

# **RÜZGAR GÜLLERİNİN PATLATMA KAYNAKLI ZEMİN DEĞİŞİMLERİNİN İNCELENMESİ**

## **ANALYSIS OF THE GROUND CHANGES OF THE WINDMILLS CAUSED BY DETONATION**

**Rahmi Pınar<sup>1</sup>, Gökhan Torçuk<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Dokuz Eylül Üniversitesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, 35160 İzmir*

Yayına Geliş (Received): 22.06.2017, Yayına Kabul (Accepted): 10.11.2017

Basım (Published): Nisan/April 2018

\*Sorumlu yazar/Corresponding author: [Rahmi.pinar@deu.edu.tr](mailto:Rahmi.pinar@deu.edu.tr)

### **ÖZET**

Son yıllarda, ülkemizde, rüzgar enerjisinden yaygın olarak yararlanılmaktadır. Rüzgar, dik topoğrafyalı alanlarda daha etkilidir. Böyle alanların zeminleri, kayalıktır ve kot farkı çoktur. Kurulacak rüzgar güllerinin zeminleri düz olmak zorundadır. Bu nedenle, topoğrafya düzeltilir, yüzeye yakın bozuk ortamlar atılır ve yüzey sıkıştırılır. Genelde, düzeltirmede patlayıcılar kullanılır.

Bu çalışmada, taban kireçtaşlarından oluşmuştur. Kireçtaşları çatlaklı ve boşlukludur. Önemli sorunlardan bir tanesi de, patlatmanın çatlak sistemleri ve elastik parametrelerde değişiklik yapıp yapmadığıdır. Sorunun çözümü için patlatma öncesi (PÖ) ve sonrası (PS) özdirenç ve sismik tomografi verileri toplanmıştır. Toplanan verilerin karşılaştırılmaları için oransal farklılıklar, ortak evre spektrumu uygulanmıştır. Ortak evre spektrumu değişen çatlak geometrisinin araştırılması için hassas bir yöntemdir.

Uygulamalar sonunda görünür özdirenç eğrilerinde yayılma olurken, sismik hızlarda (dolayısıyla elastik parametrelerde) iyileşmeler görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Ortak evre spektrumu, oransal farklılık

### **ABSTRACT**

In recent years, wind energy is widely used in our country. Wind is more effective in areas with steep topography. The ground of such areas are rocky and has a high difference. Windmills must be installed on flat soils. Therefore, topography is flattened, near-surface defects are removed and the surface is compacted. Generally, explosives are used in flattening surfaces.

In this study, the ground is made up of cracked and cavity limestones. One of the major problem is whether the blasting changes the crack systems and elastic parameters. Pre-explosion (PO) and post-explosion (PS) resistivity and seismic tomography data were collected for the solution of the problem. Some data processing methods (proportional differences, co-phase spectrum) were applied for comparison of collected data. Co-phase spectrum is a sensitive method for investigation of the the changing crack geometry.

As implementations resulted in aprent resistivity curves spread, improvements were observed at seismic velocities (and thus elastic parameters).

**Keywords:** Common phase spectrum, proportional differences

## 1. GİRİŞ

Günümüzde, rüzgar, güneş, deniz dalgaları (vb) temiz enerji elde edilmesinde kullanılmaktadır. Rüzgardan enerji elde etmek için rüzgar gülleri (RG) kullanılır. RG'leri dönmeleri sırasında yüksek frekanslı (hızlı sönmülenen), yüksek genlikli titreşimler üretirler ve yeri (zemin) önemli ölçüde etkiler. Bu nedenle, kurulacak RG'lerinin yeraltı özelliklerine ait bilgiler çok önemlidir.

Rüzgar enerji santrallerine yapılan yatırımın gelecekte, gittikçe daha artacağı anlaşılmaktadır. Ancak, yayınlanmış araştırma azdır. Bu konuda, Styles.,P ve diğ. (2005). İngiltere'de Eskdalemuir yöresinde, oluşan titreşim ve gürültüleri rüzgarın hızına bağlı olarak zaman ve uzaya bağlı olarak mikrosismik çalışmalarla araştırmışlar ve spektral ortam davranışlarının incelemişlerdir. Ülkemizde ise "Özçep F., ve diğ. (2009) Osmaniye yöresinde yapılacak olan rüzgar güllerinin zeminini Jeofizik ve Geoteknik açıdan incelemiştir.

RG' ile ilişkili olarak, Jeofizik yöntemler,

- a) kurulacakları alanların yer özelliklerinin saptanması,
  - b) çalışma sırasında yaratacağı gürültülerin zaman ve uzaya bağlı değişimlerinin incelenmesi,
  - c) RG'lerinin kurulacağı yerlerin düzeltilmesi sırasında kullanılan yöntemlerin yeraltında yapacağı değişimlerin araştırılması
- başlıklarında mutlaka kullanılmalıdır.

Sarp yamaçlar iyi rüzgar alırlar. Genelde böyle yerler sert kayalardan (kalker veya magmatikler) oluşur. RG'lerin yapılacağı alanların düz olması gerekir (yukarıda verilen c. maddesi). Düzeltme, kot uygunsa, kırıcılar ve kazı makinalarıyla yapılır. Hızlı değişim gösteren topoğrafyalarda makinaların kullanılması pahalı ve zaman alıcıdır. Bu durumda, dinamit yeğlenir. Dinamit kullanımında, aşağıdaki sorunlar oluşabilir.

