden yararlanarak yol haritamıza ilişkin değerli önerilerini dinledik ve not ettik.

Toplantımıza katkı sunan tüm hocalarımıza ve meslek büyüklerimize teşekkür ederiz.

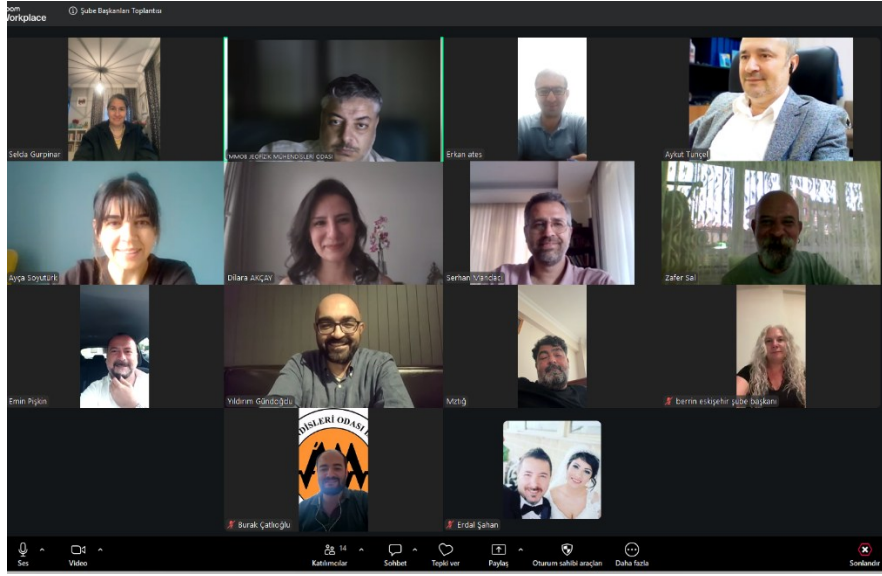


TMMOB 49. Dönem Olağan Genel Kurulu, 5-7 Haziran 2026 tarihleri arasında gerçekleştirildi.

Genel Kurulun; meslek alanlarımızın mücadelesine, bilimin ve tekniğin toplum yararına kullanılmasına katkı sunmasını diliyoruz.

Yeni dönemin TMMOB örgütlülüğünü daha da güçlendirmesini temenni ediyoruz.

Yaşasın TMMOB dayanışması!



TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası Şube Başkanları Toplantısı Gerçekleştirildi.

TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası Şube Başkanları Toplantısı, Şubelerimizin ve Genel Merkezimizin katılımıyla çevrim içi olarak gerçekleştirildi.

Toplantıda; şubelerimiz tarafından yürütülen çalışmalar, Genel Merkez ve şube etkinlikleri, meslek içi eğitim programları, sosyal medya kullanımı ve kurumsal iletişim faaliyetleri kapsamlı biçimde değerlendirildi. Odamızın tüm örgütlü yapılarında ortak bir iletişim dili ve bütünlüklü bir kurumsal yaklaşımın güçlendirilmesine yönelik görüş alışverişinde bulunuldu. Önümüzdeki dönemde gerçekleştirilecek etkinlik ve eğitimlere ilişkin ortak çalışma takvimi oluşturulması konusunda değerlendirmeler yapıldı.

Ayrıca Odamızın mali durumu hakkında ayrıntılı bilgilendirme yapılarak şube başkanlarımızın görüş ve önerileri alındı. Şubelerimizin faaliyet yürüttüğü bölgelerde jeofizik mühendisliği uygulamalarında karşılaşılan sorunlar, mesleki ihtiyaçlar ve çözüm önerileri ele alınarak ortak çalışma başlıkları belirlendi.

Toplantıda, Odamızın örgütsel birliğinin güçlendirilmesi, şubeler ve Genel Merkez arasındaki koordinasyonun artırılması ve mesleğimizin ülke genelinde daha etkin temsil edilmesi konusunda ortak irade ortaya konuldu.



Ülkemiz Diri Fay Haritası Güncellendi

Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü tarafından düzenlenen, beş gün devam edecek 91. Yıl Bilimsel Etkinlikleri Haftası, 22 Haziran 2026 tarihinde gerçekleştirilen açılış programıyla başladı. Program kapsamında, güncellenen Türkiye Diri Fay Haritası kamuoyu ile paylaşıldı.

Ülkemiz Diri Fay Haritası, 2013 yılında yapılan güncellemenin ardından; akademik çalışmalar, yeni saha verileri ve bilimsel araştırmalar ışığında MTA tarafından 2026 yılında yeniden güncellenerek tanıtılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda, haritada yer alan diri fay sayısı 485'ten 700'e yükselmiştir. Bu önemli güncelleme; deprem tehlikesinin daha doğru değerlendirilmesine, jeofizik mühendisliği uygulamalarının geliştirilmesine ve altyapı ile üstyapı yatırımlarının bilimsel verilere dayalı olarak planlanmasına önemli katkılar sağlayacaktır.

Afet risklerinin azaltılması, güvenli yerleşim alanlarının oluşturulması ve sürdürülebilir kalkınmanın sağlanması açısından diri fayların doğru tanımlanması ve izlenmesi büyük önem taşımaktadır.

Açılış programına Odamız adına Yönetim Kurulu Başkanımız Cem Demirel katılım sağlamıştır.

Bu değerli çalışmada emeği geçen Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü başta olmak üzere, akademik camiaya ve katkı sunan tüm kamu kurum ve kuruluşlarına teşekkür ederiz. MTA tarafından güncellenerek yayımlanan Türkiye Diri Fay Haritası'na izleyen bağlantıdan ulaşabilirsiniz. <https://yerbilimleri.mta.gov.tr/anasayfa.aspx>



Staj Programı kapsamında, Mimarlık Bölümü öğrencilere Jeofizik Mühendisliği Uygulamaları konulu bir sunum gerçekleştirildi.

TMMOB Mimarlar Odası İstanbul Büyükşehir Şubesi Kadıköy Temsilciliği tarafından düzenlenen Staj Programı kapsamında, Mimarlık Bölümü öğrencilerine, Yönetim Kurulumuz adına Erdal Şahan tarafından “Afet Zararlarını Azaltmak ve Sürdürülebilir Bir Kent İçin Jeofizik Mühendisliği Uygulamaları” konulu bir sunum gerçekleştirildi.

Sunumda; deprem tehlikesi ve risk azaltma çalışmaları, mevcut bina incelemelerinde jeofizik uygulamaları, heyelan risklerinin belirlenmesi, atık depolama alanlarının yer seçimi, tsunami tehlikesi, gıda güvenliği açısından yeraltı suyu ve zemin ilişkisi, jeomedikal riskler ile yapı ruhsatı sürecinde jeofizik mühendisliğinin rolü ve uygulama aşamaları hakkında katılımcılara kapsamlı bilgiler aktarıldı.

