

**Dünya'yı Gözlemleyen**

# **Fiber Optik Kablolar**

Dr. Mahir E. Ocak [ TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

Günümüzde fiber optik kablolar tüm dünyayı bir ağ gibi örüyor. Peki fiber optik kabloların sadece bir yerden bir yere bilgi taşımaya yaradığını aynı zamanda çok çeşitli bilimsel çalışmalarda veri toplamak için de kullanıldığını biliyor muydunuz?

# Fiber Optik Kablolarla Ölçüm

Fiber optik kabloların en yaygın kullanım alanı iki nokta arasında bilgi aktarmak. Işık ışınlarının cam ya da plastikten imal edilen lifler içinde yol aldığı bu kabloların giderek yaygınlaşan bir diğer kullanım alanı ise bilimsel araştırmalar. Araştırmacılar, günümüzde fiber optik kabloları sismik sensör olarak yararlanıyor. Üstelik fiber optik kablolarla veri toplanan araştırma alanları gün geçtikçe çeşitleniyor.

Fiber optik sensörlerin çalışma ilkesi radarlara benziyor. Bir radar önce ışık ışınları yayar, daha sonra bu ışınların geri yansımaya süresini ölçerek ışınları yansıtan nesnenin hızını ölçer. Benzer biçimde fiber optik sensörlerde de ışık ışınlarının yansımaya süreleri ölçülür. Peki bu ışık ışınları nereden yansır?

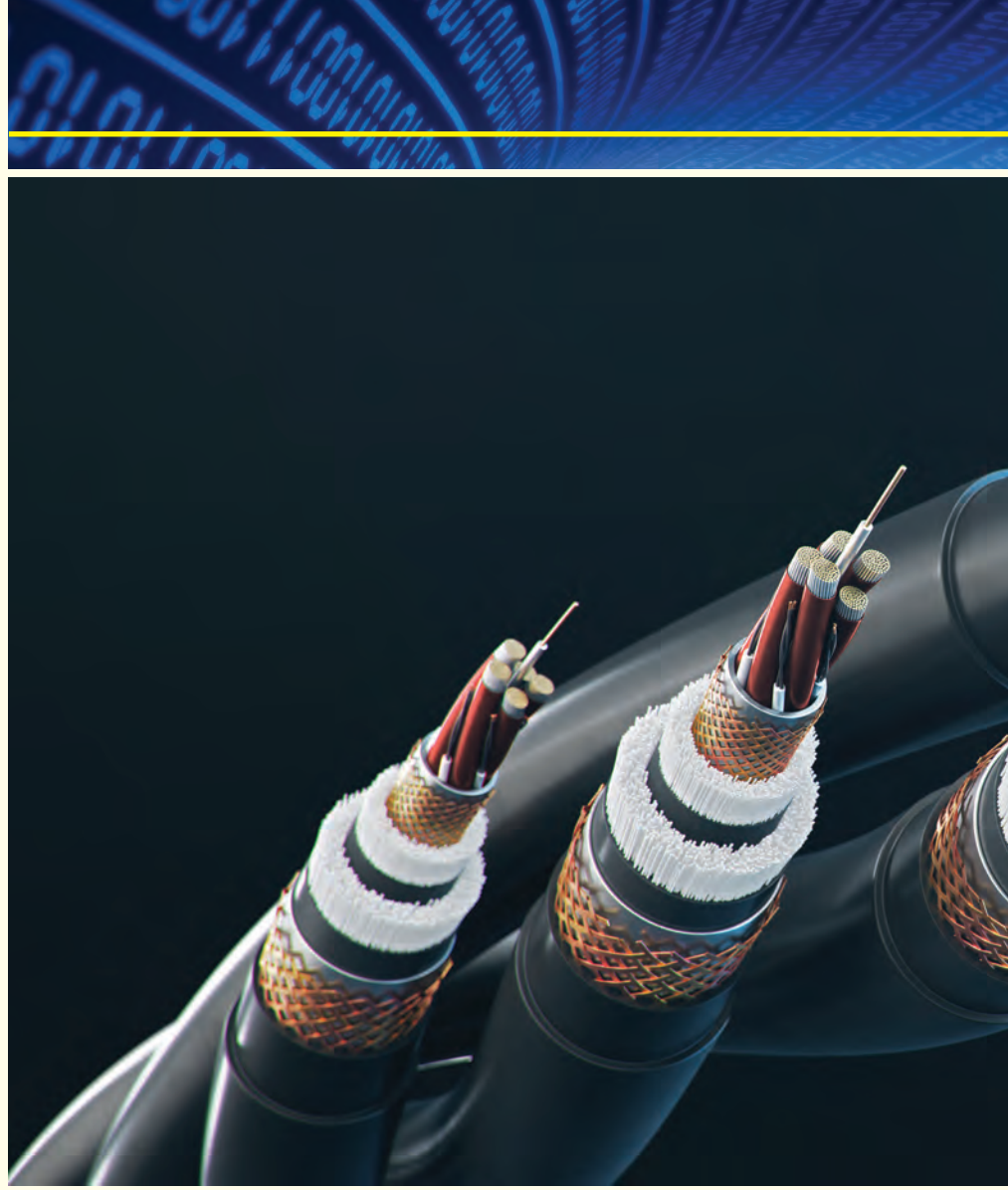
Fiber optik lifler hiçbir zaman mükemmel değildir, yapılarında kusurlar bulunur. Lif içinde yol alan bir ışık ışını bu kusurlarla karşılaştığında çeşitli açılarla, bazen de geriye doğru, saçılır. Optik kablo içinde bulunduğu ortamdaki titreşimler nedeniyle hareket ettiği zaman liflerin yapısındaki kusurlar da yer değiştirir. Kablo içinde yol alan ışık ışınlarının geri dönme