- Yeni zayıflık (çatlak ve kırık) ortamlarının oluşması,
- var olan zayıflık ortamlarının gelişmesi,
- elastik parametrelerindeki değişiklikler.

Bu çalışmada yer düzeltmesinde dinamit kullanılmıştır. Dinamit patlatılmasının yarattığı etkilerin araştırılması için patlamadan önce (PÖ)

ve patlamadan sonra (PS) Jeofizik gözlemler yapılmıştır. Özdirenç tomografi çalışmalarından, zayıflık ortamlarının geometrik gelişmeleri veya yeni zayıflık ortamlarını oluşup oluşmadığı araştırılmıştır. Elastik parametrelerdeki değişim için PÖ ve PS sismik çalışmalar yapılmıştır. "Vp" ve "Vs" elde edilmeleri için sırayla kırılma ve MASW yöntemlerinden yararlanılmıştır.

RG'lerinin çalışması sırasında yere, büyük dinamik etkiler uygulanır. Dolayısıyla var olan veya yeni oluşan zayıf ortamların belirlenmesi çok önemlidir. Zayıf ortamlar belirlenerek önlem alınmazsa, RG'lerinin dönme sırasında yerden kopma olasılığı bile bulunmaktadır. Dolayısıyla sorun çok önemlidir.

Bu çalışmada, çatlaklardaki genişlemelerin belirlenmesi için PÖ ve PS özdirenç çalışmaları yapılmıştır. Özdirenç çalışmaları, burada olduğu gibi, tomografik veya kaydırma tekniklerinde alınabilir. Her iki koşulda da verilen yöntem geçerlidir. Tüm derinlik seviyelerinde, genişleme gösteren yapının anomalisinde gecikme olacaktır. Bu gecikmeden yararlanılarak yeraltındaki zayıf ortamların değişimleri belirlenebilir. Bu sorunun çözümü için sinyal kayma özelliğinden yararlanılarak ortak evre spektrumu (co-phase spectrum) kullanılmış ve farklılık, açık biçimde, ortaya çıkartılmıştır.

## 2. KULLANILAN YÖNTEMLER

Gözlemlerin uzun bir süre alması durumunda, özdirençlerin genliklerinde değişiklikler olabilir. Bu nedenle öncelikle veriler dengelenmiştir. Daha sonra PÖ ve PS özdirençlerde herhangi bir değişimin olup olmadığının araştırılması için oransal değişimler oluşturulmuştur. Oransal değişimin sınanması amacıyla ortak evre spektrumu incelenmiştir. Ortak evre spektrumunun, çatlak gelişimlerinin belirlenmesinde çok daha etkin olduğu anlaşılmıştır.

### 2.1. Özdirenç dengeleme

Uzun süreli arazi çalışmalarında aynı ortama ait görünür özdirençler saçılma göstererek farklı değerler elde etmemize neden olur. Büyük ölçekli uygulamalarda, söz konusu değişim önemsiz olabilir. Ancak bu çalışmada olduğu gibi küçük ölçekli ve uzun süreli (trafo merkezi alanları çok küçüktür ve toplam çalışma, yaklaşık, 10 ay sürmüştür) olması

koşulunda önemlidir.

Yeraltı zayıflık ortamlarında, PÖ ve PS olabilecek küçük değişimler araştırılmaktadır. Dolayısıyla saçılmalar olabildiğince azaltılarak, bilinmeyen nedenlerden kaynaklanan özdirençlerinin dengelenmesi gerekir.

Dengelemede aşağıdaki adımlar izlenmiştir;

- Her bir RG alanına ait verilerin karekök harmonik ortalamaları bulunmuştur.

- Farklı doğrultuda alınan PÖ ve PS özdirençler (her alanda iki farklı yönde alınan ikişer profil) normalize edilmiştir.

- Normalleştirilmiş özdirençler ile karekök harmonik ortalamalar birlikte kullanılarak, yeni, dengelenmiş özdirençler bulunmuştur.

- Dengelenmiş özdirençler kullanılarak yer altı tomografi kesitleri yeniden oluşturulmuştur.

Böylece, arazi verilerinin özellikleri değiştirilmeden, dengelenmiş kesitler elde edilmiştir

## 2.2. Oransal dağılım

Patlama nedeniyle yeraltındaki zayıflık ortamlarında olabilecek farklılığın saptanması için

PÖ ve PS toplanan verilerde, değişimin yüzde olarak, belirlenmesi için aşağıda verilen (1) bağıntısı kullanılmıştır.

$$F_{1d} = (F_{1s} - F_{10})/F_{1s} \quad -1 (F_{1d} < 1) \quad (1)$$

(1) bağıntısında;

•  $F_d$ : Patlama öncesi ve patlama sonrası oluşan oransal değişim (% olarak),

•  $F_s$ : Patlama sonrası verileri,

•  $F_0$ : Patlama öncesi verileridir.

(1) Bağıntısının yeraltının değişimine ait katkısı aşağıdaki gibidir.

•  $F_d=0$  koşulunda PÖ ve PS verilerinde, dolayısıyla yeraltında hiçbir değişim olmamıştır.

•  $-1 \leq F_d \leq 0$  koşulunda PS sonrası elde edilen veri değerleri, PÖ' ne göre azalmıştır.

•  $0 \leq F_d < 1$  durumunda, PS sonrası elde edilen veri değerleri, PÖ' ne göre artmıştır.