Ayrıca, afetlere dirençli, güvenli ve sürdürülebilir kentlerin planlanması ve inşa edilmesinde mimarlık ile jeofizik mühendisliğinin birlikte çalışmasının önemi vurgulanarak, iki disiplinin birbirini tamamlayan çalışma alanları örnek uygulamalar üzerinden değerlendirildi. Katılımcıların sorularının yanıtladığı sunum, karşılıklı bilgi paylaşımı ve verimli bir fikir alışverişiyle tamamlandı.



Jeofizik Mühendisliği Ailemize Yeni Meslektaşlarımız Katıldı

2026 yılı mezuniyet törenleri kapsamında **Ankara Üniversitesi, İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ), İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa ve Dokuz Eylül Üniversitesi** Jeofizik Mühendisliği Bölümlerinden mezun olan öğrencilerimizin mezuniyet sevincini paylaşmaktan büyük onur duyduk. Odamızın Yönetim Kurulu ve Şube yöneticileri tarafından temsil edildiğimiz törenlerde, genç meslektaşlarımızla bir araya gelinerek kendilerine meslek yaşamlarında başarı dilekleri iletilmiş; mühendislik mesleğinin temelini oluşturan bilimsel yaklaşım, meslek etiği ve toplumsal sorumluluk değerleri çerçevesinde görüşmeler yapılmıştır.

Uzun ve özverili bir eğitim sürecinin ardından jeofizik mühendisliği mesleğine adım atan tüm mezunlarımızı yürekten kutluyoruz. Meslek yaşamınız boyunca bilimin rehberliğinden, meslek etiğinden ve kamu yararı anlayışından ayrılmadan ülkemize değer katacak çalışmalara imza atacağınıza olan inancımız tamdır.

Aramıza katılan tüm genç meslektaşlarımıza hoş geldiniz diyor; yollarının açık, başarılarının daim olmasını diliyoruz. Jeofizik mühendisliği ailesi, sizlerin katılımıyla daha güçlü ve daha umut dolu bir geleceğe yürümektedir.



TMMOB Yönetim Kurulu ile Oda Başkanları Ortak Toplantısı, "TMMOB 49. Dönem Çalışma Programına İlişkin Önerilerin Değerlendirilmesi ile TMMOB ve Oda Çalışmaları" gündemiyle gerçekleştirildi.

Toplantıda, TMMOB'nin 49. Dönem çalışma programına yönelik öneriler değerlendirilirken, Oda çalışmalarına ilişkin görüş alışverişinde bulunuldu ve önümüzdeki döneme ilişkin çalışmalar ele alındı. Toplantıya, Odamız adına Yönetim Kurulu Başkanımız Cem Demirel katılım sağladı.



Bursa Akademik Odalar Birliği Yerleşkesinde Mülkümüzü Satın Aldık

Odamızın mali bakımdan uzun vadeli planlamaları ve kurumsal yatırım politikası doğrultusunda, gerekli mali analizler tamamlanmış; **tüm hukuki ve idari süreçler eksiksiz şekilde yürütülerek, TMMOB tarafından verilen yetki belgesinin alınmasının ardından** Bursa Akademik Odalar Birliği Yerleşkesi (BAOB) içerisinde Bursa Şubemizin kiracı olarak faaliyet gösterdiği ofisin mülkiyeti Odamız adına satın alınmıştır.

Şeffaf, hesap verebilir ve planlı mali yönetim anlayışımız doğrultusunda, bundan önce olduğu gibi bundan sonra da Odamızın mali durumunu belirli aralıklarla üyelerimizle paylaşmayı; **üyelerimizin emanet ettiği her bir kuruşu, kamu yararı ve mesleğimizin geleceği doğrultusunda etkin, verimli ve sürdürülebilir bir anlayışla değerlendirmeyi kararlılıkla sürdüreceğiz.**

Meslek örgütümüze hayırlı olsun.



TMMOB'nin unutulmaz Başkanı Teoman Öztürk'ü, aramızdan ayrılışının 32. yıl dönümünde; ailesi, dostları, yol arkadaşları ve meslektaşlarının katılımıyla anıt mezarı başında düzenlenen törende saygı, özlem ve minnetle andık.

Yaşamı boyunca emekten, bilimden, teknikten ve kamu yararından yana ortaya koyduğu kararlı duruşu ile meslek örgütlülüğüne kazandırdığı değerler bugün de yolumuzu aydınlatmaya ve mücadelemize ilham vermeye devam etmektedir. Anısını saygıyla yaşıyor, örgütlü mücadeleye sunduğu unutulmaz katkıları bir kez daha minnetle anıyoruz.



TMMOB Bursa İl Koordinasyon Kurulu Kadın Çalışma Grubu tarafından düzenlenen "TMMOB'un Kadın Başkanları" panelinde, TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası Bursa Şubemiz etkin bir şekilde katılım sağlamıştır.

Panelde, Bursa Şube Yönetim Kurulu Başkanımız **Ayça Soyutürk** konuşmacı olarak yer alarak mesleğimizin farklı çalışma alanlarını, kadın mühendislerin meslek örgütlerindeki temsilini ve yöneticilik deneyimlerini katılımcılarla paylaşmıştır.

Etkinliğe, TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası Yönetim Kurulu Başkanımız Cem Demirel ile Yönetim Kurulu Üyemiz N. Yıldırım Gündoğdu da katılım sağlamıştır.

Kadın mühendislerin mesleki yaşamda, karar alma mekanizmalarında ve meslek örgütlerindeki etkin rolünün vurgulandığı bu değerli organizasyonda emeği geçen TMMOB Bursa İl Koordinasyon Kurulu Kadın Çalışma Grubu'na, panelistlere ve tüm katılımcılara teşekkür eder; toplumsal cinsiyet eşitliği temelinde daha güçlü bir meslek örgütlülüğü için yürütülen çalışmaları desteklemeyi sürdüreceğimizi kamuoyunun bilgilerine sunarız.



40th ESC 2026

GENERAL ASSEMBLY OF THE EUROPEAN SEISMOLOGICAL COMMISSION

Odamız, 40. kez düzenlenen ESC2026'nın resmi destekçileri arasında yerini almıştır.

<https://www.esc2026.org/>

Odamız, 40. kez düzenlenen ESC2026'nın resmi destekçileri arasında yerini almıştır.

Avrupa Sismoloji Komisyonu'nun 40. Genel Kurulu (ESC2026 – 40th General Assembly of the European Seismological Commission), 6-11 Eylül 2026 tarihleri arasında İstanbul'da gerçekleştirilecektir. (<https://www.esc2026.org/>)

Sismoloji ve deprem bilimleri başta olmak üzere; jeofizik mühendisliği, kuvvetli yer hareketi, sismik tehlike değerlendirme, deprem gözlem sistemleri, yer bilimleri, afet risklerinin azaltılması, deprem mühendisliği ve yapısal dayanıklılık alanlarında çalışan araştırmacıları, mühendisleri, kamu kurumlarını, sektör temsilcilerini ve karar vericileri bir araya getirecek olan ESC2026, uluslararası düzeyde önemli bir bilimsel bilgi paylaşımı ve iş birliği platformu niteliği taşımaktadır.