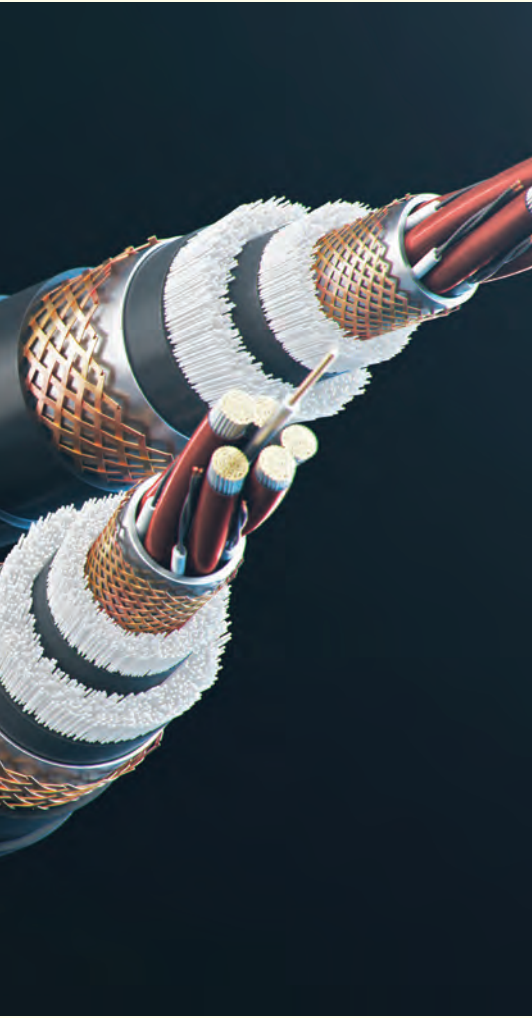
sürelerindeki değişimler ölçülerek hangi noktadaki bozukluğun hangi hızla hareket ettiği tespit edilebilir. Ayrıca toplanan verilerden kabloların hareket etmesine neden olan etkinin kaynağı hakkında da bilgi edinilebilir.

Fiber optik sensörler özel olarak üretilip ölçüm yapılacak bölgeye yerleştirilebileceği gibi, hâlihazırda var olan fiber optik kablolar – örneğin telekom şirketlerinin geleceği düşünerek döşediği fazladan kablolar- da gerekli donanımlar eklenerek fiber optik sensörlere dönüştürülebilir.