(1) bağıntısının sismik ve özdirenç yöntemlerinde anlamları farklıdır. Sismikte  $F_d$ 'nin "+" olması, PS sonrası hızların arttığını dolayısıyla yeraltı birimleri parametrelerinin iyileştiğini gösterir. Özdirenç

yönteminde,  $F_d$ 'nin "+" veya "-" olması, patlama nedeniyle ortamda oluşabilecek iyileşme/kötüleşme hakkında bilgi vermez. Ancak kapantılar, zayıf ortamlarda şekilsel olarak değişiklik olduğu bilgisini verebilir. Oransal değişimler, ortamın özdirençinin değiştiğini gösterir. Özdirenç değişimi zayıflık ortamlarının geometrisinin değişimini gösterdiği gibi, anomalideki her türlü farklılık için de (ortam ıslaklığı, veri hatası, gürültüler) belirti verebilir. Bu nedenle, değerlendirmede tek başına kullanılmamalıdır.

## 2.3. Sinyal kayması ve ortak spektrumlar

### 2.3.1 Ortak spektrumlar

Oransal dağılım, zayıf ortamlardaki gelişmeler veya PS yeni bir zayıf ortamın oluşup oluşmadığı hakkında bilgi vermemektedir. Ortamının her iki yönde gelişmesi, oluşturacağı özdirenç izini değiştirerek, şekilsel olarak, öne veya sona doğru kaydırarak evre spektrumunun oluşmasına yol açacaktır.

Sonsuz uzunluklu kosinüs ve  $90^\circ$  kaymasıyla oluşan sinüs işlevlerinin spektral ortam görüntüleri şekil 1 de verilmiştir. Kosinüs işlevi ötelenmeye başladığında sanal bileşen de oluşmaya başlayarak evre spektrumu oluşur. Bilindiği gibi sonsuz boylu sinüs ve kosinüsün spektrumları birim genlikli dürtü (direct delta) işlevidir.

Karmaşık bir işlevin gerçel ve sanal kısımları "a", "b" ile gösterilirse iki işleve ait ortak spektrumlar aşağıdaki bağıntılarla verilir.

(2)

$$Q_{12}(w) = 1/2 [1(-\infty) \dots] \sin(wt)d''$$

(3)

(2) ve (3) eşitliklerinde,

$\Gamma_{12}(w)$ : iki değişkenin gerçel kısımlarının ortak spektrumları (co-spectrum)

$Q_{12}(w)$ : iki değişkenin sanal kısımlarının ortak spektrumları (quadratic spectrum)

$R_{12}, R_{21}$ : iki işlevin çapraz ilişkileridir.

Ortak evre spektrumu ise aşağıda verilmiştir (Pınar, R., 2017)

$$\Phi(w) = - [tg] (-1) (Q_{12}(w)) / (Q_{12}(w))$$

(4)

Şekil 1 de verilen kosinüs ve sinüs işlevlerinin ortak

evre spektrumları,

$$\Im[\cos(\omega t)] = 1 \pm j \cdot 0$$

$$\Im[\sin(\omega t)] = 0 \pm j \cdot 1$$

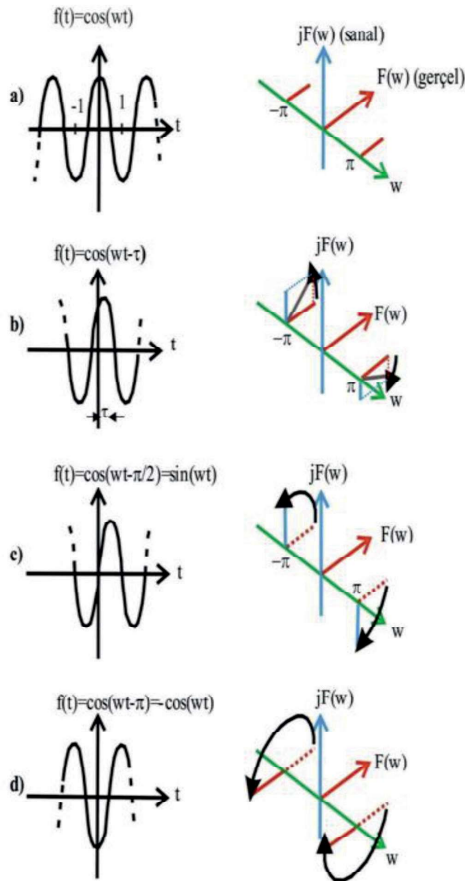
dır. Bu eşitliklerde, “ $\Im$ ” simgesi Fourier dönüşümüdür. (2) ve (3) denklemlerinden,

$$\Gamma_{12}(\omega) = 1.0 \pm 0.1 = 0$$

$$Q_{12}(\omega) = 1.1 \pm 0.0 = 1$$

$$\Phi(\omega) = -tg^{-1} \frac{1}{0} = -tg^{-1}(\infty) = \pm \pi/2 \quad (5)$$

elde edilir. Kosinüs,  $\pi/2$  radyan ötelenerek sinüse döndüğünde evre, küçük sıçramalardan başlayarak,  $\pi/2$  Hz de en büyük değerine ( $90^\circ$ ) ulaşır.