ESC2026'nın; üyelerimiz, meslektaşlarımız, akademisyenlerimiz, araştırmacılarımız, öğrencilerimiz ile jeofizik alanında faaliyet gösteren kamu kurumları, özel sektör kuruluşları ve sektör paydaşları için önemli bir bilimsel paylaşım, uluslararası iş birliği ve mesleki görünürlük fırsatı sunacağına inanıyoruz.

Odamız, önümüzdeki dönemde de ulusal ve uluslararası bilimsel iş birliklerini güçlendirmeye, mesleğimizin gelişimine katkı sunacak ortak çalışmalarını desteklemeye ve jeofizik mühendisliğinin uluslararası alandaki temsilini daha da ileri taşımaya devam edecektir.



Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) ve Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı (TPAO)'nda staj yapan öğrencilerimiz Odamızı ziyaret etti.

Berat Utku Çiçek, Muhammet İzzet Şahin, Behlül Demir, Furkan Çetin, Cansın Yelman, Zehra Ekmekçi, Egemen Özkan, İpek Güler, Selen Yağmur Coşkun, Ferat Küçükaçar, Umut Yılmaz ve Şerafettin Can Çepni'ye eğitim yaşamlarında ve sonrasındaki meslek hayatlarında başarılar diliyoruz.

Gelecekte, aynı mesleğin çatısı altında kamu yararı ve bilimsel değerler doğrultusunda omuz omuza çalışma fırsatı bulmayı temenni ediyoruz.



TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odasından Olarak Üniversite Adaylarına Çağrımız

Bilimin ve tekniğin ışığında, insanlığın binlerce yıldır sürdürdüğü doğayı anlama, anlamlandırma ve onun yasalarıyla uyumlu bir yaşam kurma çabasının bugünkü temsilcileri **Jeofizik Mühendisleridir**.

Dinamik yükler altında zeminin davranışının belirlenmesinden güvenli yapılaşmaya, petrol ve doğal gaz aramalarından maden yataklarının araştırılmasına, yer altı suyu ve jeotermal kaynakların keşfinden arkeolojik mirasın zarar verilmeden ortaya çıkarılmasına kadar pek çok alanda ülkemize ve insanlığa katkı sunmaktadır. Bugün güvenli kentlerin planlanmasında, enerji kaynaklarının araştırılmasında, doğal kaynakların yönetiminde ve kültürel mirasın korunmasında jeofizik mühendisliği vazgeçilmedir.

Bilimsel merakı, analitik düşünmeyi ve doğayı keşfetmeyi meslek edinmek; ülkemizin geleceğine bilgi ve emekle katkı sunmak istiyorsanız, sizleri Jeofizik Mühendisliği ailesine davet ediyoruz.

Bölümlerimiz hakkında ayrıntılı bilgi almak için üniversitelerimizi ve tercih döneminde kampüslerde kurulan tanıtım stantlarımızı ziyaret edebilirsiniz.

Sizleri doğayı bilimsel bilgiyle yorumlayan ve ülkemizin geleceğine değer katan jeofizik mühendisleri arasında görmekten mutluluk duyacağız.

ETKİNLİKLER



Jeofizik Mühendisliği Öğrenci Zirvesi 2026

13-15 Mayıs tarihlerinde, İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ) ev sahipliğinde; İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Ankara Üniversitesi ve Dokuz Eylül Üniversitesi öğrencilerinin katılımıyla “Jeofizik Öğrenci Zirvesi” başarıyla gerçekleştirilmiştir.

Bu anlamlı zirvede; 100’den fazla öğrenci, kamu, sektör temsilcileri, Jeofizik Mühendisliği bölümü akademisyenlerimiz, İTÜ Maden Fakültesi Dekanı Sayın Prof. Dr. Mustafa Kumral ve **Odamızı temsilen Cem Demirel, Erdal Şahan ve N. Yıldırım Gündoğdu yer almıştır.**

Zirvenin ilk gününde gerçekleştirilen açılış konuşmalarının ardından iki gün boyunca kamu kurumları ve sektör temsilcileri öğrencilerimize yönelik sunumlar gerçekleştirmiştir. Düzenlenen panel kapsamında öğrencilerimiz, dört üniversitemizin bölüm başkanlarına doğrudan sorular yöneltme fırsatı bulmuştur. Ayrıca mülakat simülasyonları ve AFAD Deprem Tırı deneyimleri ile öğrencilerimiz mesleki açıdan önemli kazanımlar elde etmiştir.

Dört üniversitenin öğrencileri tarafından büyük ölçüde bağımsız bir irade, emek ve cesaretle organize edilen bu zirve; hepimiz için büyük bir gurur ve umut kaynağı olmuştur.

Başta öğrenci kulübü/topluluğu başkanlarımız **Senem Akçay, Zehra Eda Başol, Umut Yılmaz ve Hamdi Bilal Telci** olmak üzere, emeği geçen tüm öğrencilerimize ve meslektaşlarımıza en içten sevgi ve saygılarımızı sunuyoruz.

Jeofizik Mühendisleri Odası olarak öğrencilerimizle daha fazla birlikte üretmek, daha güçlü bir gençlik dayanışması oluşturmak ve genç meslektaşlarımızın karar süreçlerinde daha etkin yer almasını sağlamak amacıyla “**JFMO Genç (Gençlik Meclisi)**” projemizi en kısa sürede hayata geçireceğiz.

Öğrencilerimizin her biri bu cihanının eşsiz birer parçasıdır, mesleğimizin ve ülkemizin geleceğinde söz sahibi olacak iradelerdir.

Değerli öğrencilerimiz; azminizle, heyecanınızla ve biriktireceğiniz deneyimlerle mesleğimizin geleceğini taşıyacağınıza inanıyor, **o geleceği sizlere emanet edeceğimiz günleri umutla bekliyoruz...**



10. Yer Elektrik Çalıştayı

13-15 Mayıs tarihleri arasında, Trakya Üniversitesi Doğal Afet Yönetimi Araştırma ve Uygulama Merkezi Müdürlüğü tarafından, Prof. Dr. Mehmet Ali Kaya başkanlığında düzenlenen “**10. Yer Elektrik Çalıştayı**” başarıyla gerçekleştirilmiştir. Yönetim Kurulumuz adına **Cem Demirel ve Erdal Şahan** çalıştaya katılmışlardır.

Elektrik ve elektromanyetik yöntemler alanında çalışan lisans ve lisansüstü öğrencilerimizin yanı sıra; kamu kurumları, özel sektör ve üniversitelerden akademisyenlerin yoğun katılım gösterdiği çalıştay kapsamında toplam **45 bilimsel bildiri sunulmuştur**.