## Fiber Optik Sensörlerin Tarihi

Fiber optik sensörler ilk olarak askerî amaçlarla kullanılmıştı. 1980’lerde gemilerden sarkıtılan fiber optik kablolarla düşman denizaltılarının çıkardığı sesler tespit edilmeye çalışılıyordu. Bu yüzden fiber optik kablolarla yapılan ölçümler bugün hâlâ sıklıkla “dağın akustik algılama” olarak adlandırılır. 2000’lerin sonlarında petrol ve gaz endüstrisinde





çalışan mühendisler, boru hatlarını ve sondaj kuyularını fiber optik sensörlerle donatmaya başlamışlardı. Ani sıcaklık değişimlerini ölçerek boru hatlarında bir hasar olup olmadığını tespit etmeye çalışıyor, hava tabancalarıyla oluşturulan yapay sismik dalgaları ölçerek sondaj kuyularının etrafındaki kayaçların yapısını analiz ediyorlardı.

Geçtiğimiz on yılda fiber optik sensörler bilimsel araştırmalarda veri toplamak için de kullanılmaya başlandı. 2015 yılında yapılan ilk çalışma depremlerle ilgiliydi.

İlerleyen zamanlarda sadece yerkürenin kendi dinamiklerinin değil, çok çeşitli kaynakların neden olduğu sarsıntılar da fiber optik sensörlerle yapılan çalışmalara konu oldu.

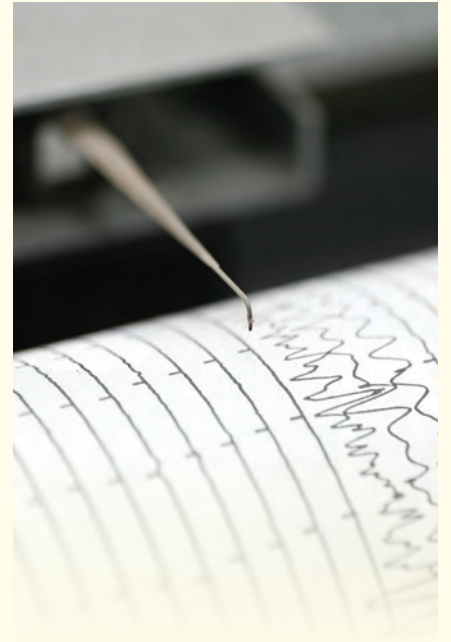
## Uygulamalar

Bugüne kadar fiber optik sensörler kullanılarak pek çok bilimsel çalışma yapıldı.

## Depremler

2015 yılında Alman Yerbilim Araştırma Merkezinden (Das Helmholtz-Zentrum Potsdam - Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ) bir grup araştırmacı, İzlanda'daki iki jeotermal güç santralini birbirine bağlayan fiber optik kabloları sensörlere dönüştürdü. Araştırmacılar sadece sismik dalgaları tespit etmekle kalmadı, sismik dalgaların kablonun farklı noktalarına varış zamanları arasındaki farklılıklardan yararlanarak depremlerin merkez üslerini de tespit edebildiler.

Stanford Üniversitesinden Biondo Biondi ve öğrencileri 2016 yılında kampüsün altındaki altyapı tünellerine 2,5 kilometre uzunluğunda fiber optik kablo döşediler. Sensörler depremlerin yanı sıra araç trafiğinden ve yayalardan kaynaklanan ufak sarsıntıları bile tespit etmeyi başardı.



Yer sarsıntıları ile ilgili en başarılı çalışmalardan birine ise Rice Üniversitesinden Jonathan Ajo-Franklin ve öğrencileri imza attı. 2018'de Monterey Koyu Akvaryum Araştırma Enstitüsünü (Monterey Bay Aquarium Research Institute) açık denizdeki su altı cihazlarına bağlayan fiber optik kablolar, dört günlük bir bakım sırasında atıl durumda kalacaktı. Fiber optik kabloları gerekli ekipmanlarla donatan araştırmacılar, sahilin on kilometre açığında daha önceleri bilinmeyen bir fay hattı tespit etti.

