



## CORNER REFLECTOR (CR) INSTALLATION AND CONTROLLING OF PERMANENT SCATTERER (PS) IN MINE SITES

Bekir Poyraz<sup>1</sup> , Yavuz Gül<sup>\*2</sup> 

<sup>1</sup>Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, Sivas, Türkiye

<sup>2</sup>Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Sivas, Türkiye

### Abstract

Original scientific paper

Deformation in mining areas have been started to be monitored by satellite SAR-based methods, which have recently emerged as an alternative to classical methods (Global Positioning Systems, Geometric Leveling, Terrestrial Lidar, Unmanned Aerial Vehicle Photogrammetry, etc.). The most important advantage of this method is that quite wide areas can be monitored remotely. However, the mentioned way also has some disadvantages. The first of these; deformations can only be determined in the direction of the Satellite Line of Sight, and the second one is that there is no correlated reflective surface due to the continuous change of topography in the locations where mining activities are carried out. Within the framework of this study, it is aimed to monitor by placing corner reflectors in the locations where sufficient permanent scatterer cannot be produced in Kalburçayırı and Hamal Coal Fields of Kangal Thermal Reactor Electric production A.Ş. By considering the area through Sentinel-1A/B satellites, new permanent scatterers constituted by employing the corner reflectors facility has been successfully observed in locations, where permanent scatterer could not be produced before. The results show us that; placing corner reflectors in locations where sufficient permanent scatterer cannot be made or not determined at all, increases the number and quality of permanent scatterer positively.

**Keywords:** Deformation, InSAR, corner reflector (CR), mine sites, pscatterer (PS).

## MADEN SAHALARINDA KÖŞE REFLEKTÖR (CR) TESİSİ VE SABİT SAÇICI (PS) KONTROLÜ

### Özet

Orijinal bilimsel makale

Maden sahalarındaki deformasyonlar son zamanlarda, klasik yöntemlerin (Global Konumlama Sistemleri, Geometrik Nivelman, Yersel Lidar ve İnsansız Hava Aracı Fotogrametresi vb.) alternatifi olarak ortaya çıkmaya başlayan uydu SAR tabanlı yöntemler ile izlenmeye başlanmıştır. Bu yöntemin en önemli avantajı, oldukça geniş alanların, alansal olarak uzaktan izlenebiliyor olmasıdır. Buna rağmen yöntem, bazı dezavantajlar da içermektedir. Bunlardan ilki; deformasyonların sadece uydu bakış doğrultusu yönünde belirlenebiliyor olması, ikincisi ise maden kazı faaliyetlerinin bulunduğu lokasyonlarda topoğrafyanın sürekli değişimine bağlı olarak eşlenik yansıtıcı yüzey bulunamamasıdır. Bu çalışma kapsamında, Kangal Termik Santral Elektrik Üretim A.Ş.'nin Kalburçayırı ve Hamal Kömür sahalarında sabit saçıcı olmayan lokasyonlara, köşe reflektörler yerleştirilerek sabit saçıcı takibi amaçlanmıştır. Sentinel-1A/B uyduları vasıtası ile saha takip edilerek daha önce sabit saçıcı üretilmeyen lokasyonlarda köşe reflektör tesisi ile oluşan yeni sabit saçıcılar başarı ile gözlemlenmiştir. Sonuçlar bize göstermiştir ki; yeterince sabit saçıcı üretilmeyen veya hiç görülmeyen lokasyonlara köşe reflektör yerleştirilmesi, sabit saçıcı sayısını ve kalitesini olumlu yönde artırmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Deformasyon, InSAR, köşe reflektör (CR), madens, sabit saçıcı (PS).