Mesleki bilgi ve deneyim paylaşımının gerçekleştirildiği, güncel bilimsel gelişmelerin tartışıldığı ve geleceğe yönelik vizyonun değerlendirildiği bu değerli organizasyon; jeofizik camiasının farklı bileşenlerini aynı çatı altında buluşturmuştur. Çalıştay boyunca gerçekleştirilen oturumlar, teknik tartışmalar ve karşılıklı fikir alışverişleri, mesleğimiz adına önemli bir bilimsel dayanışma ortamı oluşturmıştır.

Ayrıca çalıştayın kapanış oturumunda, **11. Yer Elektrik Çalıştayı'nın Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi ev sahipliğinde, Prof. Dr. Emin Ulugergerli başkanlığında** düzenlenmesine oy birliğiyle karar verilmiştir. Hocamıza ve düzenleme kuruluna şimdiden başarılar diliyor; dayanışma içerisinde katkı sunmaya devam edeceğimizi ifade ediyoruz.

Bu değerli organizasyonun gerçekleştirilmesinde emeği bulunan başta Düzenleme Kurulu Başkanı Prof. Dr. Mehmet Ali Kaya olmak üzere; Doç. Dr. Musa Uludağ, Doç. Dr. Tülay Demiralay, Dr. Öğr. Üyesi Tolga Demirhan, Talih Erdinç, Prof. Dr. Ertan Pekşen, Prof. Dr. İrfan Akca, Doç. Dr. Aykut Tunçel, Doç. Dr. İsmail Kaplanvural, Dr. Öğr. Üyesi Özlem Hacıoğlu, Dr. Olcay Çakmak, Dr. Özcan Özyıldırım, Dr. Hilal Alemdağ ve Jeofizik Yüksek Mühendisi Elif Çiftçi'ye teşekkür ederiz.

ÖZEL GÜNLER



19 Mayıs Atatürk'ü Anma Gençlik ve Spor Bayramı Kutlu Olsun

19 Mayıs 1919, emperyalizmin kuşatmasına karşı başkaldırının ve tam bağımsızlık mücadelesinin en büyük adımlarından birisidir.

Büyük Önder Mustafa Kemal Atatürk'ün öncülüğünde yakılan bu meşale, özgürlük ve onur mücadelemizi büyötmüş; Cumhuriyetimizin sarsılmaz temelini oluşturmuştur

Jeofizik Mühendisleri olarak; akıllı, bilimi ve tekniği rehber edinen mesleki sorumluluğumuzla, Atatürk ilke ve devrimleri doğrultusunda, tam bağımsız, demokratik ve çağdaş bir Türkiye için kararlılıkla çalışmayı sürdüreceğiz.

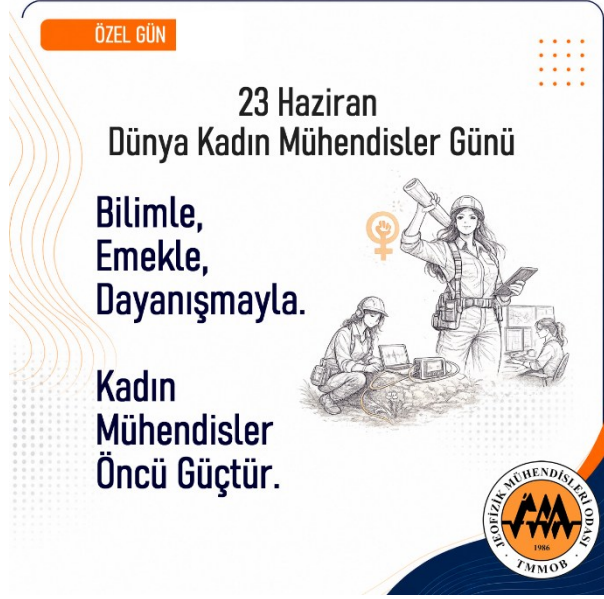
Yaşasın tam bağımsız Türkiye!



5 Haziran Dünya Çevre günü

TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası olarak; suyun, toprağın, hayvanların ve tüm yaşam alanlarının; doğanın; piyasa ilişkilerine ve rant politikalarına teslim edilmesine karşı çıkmayı, doğal varlıkların toplum yararına korunmasını ve gelecek kuşaklara aktarılmasını temel bir sorumluluk olarak görüyoruz. Bilimsel gerçekleri göz ardı eden, doğal kaynakları tüketime ve ranta açan anlayışların karşısında; çevreyi, yaşamı ve geleceği savunmayı mesleki olduğu kadar toplumsal bir görev olarak görüyoruz. Vahşi madencilğe, su kaynaklarının kontrolsüz kullanımına, ekolojik dengeleri bozan uygulamalara ve doğal yaşam alanlarının tahrip edilmesine karşı; bilimin, kamu yararının ve toplumsal sorumluluğun yanında olmaya devam edeceğiz.

Sağlıklı ve nitelikli bir çevrede yaşamak temel bir insan hakkıdır. Bu hakkın korunması için bilimin ışığında, kamu yararını esas alan politikalar doğrultusunda mücadelemizi sürdüreceğiz; doğanın ve yaşamın yanında olmaya devam edeceğiz.

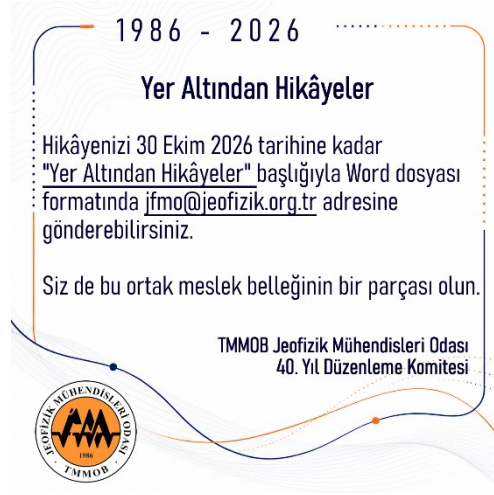


23 Haziran – Dünya Kadın Mühendisler Günü

Bilimin ışığını sahaya taşıyan, mühendislik bilgisini emek, özveri ve kararlılıkla toplumun hizmetine sunan tüm kadın mühendislerin **Dünya Kadın Mühendisler Günü** kutlu olsun.

Jeofizik Mühendisleri Odası olarak; mühendislikte fırsat eşitliğini, bilimsel üretimi ve dayanışma kültürünü güçlendiren tüm kadın meslektaşlarımızın yanında olmaya devam edeceğiz. Bilimin rehberliğinde, emeğin değer gördüğü ve kadınların her alanda eşit temsil edildiği bir gelecek için çalışan tüm kadın mühendislerimizin bu anlamlı gününü saygı ve gururla kutluyor; mesleğimize ve ülkemize sundukları değerli katkılar için teşekkür ediyoruz.