Şekil 1. Sonsuz uzunlukta, “cos” ve “sin” sinyallerinin spektrumları

Fig 1. Spectrum of “cos” and “sin” signals in infinite length

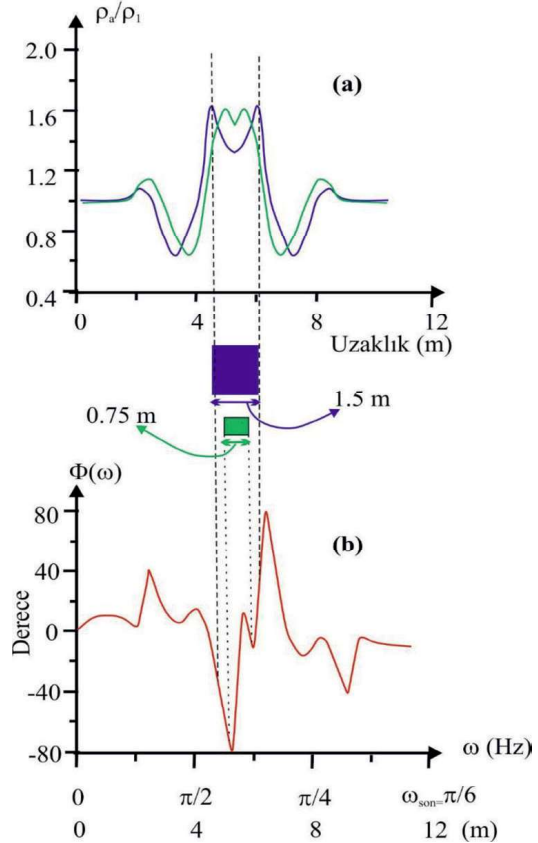
### 2.3.2. Model çalışmaları

Patlamalar, yer altını iki boyutta (yatay ve düşey) değiştirebilir. Düşey yönde yapı değişikliği öz-direnç eğrisinin düşey yönde (uzama), yatay yönde

değişim ise öz-direnç sinyalinin genişlemesine, yayılmasına yol açar. Bu çalışmada, enine genişleyen çatlakın, görünür öz-direncinden yararlanılarak yanal değişimler incelenmiştir.

Yeraltı zayıflık ortamı düşey bir dayk olarak varsayılmıştır. PS, daykta yalnızca enine şekil değişikliği (genişleme) göz önüne alınmış, düşeydeki değişimler göz ardı edilmiştir. Bu çalışmada, Uygulamada Wenner - Schlumberger dizilimi kullanılarak tomografik veriler toplanmıştır. Dolyısıyla, Wenner dizilimi için görüntü kuramından (Telford, W. M., ve diğ., 1990) yararlanılarak, belirtisi hesaplanmıştır ve ortak evre spektrumları bulunmuştur (şekil 2).

Şekil 2 den, daykın genişlemesi durumunda anomali her iki yönde kaymıştır. Kayma nedeniyle ortak sanal bileşen ve ortak evre spektrum oluşur. (4) ve (5) bağıntılarına göre ortak evre spektrumunun aldığı en büyük değer ( $\sim \pm 80^\circ$ ), dayka ait şekil değişikliği sınırlarını verir.



Şekil 2. Düşeyde sonsuz dayk modeli ve ortak evre spektrumları a) genişlikleri 0.75 m (yeşil) ve 1.5 m (mavi) olan dayklar ve anomalileri b) her iki daykın ortak evre spektrumları

**Fig 2.** The model of vertical infinite dike and common phase spectra a) The dikes and anomalies with a width of 0.75 m (green ) and 1.5 m (blue) b) Common phase spectra of both dikes

### 3, UYGULAMALAR

Çalışma alanında, yoğun olarak Neojen kireçtaşları ve Kuvaterner karmaşık tortul birimleri olduğu görülmektedir. Kireçtaşları, karstik boşluklar, çatlaklar, kırıklar, yanal ve düşey süreksizlikler vb. zayıf ortamlar oluşmuştur. Söz konusu ortamlar, zaman içinde, çeşitli tortul materyaller veya yer yüzeyinden akan yağmur suları tarafından doldurulmuş olabilir.

Çalışma, 18 ayrı alanda yapılmıştır (Pınar, R. ve diğ., Kasım 2016.). Ancak burada iki türbin için PÖ ve PS sonrası çalışmalarına değinilecektir. Her bir türbin alanında, farklı doğrultularda, PÖ ve PS olmak üzere 4'er profilde özdirenç ve sismik gözlemler yapılmıştır.

### 3.1. Veri Toplama

#### 3.1.1. Elektrik Yöntem

Tomografi amaçlı olarak yapılmıştır. Wenner – Schlumberger elektrot dizilimi kullanılmıştır. 30 elektrotlu sistemde, elektrot aralığı 3 m, profil uzunlukları 90 m dir.

#### 3.1.2. Sismik Yöntem

Dinamik/elastik parametrelerin belirlenmesinde “Vp” için kırılma, “Vs” için MASW yöntemleri kullanılmıştır.

#### 3.1.2.1. Kırılma Yöntemi

Kullanılan jeofonların frekansları 14 Hz, aralıkları 3 m, profil uzunluğu 69 m, kanal sayısı 24, kayıt uzunluğu 256 ms dir. Ofset geometrileri, uzak atışlar; profil başından ve sonundan 20 m uzaklıkta, yakın atışlar; 1. ve 2. jeofon arasından, 6. ve 7. jeofon arasından, 12. ve 13. jeofon arasından, 17. ve 18. jeofon arasından olmak üzere yapılmıştır.

#### 3.1.2.2. MASW Yöntemi

Kullanılan jeofonların frekansları 4.5 Hz, aralıkları 3 m, profil uzunluğu 69 m, kanal sayısı 24, kayıt uzunluğu 2 s dir. Diğer özellikler kırılma yönteminde verilenler gibidir.