### 1 Giriş

Uydu veri tabanlı deformasyon belirleme yöntemlerinden Interferometrik Sentetik Açıklıklı Radar (InSAR), aynı bölgeye ait farklı zamanlarda veya farklı konumlarda elde edilen Yapay Açıklıklı Radar (Synthetic Aperture Radar, SAR) görüntülerinin piksel piksel eşleştirilmesi ve bunun sonucunda bir faz farkı oluşması temeline dayanmaktadır. Bu yöntemle uydu bakış yönünde

(LOS) santimetre veya santimetre altındaki yüzey deformasyonları belirlenebilmektedir [1]. InSAR yöntemi içerisindeki tekniklerden; Diferansiyel Yapay Açıklıklı Radar İnterferometrisi (DInSAR) ve Sabit Saçıcılar İnterferometrisi (PSI) arasında, en çok kullanılan PSI tekniğidir. PSI ile depremler, volkanlar, buzullar ve heyelanlar gibi olaylar sonucunda yüzeyde oluşan hareketler LOS yönünde belirlenerek deformasyonlar alansal olarak ortaya konulabilmektedir [2-8].

\* Corresponding author.

E-mail address: ygul@cumhuriyet.edu.tr (Y. Gül)

Received 22 August 2022; Received in revised form 19 September 2022; Accepted 18 October 2022

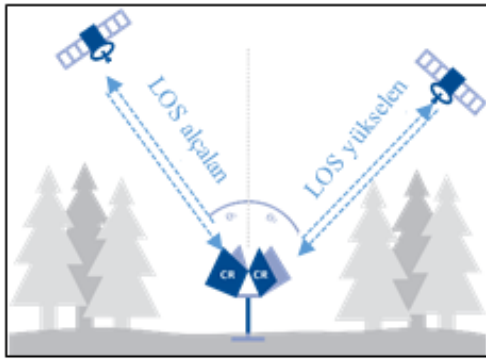
2587-1943 | © 2022 IJIEA. All rights reserved.

Doi: <https://doi.org/10.46460/ijiea.1165351>

PSI tekniği; farklı bir yaklaşımla ele alınarak, kabuk hareketlerinin deformasyon analizinde PS için standart bir yöntem olan StaMPS (Stanford Method for Persistent Scatterers) tekniği geliştirilmiştir [9]. Bu yöntem, bina gibi belirgin nesnelere olsun olmasın, her arazi türünde analiz yapmak için düşük faz değişimi gösteren pikselleri bularak interferometrik fazın mekansal korelasyonunu kullanmaktadır. Sabit saçıcı (PS) noktalarını belirlemek için interferogramlara ait uyum haritaları kullanılmaktadır. Bir hedef uygun bir değerden daha fazla uyum değeri gösteriyorsa bu nokta PS adayı olarak seçilir. Şehir alanlarındaki PS noktaları genellikle insan yapımı olan nesnelere (binalar, yollar, köprüler, direkler, limanlar, vb.) [10].

PSInSAR tekniğinde; InSAR yönteminde sorun teşkil eden atmosferik etkilerin filtrelenmesi için iki görüntüden daha fazla SAR görüntüsüne ihtiyaç vardır. Olumsuz faz katkıları azaltmak için hem zamansal hem de geometrik korelasyondan çok az etkilenen ve çok kararlı yansıtma değerleri sergileyen radar hedeflerine, PS'lere odaklanılmalıdır [11]. PSI tekniği ile deformasyon belirlemede PS nokta sayısı ve sıklığı doğruluk için en önemli etkenlerden birisidir [1].

Literatürde, köşe reflektör geometri parametreleri ve PSInSAR tekniğine katkılarıyla ilgili yayınlara daha sık olarak rastlanılmaktadır [12-20]. Köşe reflektörler uydu geçiş güzergâhına uygun bir şekilde konumlandırılarak uydu sinyallerini geri yansıtma temeli üzerine kurgulanmıştır (Şekil 1). Köşe yansıtıcı içeren bir çözünürlük hücresinden gelen sinyal-gürültü oranı, doğal saçıcılar içeren bir çözünürlük hücresinden çok daha büyük olacaktır [14].



Şekil 1. Köşe Reflektörlerin yönlendirilmesi [21].