BİLİMİN İZİNDE 40. YIL



Yer Altından Hikâyeler

Mesleğimiz; dağ başında kurulan istasyonlarda, çamurun içinde alınan ölçümlerde, gecenin üçünde giderilen arızalarda, öğrencilik yıllarının yokluklarında ve sahada omuz omuza verilen emekle yazılan sayısız hikâyeye bugünlere ulaştı.

Sahada yıllarını vermiş meslektaşlarımızın deneyimlerini, unutulmayan arazi anılarını, öğrencilikten meslek yaşamına uzanan mücadelelerini, mesleğimizin gelişimine tanıklık eden anılarını ve dayanışmanın izlerini yazılı olarak kayıt altına almak istiyoruz.

TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odasının 40. yılında, meslektaşlarımızın kaleminden çıkan bu değerli anlatıları bir araya getirerek ortak meslek belleğimize kalıcı bir eser kazandırmayı ve 40. Yıl Resepsiyonumuzda üyelerimizle buluşturmayı amaçlıyoruz.

Hikâyenizi **30 Ekim 2026** tarihine kadar **"Yer Altından Hikâyeler"** başlığıyla Word dosyası formatında **jfmo@jeofizik.org.tr** adresine gönderebilirsiniz.

Siz de bu ortak meslek belleğinin bir parçası olun.

TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası
40. Yıl Düzenleme Komitesi



Logo Yarışması

Odamızın 40. kuruluş yılı kapsamında gerçekleştirilecek tüm etkinliklerde, basılı ve dijital yayınlarda kullanılmak üzere hazırlanacak 40. Yıl Logosunu birlikte tasarlıyoruz.

İster kara kalem, ister suluboya, ister dijital tekniklerle hazırlayacağınız özgün logo tasarımınızı; logonun tasarım fikrini anlatan en fazla bir sayfalık kısa hikâyesi ile birlikte **15 Ekim 2026** tarihine kadar jfmo@jeofizik.org.tr adresine "**logo yarışması**" konu başlığı göndererek yarışmaya katılabilirsiniz.

Siz de bu ortak meslek belleğinin bir parçası olun.

TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası
21. Dönem Yönetim Kurulu

SPEKÜLASYONDAN BİLGİYE: DÜNYA'NIN ÇEKİRDEĞİNİN KEŞFİ

Cem DEMİREL, Yük. Müh.
e-posta: cemdemirel@dsi.gov.tr

Giriş

İnsanlık, var olduğu ilk günden bu yana yaşadığı evreni anlamaya çalıştı. Antik çağ filozofları gök cisimlerinin hareketlerini açıklamaya, Dünya'nın biçimini ve insanın evrendeki yerini sorgulamaya çalışırken; Thales, Aristoteles, Eratosthenes, Batlamyus ve daha sonra Kopernik, Kepler, Galileo ile Newton gibi bilim insanları doğanın işleyişini gözleme ve matematikle açıklamaya yönelik büyük adımlar attılar. İnsan aklı, yıldızların uzaklığını hesaplamayı, gezegenlerin hareketlerini öngörmeyi ve Dünya'nın boyutlarını şaşırtıcı bir doğrulukla belirlemeyi başarmıştı. 20. yy. başlarında bütün bu ilerlemelere rağmen, insanlığın üzerinde yaşadığı gezegenin yalnızca birkaç kilometre altı hâlâ büyük bir bilinmez olarak varlığını sürdürüyordu. İşte bu nedenle jeofiziğin en büyük başarı öykülerinden biri, depremlerin ürettiği dalgaları kullanarak Dünya'nın içini "görebilmeyi" başarmasıdır. Bugün çekirdeğin varlığını doğal kabul ediyorsak, bu bilgi deprem dalgaları sayesinde elde edilen bilim tarihinin en etkileyici keşiflerinden birinin sonucudur.

İnsan, gezegenin merkezine ulaşamaz; oradan örnek alamaz ve orada hüküm süren basınç ile sıcaklığı laboratuvarda bütünüyle yeniden oluşturamazdı. Bu nedenle Dünya'nın iç yapısına ilişkin görüşler yüzyıllar boyunca gözlemden çok kuramsal tasarımlara dayanmıştı. Gezegenin merkezi kimi zaman ateşle dolu bir boşluk, kimi zaman erimiş bir kütle, kimi zaman katı bir küre, kimi zaman da yüksek basınç altında sıkışmış gazlardan oluşan bir bölge olarak düşünülmüştü.

1906 yılında İngiliz sismolog **Richard Dixon Oldham**, bu tartışmanın niteliğini değiştiren bir makale yayımladı. *The Constitution of the Interior of the Earth, as Revealed by Earthquakes* başlıklı çalışma, Dünya'nın merkezinde fiziksel özellikleri çevresinden belirgin biçimde farklı bir bölge bulunduğunu deprem dalgalarının seyahat sürelerinden hareketle ortaya koyuyordu.

Oldham'ın çalışması, çekirdeğe ilişkin bütün ayrıntıları çözmemişti; fakat Dünya'nın merkezinde ayrı bir "çekirdek" bulunduğunu gözlemsel bir probleme dönüştürmüş ve Dünya'nın derin iç yapısının sismik dalgalarla araştırılabileceğini güçlü biçimde göstererek modern küresel sismolojinin kuruluşundaki temel adımlardan birini atmıştı. Makale, 1906 yılında *Quarterly Journal of the Geological Society* dergisinin 62. cildinde yayımlandı. Oldham'ın çalışması bütünüyle boş bir düşünsel alanda ortaya çıkmadı. Dünya'nın ortalama yoğunluğunun yüzey kayaçlarından çok daha büyük olduğunun bilinmesi, gezegenin derinlerinde daha yoğun maddelerin bulunması gerektiği fikrini uzun süredir besliyordu. Emil Wiechert 1897'de metalik bir çekirdek modeli önermiş, Oldham da 1900 yılında sismik dalgaların merkezi bir bölgede ani hız değişimleri gösterebileceğine dikkat çekmişti. 1906 çalışmasının tarihsel önemi, çekirdek fikrini ortaya atan ilk çalışma olmasından çok, bu fikri deprem kayıtlarından türetilen gözlemsel bir probleme dönüştürmesiydi.

Oldham makalesine bilim tarihi açısından son derece dikkat çekici bir belirlemeyle başlar: Dünya'nın hiçbir bölgesi, ayaklarımızın altındaki derinlikler kadar spekülasyona davetkâr değildir; fakat hiçbir alanda spekülasyon bu kadar tehlikeli de değildir. O tarihte Dünya'nın büyüklüğü, biçimi ve ortalama yoğunluğu biliniyor; yoğunluğun merkeze doğru artması ve derinlerde sıcaklığın yüksek olması gerektiği düşünülüyordu. Ancak bunların ötesinde, gezegenin iç yapısı hakkında güvenilir bilgi son derece sınırlıydı.