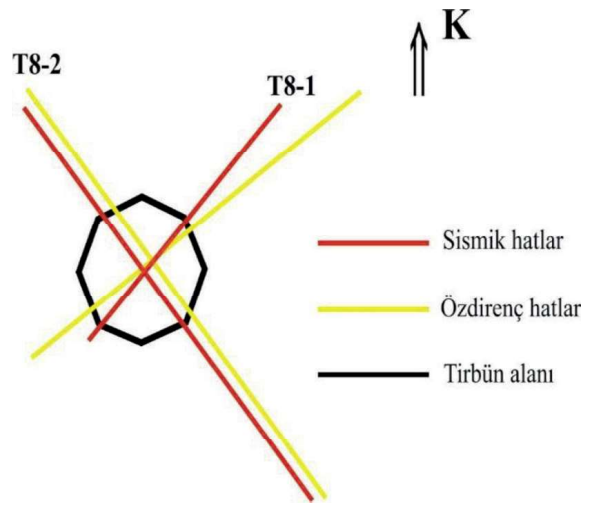
### 3.2. Jeofizik Çalışmalar

Her türbin alanında farklı yönlerde olmak üzere 2 profilde özdirenç ve sismik veriler değişik zaman-

larda, PÖ ve PS olarak yapılmıştır. Örnek olarak türbin 8'e ait tüm çalışmalar ve türbin 18'e ait oransal değişim ve ortak evre spektrumları verilecektir. Özdirenç tomografi verileri ZONDRES 2 D (Kaminsky, A., 2001) kullanılarak kesitler elde edilmiştir.

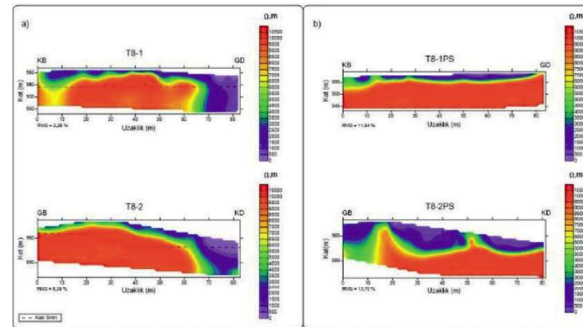
#### 3.2.1. Türbin 8

Türbin 8'e ait Jeofizik kesit yerleri şekil 3 te verilmiştir. Alanda PÖ, PS'sı olmak üzere, KB-GD (T8-1 kesitleri) ve GB-KD (T8-2 kesitleri) doğrultulu olmak üzere ikişer profile elektrik özdirenç tomografi ölçüleri alınmıştır.



**Şekil 3.** Türbin 8'in Jeofizik profilleri

**Fig 3.** Geophysical Profiles of Turbine 8



Bölüm 2.1 deki dengeleme yapılarak elde edilen görünür özdirenç kesitleri şekil 4 te verilmiştir.

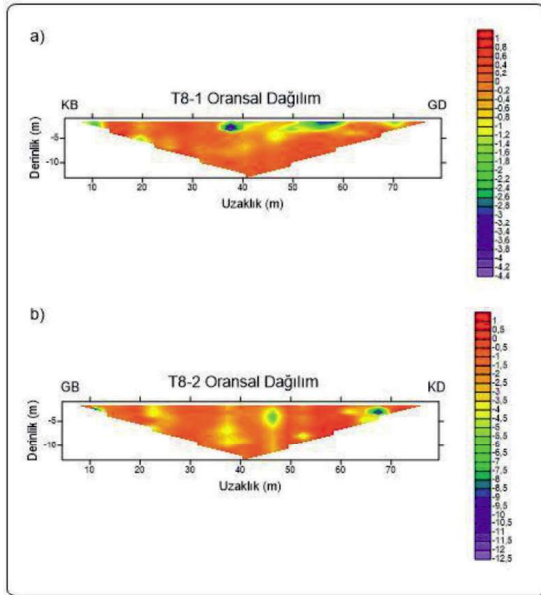
**Şekil 4.** Türbin 8'e ait dengelenmiş görünür özdirenç kesitleri. a) Patlama öncesi (PÖ), b) Patlama sonrası (PS) Fig 4. Proportional apparent resistivity sections belong to turbine 8 a) Before explosion (BE) b) after explosion (AE)

Şekildeki kesikli çizgi, hafriyatın yapıldığı kottur. Tüm karşılaştırmalar, bu kotun altındaki yeraltı ortamı için yapılmıştır.

T8-1 ve T8-2 kesitlerinde, patlama kaynaklanan görünür öz direnç değişimlerinin karşılaştırılması için bölüm 2.2 de verilen oransal dağılım kesitleri oluşturulmuştur (Şekil 5).

T8-1 kesitinde, patlama sonrası yüzeyde öz direnç değerlerinde azalma, derinde ise artma vardır. Çoğunlukla değişim pozitifdir (turuncu rengin baskın olduğu alanlar). T8-2 kesitinde ise GB-KD doğrultusunda yanal yönde değişim görülmektedir. Genelde, değişim oranları sıfıra çok yakındır. Özellikle derinlerde neredeyse değişim oranı sıfırdır. Ancak değişimlerin, gerçekten yeraltı zayıflık ortamlarına ait olup olmadıkları kararı verilememektedir. Bu nedenle bölüm 2.3.1 deki gibi ortak evre spektrumlar incelenmiştir (Şekil 6). Ortak evre spektrumları, toplanan öz direnç verilerinde her seviye için ayrı ayrı yapılmıştır. Bu işlem 2 boyutlu haritada, çeşitli seviyelerde yapılabildiği gibi kaydırma tekniği ile yapılan arazi gözlemlerde de kullanılabilir.