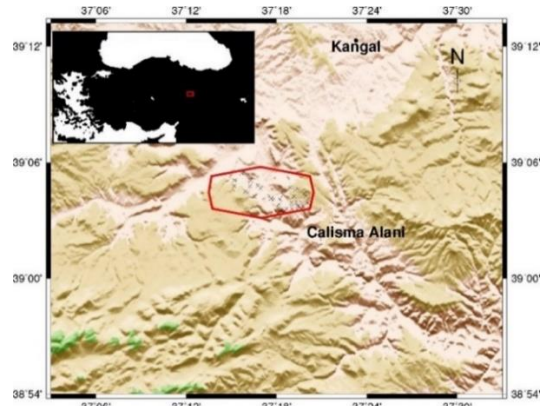
Maden sahalarında kazı dolgu çalışmaları nedeniyle topoğrafya hızlı olarak değiştiğinden, yeterince PS bulmak oldukça güçleşmektedir. Bir diğer taraftan özellikle takip edilmek istenilen bir lokasyonda PS görülemeyebilmektedir. Bu sorunun önüne geçebilmek amacıyla elektromanyetik yansıma özelliği olan, çevresel etkilerden (korozyon, yağmur, toz, kir vb.) etkilenmeyen, kararlı yansıtma özelliği gösteren sabit saçıcı köşe reflektörler (CR) tasarlanmıştır. Yeterli sayıda ya da hiç PS üretilmeyen lokasyonlara tesis edilen CR'ler ile bu sorun aşılmaya çalışılmıştır. Yapılan bu çalışmada geometrisi ve yerleştirilme düzeni özel olarak tasarlanan CR'ler, maden sahasında PS görülmeyen noktalara tesis edilmiştir. Yerleştirilen CR'lerin koordinat değerleri hassas bir şekilde kaydedilmiştir. Sahaya yerleştirilen CR'lerin yansımaları SNAP yazılımı ile kontrol edilmiş, bir grup

veri ile de CR yerleştirilmeden önceki ve sonraki PSInSAR/StaMPS tekniği ile LOS hızları mekansal dağılım haritaları oluşturulmuştur. Elde edilen veriler ışığında sahadaki CR kaynaklı PS'lerin takibi yapılmıştır.

## 2 Materyal ve Metot

### 2.1 Çalışma Sahası

Çalışma sahası, Kangal Termik Santral Elektrik Üretim A.Ş.'nin kömür açık işletme sahalarıdır (Şekil 2). İşletme sahası Sivas'ın Kangal ilçesinin sınırları içinde olup, ilçe merkezinin güneyinde yaklaşık 30 km uzaklıkta bulunmaktadır (39° 03' 45"N, 39° 19' 36"E).

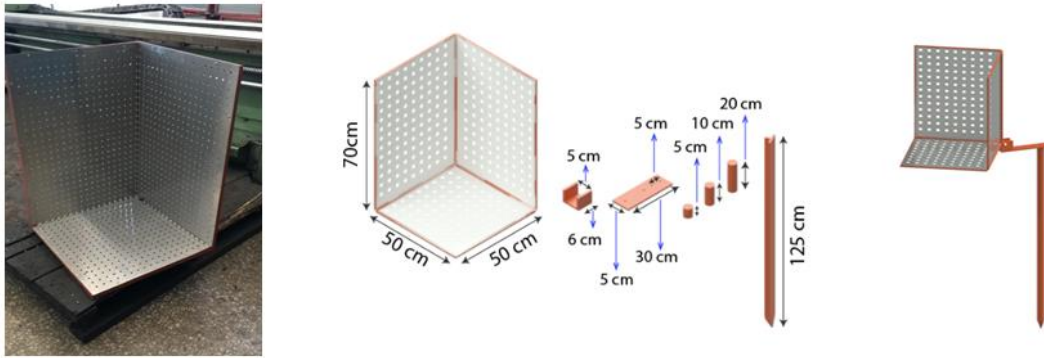


Şekil 2. Çalışma Alanı (GMT yazılımında oluşturulmuştur [22, 23].)