Bu giriş, yalnızca retorik bir başlangıç değildir. Aynı zamanda bilginin sınırlarını belirleyen bilim felsefi bir tutumdur. Oldham, yeni bir Dünya modeli ileri sürmekten önce, hangi önermelerin gözleme dayandığını ve hangilerinin varsayım olduğunu ayırmaya çalışır. Nitekim makalesinin amacını, mevcut spekülasyonlara bir yenisini eklemek olarak görmeyip, sismograf sayesinde Dünya'nın içini kısmen "spekülasyon alanından bilgi alanına" taşımak olarak tanımlar.

Oldham'ın kullandığı benzetme, jeofiziğin doğasını anlatan en etkili ifadelerden biridir. Spektroskop nasıl uzak yıldızlara gidilmeden onların bileşimi hakkında bilgi sağlıyorsa, sismograf da uzak depremlerin insanlar tarafından hissedilemeyecek kadar küçük hareketlerini kaydederek Dünya'nın içine bakmayı mümkün kılmaktadır. Ona göre bu yöntem, belirli sınırlar içinde, gezegenin içinden bir tünel açıp geçtiğimiz malzemelerden örnek almak kadar güçlü bir araştırma aracı olabilirdi.

Dağınık Deprem Kayıtları ve Bilimsel İhtiyat

Oldham'ın elinde bugünkü anlamda küresel, standart ve sayısal bir sismoloji ağı yoktu. Farklı ülkelerde bulunan mekanik sismografların kayıtları, zaman ölçümündeki sorunlar, cihazların duyarlılık farkları ve deprem başlangıç zamanlarının belirsizliği araştırmayı güçleştiriyordu.

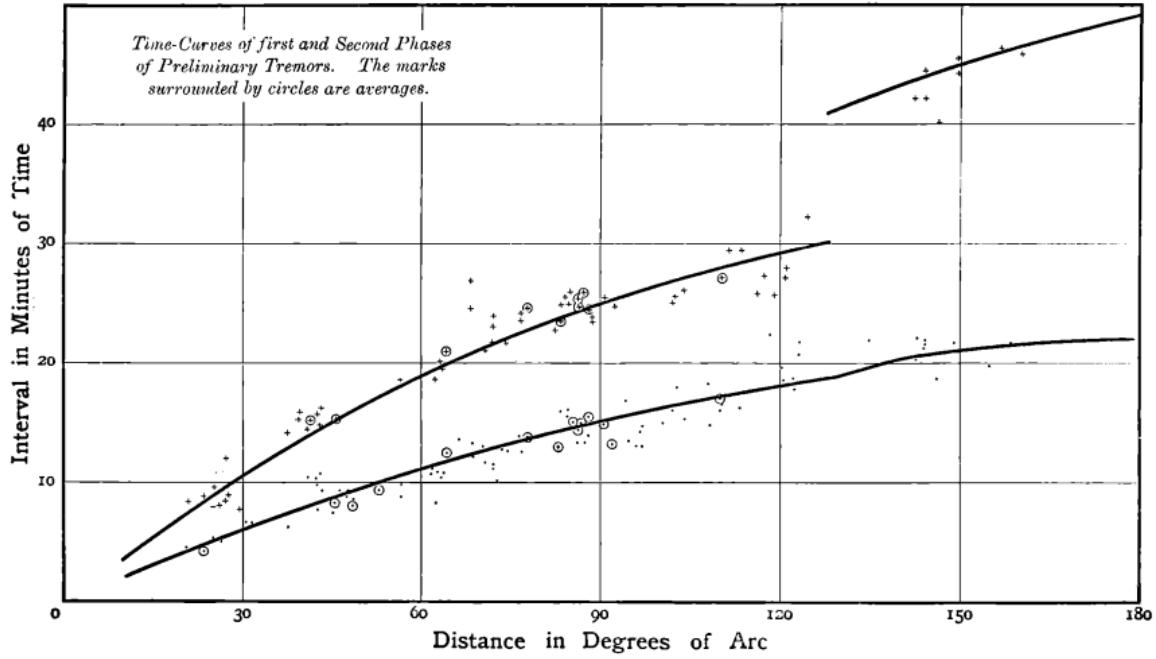
Bu nedenle Oldham, kullanacağı verileri dikkatle seçti. Yeri ve başlangıç zamanı yeterli doğrulukta belirlenebilen, ayrıca uzak istasyonlarda tam kayıt oluşturacak kadar büyük olan depremlere yöneldi. Bu ölçütleri karşılayan yalnızca on dört depremi incelemesine aldı. Kullanılan olaylar Japonya, Arjantin, Hindistan, Filipinler, Guatemala, Alaska ve Ceram gibi farklı bölgelerde meydana gelmişti.

Bu veri kümesi bugünün ölçütleriyle küçüktü. Ancak Oldham'ın çalışmasının gücü, verilerin sayısından çok onları ele alış biçiminden geliyordu. Kayıtlarda bir fazın başlangıcı yavaş gelişebiliyor, aynı sismogram farklı kişiler tarafından bir dakikadan fazla farkla okunabiliyor veya yerel bir titreşim uzak depremin başlangıcı sanılabiliyordu. Oldham bu belirsizlikleri açık biçimde tartıştı; sıra dışı erken ya da geç kayıtları dışladı ve mümkün olduğunca tek tek gözlemler yerine çok sayıda kaydın ortalamalarını kullandı.

Bilim tarihi açısından önemli olan nokta şudur: Oldham, verinin kusursuz olmasını beklemedi. Kusurları saklamak yerine tanımladı, hata kaynaklarını sınıflandırdı ve belirsizliği azaltacak bir yöntem geliştirdi. Bilimsel nesnellik burada hatanın farkında olmaktan, onu görünür kılmaktan ve sonuç üzerindeki etkisini denetlemekten doğuyordu.

Varış Eğrilerindeki Kırılmalar ve Yöntem

Oldham farklı depremlerden elde edilen birinci ve ikinci faz varış zamanlarını, deprem merkezinden açısız uzaklığa göre bir araya getirdi. Makaledeki en önemli şekillerden biri olan zaman-uzaklık grafiğinde (Görüntü 1), yatay eksen merkez üssünden derece cinsinden uzaklık, dikey eksen ise dalgaların seyahat süresi yer alıyordu. Grafikte tekil gözlemler ile grup ortalamaları birlikte gösterilmiş ve iki faz için ortalama seyahat zamanı eğrileri çizilmişti.