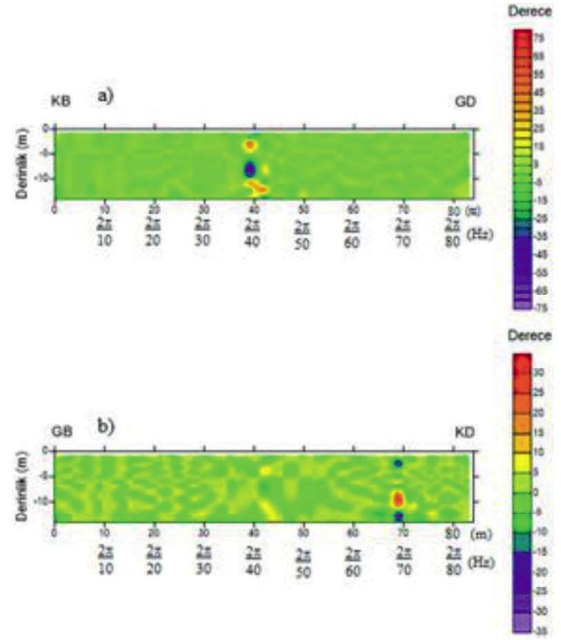
Şekil 6.a. da, 40 m de sığda, ortak evre değişmektedir. Aynı değişim, şekil 5.a da verilen oransal değişimde de izlenmektedir. Ancak oransal değişimin sığda kaldığı, derine doğru değişimin olmadığı bilgisini vermektedir. Oysa evre değişiminden, zayıflık ortamının derine doğru sürdüğü ve her derinlikte farklı biçimde geliştiği (evrenin “-“ ve “+” en büyük değerler alması) görülmektedir.



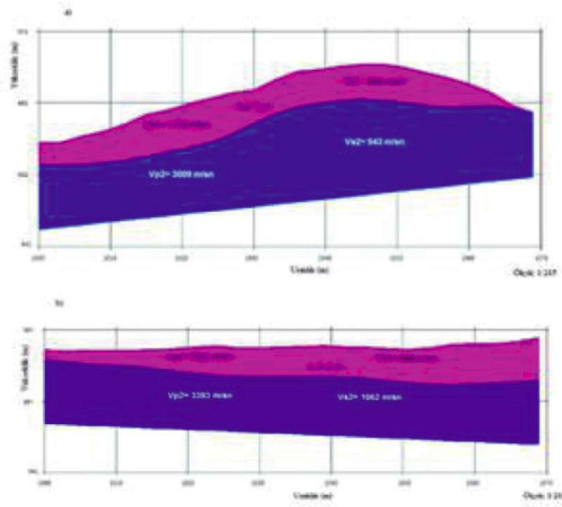
Şekil 5. Türbin 8'e ait oransal dağılım kesitleri. a) T8-1 b) T8-2

Fig 5. Proportional resistivity sections belong to turbine 8 a) T8-1 b) T8-2

Şekil 6.b de ise 40 m. uzaklığında herhangi bir değişim yoktur. 70 m uzaklığında evrede farklılık bulunmaktadır. Kesitlere ait merkezler, yaklaşık aynı noktalardadır. Bu nedenle, evre farklılığının değişik yerlerde görülmesi, zayıf ortamlarındaki gelişmenin yöne bağlı olarak geliştiğini gösterir. Ayrıca, kesitin sonunda olması nedeniyle (eksik veriler, dış değer bulunarak tamamlanmıştır) güvenilmemelidir. Oransal değişimlerin birçok nedeni vardır (bkz. bölüm 2.2). Şekil 6.b de ortak evrede değişimin görülmemesi çatlakların patlama nedeniyle söz konusu doğrultuda gelişmediği bilgisini verir.



Aynı profillerde, PÖ ve PS kırılma ve MASW yöntemleri kullanılarak “Vp” ve “Vs” elde edilmiştir. T8-1 kesitine ait yeraltı modeli (şekil 7) de verilmektedir.



Şekil 7. T8-1 hız kesitleri a) PÖ, b) PS  
Fig7. Velocity sections of T8-1 a) BE, b) AE

“Vp” ve “Vs” kullanılarak elde edilen elastik parametreler çizelge 1 de verilmiştir (elastik parametrelere ait denklemler, birçok yerde bulunduğu için burada verilmemiştir).

Parametreler	PÖ Türbin 5 Katmanlar		PS Türbin 5 Katmanlar		Oransal değişim Katmanlar	
	1	2	1	2	1	2
Kalınlık (m)	7	>30	6	>30		
Vp (m/sn)	1778	3009	2623	3393	0.32	0.11
Vs(m/sn)	890	943	984	1062	0.1	0.11
Yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> )	2.01	2.3	2.22	2.37	0.09	0.03
Hız oranı	2	3.19	2.67	3.19	0.25	0
Poisson oranı	0.33	0.45	0.42	0.45	0.21	0
Kayma modülü (kg/cm <sup>2</sup> )	15945	20416	21481	26684	0.26	0
Elastisite modülü (kg/cm <sup>2</sup> )	42504	59027	60924	77155	0.3	0.2
Bulk (sıkışmazlık) Modülü (kg/ cm <sup>2</sup> )	42377	180657	123995	236801	0.66	0.24
Zemin baskın Periyodu (sn)	0.16		0.14			0