Fiber optik sensörlerin klasik sismometrelere üstünlüğünü gösteren çalışmalardan biri de California Teknoloji Enstitüsünden (California Institute of Technology) Zhongwen Zhan ve öğrencileri tarafından yapıldı. Araştırmacılar, 2020'de ABD'nin California eyaletinin Ridgecrest şehrinde meydana gelen 7,1 büyüklüğündeki depremin ardından atıl durumdaki

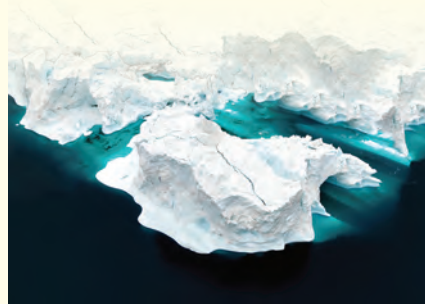


dört fiber optik kabloyu sensöre dönüştürdüler. Klasik bir ya da birkaç sismometrenin topladığı verilerle oluşturulan deprem haritalarında tüm şehir sadece “bir piksel” olarak görülüyordu. Ancak sensöre dönüştürülen kilometrelerce uzunluktaki fiber optik kabloların yapısında binlerce kusur vardı. Bu durum araştırmacıların art arda dizilmiş binlerce sismometreye çalışır gibi veri toplamalarını mümkün kıldı. Elde edilen sonuçlar Ridgecrest’in tek bir pikselle ifade edilebilecek homojen bir jeolojik yapıya sahip olmadığını, aksine farklı bölgeler arasında önemli farklar olduğunu gösterdi. Şehrin bazı kısımları çok daha gevşek topraklar üzerinde kuruluydu ve depremler sırasında diğer kısımlara kıyasla üç kat daha şiddetli sallanıyorlardı. Fiber optik sensörlerin topladığı veriler sayesinde jeolojik haritalardaki hatalar düzeltildi ve daha önceleri bilinmeyen faylar keşfedildi.

## Buzullar

ETH Zürih’ten (Eidgenössische Technische Hochschule Zürih) Andreas Fichtner ve arkadaşları, fiber optik sensörleri soğuk ve buzlu ortamlardaki titreşimleri incelemek için kullandılar.

Araştırmacılar ilk olarak İsveç Alpleri’ndeki Rhône Buzulu’ndaki sarsıntuları incelediler. Küresel ısınma nedeniyle giderek küçülen buzulun bir ucuna 2019 yılında 15 kilometre uzunluğunda fiber optik kablo gömüldü. Bir hafta süren ölçümler sırasında çeşitli “buz depremleri” tespit edildi.



Daha önce klasik sismometrelerle yapılan çalışmalarda buz depremleri ancak çok daha büyük buzullarda gözlemlenebilmişti. Analizler bazı buzul bölgelerinin, tıpkı yer sarsıntılarınınki faylar gibi davrandığını gösterdi.

Fichtner ve arkadaşları daha sonra çok daha hızlı bir buz hareketini incelemeye karar verdiler: çığ. İsviçre’nin güney batısında, üzeri karla kaplı bir dağdan geçen fiber optik kablo gerekli ekipmanlarla donatıldı ve bir helikopterden bırakılan patlayıcıların tetiklediği yapay çığ sırasında ölçümler yapıldı. Akan karın hareketlerinde, daha önce varlıkları kuramsal olarak tahmin edilmiş çeşitli yapılar ilk kez gözlemlendi.

## Volkanlar

Fichtner ve öğrencileri volkanlar üzerine de çalışmalar yaptılar. İzlanda’daki Grímsvötn Yanardağı’nın üzeri karla kaplıdır. 2011’deki son patlama sırasında volkandan püsküren küller buz örtüsünü delerek stratosfere kadar yükselmişti. Küresel ısınma nedeniyle yanardağın üstünü örten buz tabakası incelidikçe derinlerdeki magmanın üzerindeki basınç azalıyor. Böylece magmanın yeni bir patlamayla yeryüzüne çıkması kolaylaşıyor. Araştırmacılar geçen yıl nisan ayında Grímsvötn Yanardağı’ndaki son patlamanın oluşturduğu krateri çevreleyen buzlarda yarım metre derinliğinde bir hendek kazıp içine 12 kilometre

uzunluğunda fiber optik kablo gömdüler. Bir ucu kraterine doğru sarkıtılan fiber optik kabloyla birkaç ay boyunca veri toplandı. Sonuçta 1800 civarında ufak deprem kaydedildi. Bölgedeki sismometre ise tüm bu depremlerin sadece onda birini tespit edebildi.