Görüntü 1. Oldham'ın zaman-uzaklık grafiği

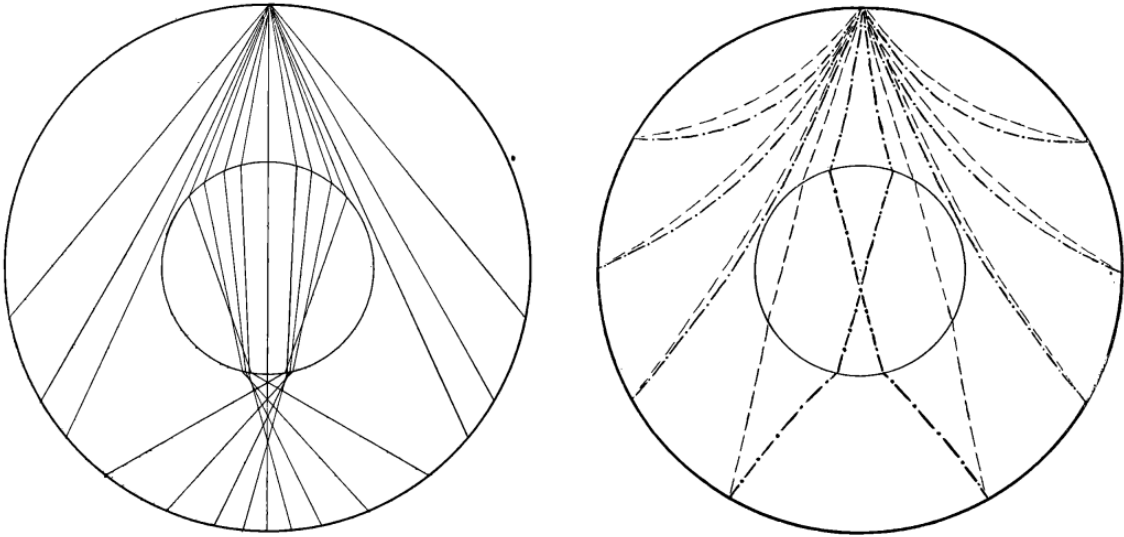
Yaklaşık 120 dereceye kadar iki eğrinin genel biçimi birbirine benziyordu. Dalgalar daha uzak istasyonlara ulaşırken Dünya'nın daha derin kesimlerinden geçiyor ve görünür hızları artıyordu. Bu durum, dalga hızının derinlikle değiştiğini ve sismik hızın derinlikle değişmesi nedeniyle ışın yollarının Dünya içinde eğrisel hale geldiğini; keskin fiziksel sınırların ise dalgaların belirgin biçimde kırılmasına yol açtığını gösteriyordu. Oldham, dalga yollarındaki biçim değişiminin farklı derinliklerdeki yoğunluk ve elastik özellikler hakkında bilgi sağladığını açıkça ortaya koydu.

Fakat yaklaşık 120 dereceden sonra iki fazın davranışı belirgin biçimde ayrılıyordu. Özellikle ikinci fazda, yaklaşık 150 derecelik uzaklıklarda ortalama görünür hızın saniyede 6 kilometrenin üzerindeki değerlerden yaklaşık 4,5 kilometreye düştüğü görülüyordu. Oldham'a göre bunun en açık açıklaması, daha derine inen dalgaların merkezde bulunan ve bu dalgaları çok daha yavaş ileten farklı bir ortamın içine girmesiydi. Oldham, aslında bugün **P (Primary)** ve **S (Secondary)** olarak adlandırdığımız cisim dalgalarının dünyanın farklı noktalarındaki kayıtlarını karşılaştırmıştı.

Aslında çalışmaları sırasında dikkat çekici bir durumla karşılaştı:

- P dalgaları beklenenden daha geç ulaşıyordu.
- S dalgaları ise belirli uzaklıklardan sonra hiç kaydedilmiyordu.

Bu sistematik davranışın Oldham'a göre en güçlü açıklaması, Dünya'nın merkezinde dalga hızlarının çevresindeki bölgeden belirgin biçimde farklı olduğu büyük bir bölgenin bulunmasıydı. Dünya'nın merkezinde, çevresinden fiziksel özellikleri tamamen farklı olan büyük bir bölge bulunuyordu. Makalenin 15. ve 16. sayfalarında verilen ışın yolu çizimleri (Görüntü 2), bu çıkarımların görsel ifadesidir. Oldham, farklı açılarla Dünya'nın içine giren dalgaların merkezî bölgeye ulaştığında güçlü biçimde kırıldığını ve yüzeye farklı noktalardan çıktığını gösterir.



Şekil 2. Oldham'ın ışın yolu çizimleri

Başka bir deyişle, sismogramlarda görülen gecikme yalnızca cihaz hatası veya rastlantısal bir düzensizlik değildi. Dalgalar, Dünya'nın içinde fiziksel özellikleri çevresinden köklü biçimde farklı bir bölgeyle karşılaşıyordu.

Oldham bu bölgeyi **merkezî çekirdek** olarak tanımladı.

Oldham'ın makalesindeki en dikkat çekici ifadelerden biri şudur: "Modern sismograf artık Dünya'nın iç yapısını spekülasyon alanından çıkarıp bilgi alanına taşımaktadır."

Oldham'ın muhakemesi, doğrudan gözlem ile kuramsal çıkarımın nasıl birleştiğini gösteren klasik bir örnektir. Araştırmacı çekirdeği görmemişti. Elinde derinlikten alınmış örnekler de yoktu. Ölçebildiği şey, depremin oluş zamanı ile dalganın belirli bir istasyona ulaşma zamanı arasındaki farktı.

Fakat dalgaların yayılması fizik yasalarına tabiydi. Bir dalga, hızı farklı bir ortama girdiğinde ışığın cam veya su içinde kırılmasına benzer biçimde yön değiştirir. Bu nedenle seyahat süreleri ve dalganın yüzeye çıktığı uzaklık bilindiğinde, dalga yolunun geçtiği ortam hakkında çıkarım yapılabilirdi.

Sonuç

Oldham'ın 1906 tarihli çalışması yalnızca Dünya'nın çekirdeğinin keşfi dolarak görülmemelidir, aynı zamanda bilimin görünmeyeni nasıl görünür kıldığına ilişkin en etkileyici örneklerden biridir. Çünkü çekirdek hiçbir zaman doğrudan gözlenmedi. Ona ulaşamadı, görülemedi ve örnek alınamadı. Buna rağmen depremlerin ürettiği dalgaların Dünya içerisindeki yolculuğu, insan aklının doğrudan erişemediği bir yapıyı bilimsel bilgiye dönüştürdü. Oldham'ın başarısı, farklı kıtalardaki sismografların kaydettiği düzenli sapmaların aynı fiziksel gerçekliğe işaret ettiğini gösterebilmesiydi. Böylece çekirdek, önce maddi bir cisim olarak değil, ölçümlerde tekrar eden bir düzenlilik, başka bir ifadeyle verilerin içinde saklı bir zorunluluk olarak ortaya çıktı.

Oldham'ın sismogramlarda gördüğü gecikmeler, kaybolan S dalgaları ve beklenmedik seyahat süreleri ilk bakışta ölçüm hatası olarak yorumlanabilirdi. O ise bu düzensizliklerin rastlantısal olmadığını, Dünya'nın derinliklerinde bulunan büyük bir fiziksel süreksizliğin izleri olduğunu kavradı. Bilim felsefesinin "en iyi açıklamaya çıkarım" (*inference to the best explanation*) olarak adlandırdığı yöntem tam da burada işler: Gözlenemeyen bir varlık, onu varsaymadan açıklanamayan gözlemler sayesinde bilimsel gerçeklik kazanır. Oldham'ın çekirdeği keşfi, görünmeyeni zorunlu kılan kanıtların keşfidir.