Çizelge 1. PÖ ve PS’ ı elastik parametreler

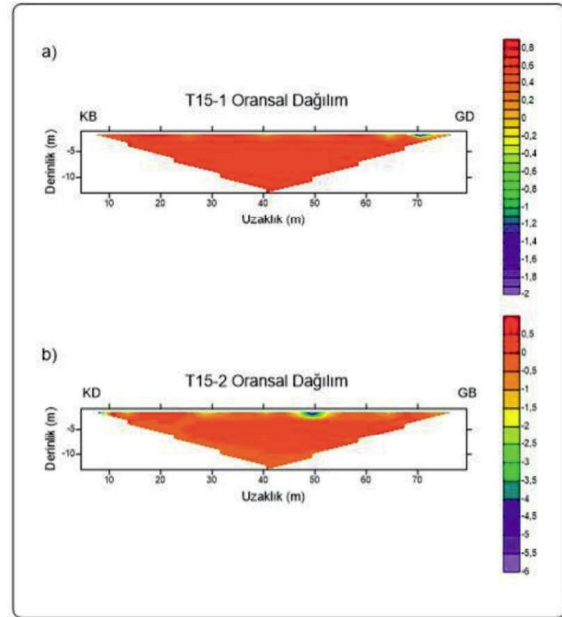
PS’ sında yüzeyde bulunan 1-2 m. kalınlığındaki ortam kaldırılmış ve iyileştirme yapılmıştır. Böylece daha derinde bulunan yüksek hızlı kesim yüzeye yaklaşmıştır. Çizelge 1 incelendiğinde, PS’sı hızlarda görülen artma, bu nedenledir. Dolayısıyla

tüm elastik parametreler büyümüştür. Özellikle 1. Katman olarak tanımlanan yüzeye yakın kesimlerde iyileşme, açıkça görülmektedir. Tüm oransal değişimler “+” dır. Daha derinlerde ise herhangi bir değişim yoktur (oransal değişimler sıfır). Söz konusu kesim, patlatma nedeniyle hiçbir değişiklik göstermemektedir. Öz olarak, yapılan hafriyat nedeniyle yüzeyin iyileştiği ve patlatmanın derinlerde ise hiçbir etkisinin olmadığı anlaşılmaktadır.

### 3.2.2. Türbin 15

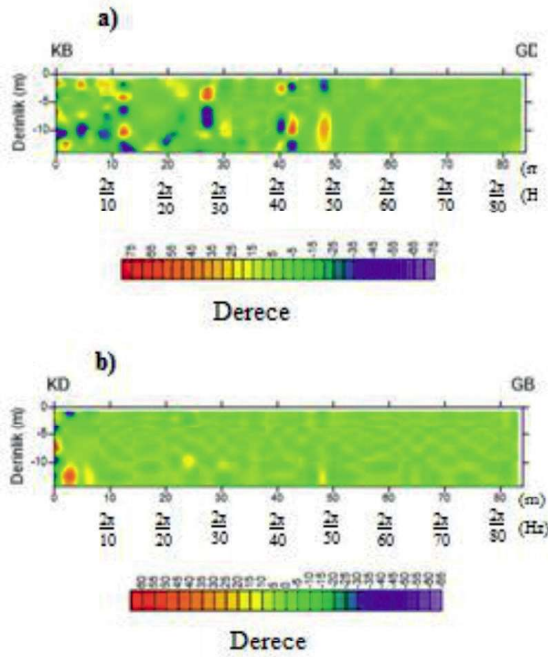
Oransal değişim ve ortak evre spektrumlarının önemli farklılık göstermesi nedeniyle türbin 15’e ait oransal değişim (şekil 8) ve ortak evre değişimlerinin (şekil 9) karşılaştırılmaları verilecektir.

Şekil 8 a’ da T15-1 oransal dağılımında hiçbir değişim görülmemesine karşın ortak evre spektrumlarında (şekil 9 a) küçük boyutlu, çok sayıda, değişim vardır. Anlamı, patlama nedeniyle çok sayıda küçük ölçekli çatlakların oluşmasıdır. Benzer olayların T15-2 de (Şekil 9 b) görülmemesi, çatlakların bu kesit yönünde oluşmadığı anlamını taşır.



Şekil 8. Türbin 15’e ait oransal dağılım kesitleri. a) T15-1 b) T15-2

Fig 8. Balanced resistivity sections belong to turbine 15 a) T15-1 b) T15-2



Şekil 9. Kesitlerin ortak evre değişimleri a) T15-1 b) T15-2

Fig 9. Common phase changes of sections a) T15-1 b) T15-2

#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda verilmektedir.

- Ortak evre spektrumları, patlama kaynaklı olarak zayıflık ortamlarında meydana gelen şekil değişikliğinin belirlenmesinde başarılıdır.
- Yer yer oransal dağılımlar ile evre spektrumunun birbirleriyle uyumlu sonuçlar verdiği görülmüştür. Oransal dağılım kesitlerinde görülemeyen bazı çatlaklı yapılar ortak evre spektrumu kesitlerinde bulunmuştur.
- Oransal dağılımlar tüm özdirenç değişimlerinden, ortak evre spektrumları ise yalnızca yapı geometrisinin değişiminden etkilenir. Bu nedenle her iki değişim arasında mutlak bir uyum beklenmemelidir. Ancak ortak evre spektrumları, zayıflık ortamının, seviye seviye yanal yöndeki değişimini verir.
- Arazi çalışmalarında, patlatma nedeniyle, çatlaklı yapıların yöne bağlı olarak değiştiği saptanmıştır. Bu bilgi bize, yapılan patlamanın yeraltındaki zayıflık ortamlarının yöne bağlı olarak değiştirdiğini göstermektedir.