## Permafrost

Sıcaklığı uzun süre sıfır derecenin altında kalan donmuş topraklar permafrost diye adlandırılır. Alaska, Grönland, Kanada ve Sibiry'a'daki toprakların önemli bir kısmı permafrosttur. Küresel iklim değişikliği nedeniyle ısınan bu topraklar yüksek miktarda organik madde ile dolu. Bu durum çözülen permafrostun metan ve karbondioksit gibi sera gazlarını atmosfere salarak küresel ısınmayı hızlandırabileceği anlamına geliyor.

Ajo-Franklin ve öğrencileri 2016'da Alaska'da permafrostun içine dört kilometre uzunluğunda fiber optik kablo döşediler. Yüzden fazla sondaj kuyusu ısıtıcısının kullanıldığı deneyler sonucunda, fiber optik sensörlerin permafrosttaki çözümleri tespit edebildiği görüldü.

## Denizler

Denizlerdeki fiberler de depremler, gelgitler ve akıntılar gibi çeşitli dış etkenler nedeniyle titreşiyor. Bu fiber optik kablolar da gerekli ekipmanlarla donatılarak sensörlere dönüştürülebiliyor. Norveç Bilim ve

Teknoloji Üniversitesinden (Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet) Martin Landrø ve arkadaşları, 2020'de dünyanın en kuzeydeki yerleşim yeri olan Svalbard Adası'nın 120 kilometre açığından geçen fiber optik kabloları kullanarak ölçümler yaptı. Sensörler, depremlerin yanı sıra fırtınaları, gemi trafiğini ve hatta mavi balinaların çıkardığı sesleri bile algılamayı başardı.

Zhongwen Zhan ve arkadaşları da yine 2020'de Kanarya Adaları'ndan deniz tabanına uzanan fiber optik kabloları kullanarak okyanus tabanında meydana gelen depremlerin neden olduğu, okyanus suları tarafından taşınan ses

dalgalarını tespit etti. Ses dalgaları daha sıcak sularda daha hızlı hareket eder. Araştırmacılar da topladıkları verileri kullanarak okyanus sularının sıcaklığındaki değişimleri ölçmeyi başardı.

## Hava Olayları

Pennsylvania Eyalet Üniversitesinden (Pennsylvania State University) Tienyuan Zhu ve arkadaşları fiber optik kablolar ile hava olaylarını incelediler. Üniversite kampüsünde yaptıkları çalışmalarda yıldırımların, gök gürültülerinin, sağanakların ve şiddetli rüzgârların neden olduğu titreşimleri tespit etmeyi ve birbirinden ayırt etmeyi başardılar. ■

Fiber optik sensörlerin yapabilecekleri bugüne kadar yaptıklarıyla sınırlı değil. Gelecekte fiber optik sensörler yangınları, toprak kaymalarını, her türlü doğal afeti tespit edebilir; kullarımdaki binaların ve köprülerin ne kadar sağlıklı olduğunu takip edebilir; sınırların güvenliğini sağlayan kameraların ve hareket sensörlerinin yerini alabilir ...

Fiber optik sensörlerin kullanımını zorlaştıran bir etkense aşırı yüksek miktarda veri toplamaları. Tek bir fiber optik kablodaki binlerce sensör sadece birkaç gün içinde yüzlerce terabaytlık veri sağlayabiliyor. Bu kadar yüksek miktarda veriyi aynı hızla analiz etmekse pek kolay değil. Pek çok araştırma grubu bu sorunu aşmak için toplanan verilerin "yararlı kısımlarını" ayıklayacak yapay zekâ uygulamaları geliştirmeye çalışıyor.

Bugün fiber optik kablolar tüm dünyayı bir ağ gibi örüyor. Bu kabloların şu an atıl durumda olanlarını sensörlere dönüştürmek ya da yeni fiber optik sensörler döşemek çok zor değil. Veri işlemede yaşanacak gelişmelerle beraber gelecekte fiber optik sensörler daha yaygın olarak kullanılmaya başlanabilir.

### Kaynaklar

Voosen, Paul, "World Wide Web", *Science*, Cilt 374, s. 1312, 2021.