Jeofiziğin bilim tarihindeki ayrıcalıklı konumu da burada ortaya çıkar. Jeofizik, yeraltını doğrudan görmez; fakat doğanın bıraktığı izleri fizik kuralları ile okuyarak görünmeyi sınanabilir bilgiye dönüştürür. Bir sismik dalga'nın birkaç dakikalık gecikmesi, yerçekimindeki birkaç miligallik değişim ya da manyetik alandaki birkaç nanotesla'lık sapma, tek başına yalnızca bir ölçümdür. Ancak kuramsal bir çerçeve içinde değerlendirildiğinde bu küçük farklılıklar, binlerce kilometre derindeki yapılara açılan birer pencereye dönüşür. Bu nedenle jeofizik aynı zamanda **ölçülebilir etkilerden hareketle görünmeyen gerçeklikleri kuran ve sürekli sınayan bir bilgi üretme biçimidir**. Oldham'ın çalışması, bu epistemolojik yaklaşımın en erken ve en güçlü örneklerinden biri olarak bilim tarihinde özel bir yere sahiptir.

Kaynaklar

Brush, S. G. (1980). Discovery of the Earth's core. *American Journal of Physics*, 48 (9), 705–724.
<https://doi.org/10.1119/1.12026>

Lehmann, I. (1936). P'. *Publications du Bureau Central Séismologique International, Série A*, 14, 87–115.

Oldham, R. D. (1906). The constitution of the interior of the Earth, as revealed by earthquakes. *Quarterly Journal of the Geological Society*, 62, 456–475.

Oldham, R. D. (1900). On the propagation of earthquake motion to great distances. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A*, 194, 135–174. <https://doi.org/10.1098/rsta.1900.0015>

Shearer, P. M. (2019). *Introduction to Seismology (3rd ed.)*. Cambridge University Press.

Tkalčić, H. (2017). *The Earth's Inner Core: Revealed by Observational Seismology*. Cambridge University Press.

Soruların cevaplarını bul, bulduğun cevapları ızgarada işaretle.

Doğru çözümü jfmo@jeofizik.org.tr'ye gönder. İlk 3 kişiden biri ol, sürpriz hediyeni al !

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	S	M	İ	K	R	O	T	R	E	M	Ö	R	İ	E	T	İ	V	A	R	G
2	J	M	L	S	R	T	Ç	Z	S	Ü	K	N	A	N	O	T	E	S	L	A
3	Ü	E	E	I	M	E	İ	J	S	H	İ	I	Ç	N	E	R	İ	D	Z	Ö
4	İ	M	T	V	Z	M	Y	K	İ	E	T	S	İ	S	M	O	L	O	J	İ
5	T	E	K	I	E	E	A	H	S	N	E	I	I	M	Ç	I	Ü	Z	N	N
6	A	L	E	L	M	L	F	U	M	D	Y	P	S	A	İ	R	L	I	A	I
7	Ş	L	N	A	İ	K	U	Y	İ	İ	N	A	A	S	S	A	I	H	L	R
8	I	E	L	Ş	N	A	D	U	K	S	A	Y	G	W	İ	D	N	K	E	A
9	M	D	İ	M	B	Y	O	S	Y	L	M	I	L	M	S	A	A	İ	Y	D
10	A	O	K	A	Ü	M	Y	I	A	İ	O	T	A	İ	M	R	L	M	E	A
11	G	M	İ	J	Y	A	İ	T	N	K	R	L	D	K	İ	I	A	S	H	R
12	Ü	K	Z	E	Ü	D	R	L	S	J	T	A	Y	R	K	P	U	İ	A	R
13	C	İ	İ	O	T	A	E	A	I	E	K	R	E	O	K	A	G	S	Y	E
14	Ü	N	F	T	M	L	P	R	M	O	E	E	Z	S	I	Y	L	M	A	Y
15	B	K	O	E	E	G	N	E	A	F	L	Y	Ü	İ	R	C	O	E	K	A
16	K	E	E	R	S	A	İ	Y	M	İ	E	J	Y	S	I	İ	D	R	A	M
17	U	T	J	M	İ	S	M	Z	F	Z	O	Ö	V	M	L	İ	M	P	N	R
18	R	O	Y	A	P	I	E	T	K	İ	L	E	Ş	İ	M	İ	V	E	A	U
19	B	E	J	L	Ü	N	Z	H	R	Ğ	C	I	N	K	A	S	C	D	R	T
20	O	J	Y	J	Z	İ	Ğ	İ	Z	İ	F	O	E	J	I	P	A	Y	Z	O

1	EM dalgalarla sığ yeraltını görüntüleyen yöntem?	21	Örtü altındaki sağlam kaya?
2	Yeraltını radar ile görüntüleyen yöntem?	22	Doygun zondaki su?
3	Yapı elemanlarını radar ile görüntüleyen yöntem?	23	Yer değiştirmeli kırık?
4	Akıma karşı koyma özelliği?	24	Ani enerji boşalımıyla oluşan yer sarsıntısı?
5	Düşük genlikli doğal yer titreşimleri?	25	Zeminin sarsıntıyı güçlendirmesi?
6	Yüzey dalgalarının çok kanallı analizi?	26	Zeminin baskın titreşim süresi?
7	Kırılma mikrotremoru yöntemi?	27	Zeminle karşılıklı yapı davranışı?
8	İlk varışları kullanan sismik yöntem?	28	Mühendislik problemlerine uygulanan jeofizik?
9	Yansımaları kullanan sismik yöntem?	29	Zemin ve kaya davranışını inceleyen alan?
10	Yüzeye yakın yayılan sismik dalga?	30	Yüzey altındaki jeolojik düzen?
11	S dalgasının Türkçe adı?	31	Yerküreyi fiziksel yöntemlerle inceleyen bilim?
12	Sismik dalganın yayılma sürati?	32	Deprem bilimi?
13	Yapının oturduğu doğal ortam?	33	Yerçekimi alanına dayalı yöntem?
14	Yapı yükünü zemine aktaran eleman?	34	Yer manyetik alanına dayalı yöntem?
15	Zeminin güvenli yük kapasitesi?	35	Yer içi ısısına dayalı enerji?
16	Doygun zeminin depremde dayanım kaybı?	36	Elektrik ve manyetik alan temelli yöntem?
17	Yükle oluşan düşey zemin deformasyonu?	37	Çok küçük sismik olayların izlenmesi?
18	Yamaç aşağı kütle hareketi?	38	Akımlı iletebilme özelliği?
19	Karstik çökme çukuru?	39	Gerçek sistemin matematiksel temsili?
20	Yapay malzemeye oluşturulan zemin?	40	Jeomanyetik ölçümlerde yaygın birim?



Bilimin izinde 40. yıl