- Bu tip çalışmalarda, yeraltı zayıflık ortamlarında oluşacak değişimlerin saptanmasında oransal değişimi yetersizdir. Mutlaka “ORTAK EVRE SPEKTRUMU” nun kullanılması önerilir.
- Bu yöntem geliştirilerek düşeydeki değişimler de bulunabilir. Bunun için modellemenin 2 boyutlu yapılması ve 2,3,4 bağıntılarının 2 boyutlu olarak yazılarak uygulanması gerekir. Ancak veri toplamada profillemeye ölçüleri de alınabilir. Her iki durumda da çatlakların gelişimini izlemek için burada önerilen yöntem kullanılabilir.

#### SUMMARY

Wind roses should be settled on the strong windward sides of slopes. Generally, such areas consist of hard rocks (limestones or magmatics). Wind roses should be located on a flat surface. Grading of the topography is done using explosives if the elevation is appropriate. Crushers and excavation machines are used if the elevation does not fit. The underground may change physicaly and geometricaly during the use of the explosives.

In this study, dynamite is used as a grading tool. Geophysical studies were carried out before exploding (PS) and after exploding (PS) to explore the changes of the underground caused by dynamite. Changes in crack geometries have been researched from resistivity tomography studies, PS and PS seismic studies were performed to determine the change in elastic parameters. In order to obtain “Vp” and “Vs”, respectively, refraction and MASW methods were used.

Changes in the cracks lead to a delay in the PS residuality signal. As is known, there are many data analysis methods for detecting the delays in the signals. Here, the coherence spectrum of the signal and the coherence phase spectrum obtained from the quadrature spectrum are used.

In the same environment, the resistivity measured at different times is scattered due to season and various reasons. Balancing has been done to suppress these scatters.

Below steps have been followed for balancing:

- The square root harmonic averages for each



wind rose zones are found.

- The PO and PS resistances taken in different directions (two profiles taken in two different directions in each area) were normalized.
- New, balanced resistivities are found using normalized resistivities and square root harmonic averages together
- The underground tomography sections were reconstructed using balanced resistivities.

Thus, balanced sections were obtained without altering the characteristics of the terrain data

In order to determine the percent change in underground structures due to blasting;

$$F_d = \frac{F_s - F_0}{F_s} \quad -1 < F_d < 1 \quad (1)$$

Relation is used. At relation (1):

- $F_d$ : Proportional change before blasting and after blasting (in%),
- $F_s$ : Data after blasting,
- $F_0$ : Data before blasting.

The coherence phase spectrum is used to detect the delay in the resistivity signal. If the real and imaginary parts of a complex function are denoted by "a", "b", then the common spectra of the two operations are given by below relations:

$$Q_{12}(w) = 1/2 \int_{-\infty}^{\infty} [R_{12}(t) + R_{21}(t)] \sin(wt) dt$$

$$C = a_1(w) \cdot b_2(w) \quad C = a_2(w) \cdot b_1(w)$$

In equations (2) and (3);

$\Gamma_{12}(w)$  : common spectrum of the real parts of two variables (co-spectrum)

$Q_{12}(w)$  : the quadratic spectrum of the virtual parts of the two variables,

$R_{12}, R_{21}$  : the cross-links of the two functions

the coherence phase spectrum is given below (Pinar, R., 2017)

$$\Phi(w) = -tg^{-1} \frac{Q_{12}(w)}{\Gamma_{12}(w)} \quad (4)$$

For the use of the coherence phase spectrum, a model study was carried out by simulating a cracked dike (figure 2.a). The coherence phase spectrum of the model curves is given in Figure 2.b. The splats in Figure 2.b give the extinction boundaries of the dike.

Wenner - Schlumberger electrode array tomography method was used for resistivity studies. In a system with 30 electrodes, the electrode interval is 3 m and the profile lengths are 90 m.

The evaluation of land data shows that the coherence phase spectrum gives clear changes in crack boundaries (Figs. 6, 8).

In this study area; some cracked structures which are not seen in the proportional distribution sections are found in the cross-section of the common phase spectrum. The underground cracks have changed depending on the blasting direction. In such studies, it is recommended to use the coherence phase spectrum to detect very small crack changes.

**DEĞİNİLEN BELGELER**

- Özçep F., Güzel M., Kepekçi D., Laman M., Bozdağ S., Çetin H., et al., (2009), Geotechnical and geophysical studies for wind energy systems in earthquake-prone areas: Bahce (Osmaniye, Turkey)case, International Journal Of Physical Sciences, vol.4, pp.555-561.
- Pınar, R., Göktürkler, G., Sındırğı, P., Erhan, Z. E., Kasım (2016), Rüzgar Elektrik Santrallerinde, Patlatma Kaynaklı, Zemin değişimlerinin Jeofizik Gözlemlerle Saptanması Raporu, T.C Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü., İzmir.
- Pınar. R., (2017), Jeofizikte Sinyal Kuramı, İzmir
- Styles, P., Stimpson. I., Toon, S.,England, R., Wright, M. (2005), Microseismic and infrasound monitoring of low frequency noise and vibrations from windfarms, School of Physical and Geographical Sciences, Keele University, staffs ST5 5BG.
- Telford, W. T., Geldart, L. P., Sheriff, R. E., (1990), Applied Geophysics Second Edition, Cambridge University Press.
- Kaminsky, A., 2001, ZONDRES 2 D Software, ver. 4.0., <http://www.zondgeo.ru>