İşletme sahası genellikle küçük engebeler içeren yüksek plato görünümünde olup, 1450-1690 metreleri arasında değişen yükseklikler vardır. Erozyonlar nedeniyle sahanın güneyi kuzeyine nazaran daha engebelidir. Sahayı kuzeyden güneye kat eden bir dere mevcuttur. Kangal Termik Santrali'nin kömür ihtiyacının karşılandığı sahada ortalama kalınlığı 7 metre olan iki adet kömür damarı mevcut olup 5-10 derece eğimle Kuzeybatı – Güneydoğu yönünde uzanmaktadır. İki kömür tabakası arasında yaklaşık 20 metre kalınlıkta, bantlar halinde kil ve marndan oluşan ara kesme mevcuttur. Kömür tabakalarının üzerine ise kireçtaşı, marn ve kilden oluşan örtü tabakası formasyonunun kalınlığı 40-45 metre arasında değişmektedir. Döküm sahası malzemeleri kil, marn ve kireçtaşı birimlerinden oluşmaktadır. Kömür açık işletmeciliği ile üretim faaliyetleri sürdürülen söz konusu işletmede ekskavatör – kamyon ve dragline (70 yd<sup>3</sup>) yöntemleri kullanılmaktadır. Kömürün üzerindeki örtü tabakası ekskavatör-kamyon, ara kesme ise dragline ile kaldırılmaktadır. Kömür üretimi ise ekskavatör-kamyon yöntemi kullanılarak yapılmaktadır. Doğrudan kazı mümkün olmadığı için yalnızca kireçtaşında delme-patlatma işlemi uygulanmaktadır [24].

### 2.2 CR Tasarımı ve Sahaya Tesisi

Çalışma kapsamında sahaya, iki farklı lokasyonda 2'şer adet olmak üzere toplam 4 adet CR tesis edilmiştir. Her bir lokasyondaki CR'lerin birisi yükselen, diğeri ise alçalan uydu yörüngesine bakacak şekilde yerleştirilmiştir. Bu şekilde farklı yörünge ve açığa sahip uydu görüntülerinin test edilmesi amaçlanmıştır.



Şekil 3. CR tasarımı.

Bu CR'ler, Küçük ve Orta Ölçekli İşletmeleri Geliştirme ve Destekleme İdaresi Başkanlığı (KOSGEB) desteğiyle, Geomine Arge Mühendislik Danışmanlık Yazılım İhr. İth. Tic. Ltd. Şti. tarafından yürütülen "Maden sahalarında deformasyonların yapay açıklıklı uzay radar verilerinden yansıtıcı yüzey kullanılarak 2 boyutlu izlenmesi ve 'MineSAR' yazılımının geliştirilmesi" adlı çalışma kapsamında geliştirilmiş olan çoklu deformasyon izleme istasyonundan [25] faydalanılarak ve modifiye edilerek tasarlanmıştır (Şekil 3). CR'ler, korozyondan etkilenmemesi ve ağırlığının azaltılması amacıyla 2 mm kalınlığında alüminyum plakalardan üretilmiştir. Üç yüzeyde bulunan alüminyum plakalar üzerine, rüzgâr direncini kırmak ve oluşabilecek yağmur suyu ve kar birikmesini önlemek amacıyla 5 mm çapında delikler açılmıştır. Geometrik olarak küçük yer değiştirmelerin izlenmesi için dikdörtgen [18] olarak tasarlanmıştır. CR'ler sahanın belirlenen bölgelerine 24-26 Mayıs 2021 tarihleri arasında tesis edilmiştir. CR'lerin, tespit edilmiş [26] azimut açısı ve azami yükseklik açısı Tablo 1'de verilmiştir. Sahaya tesis edilmiş bir CR seti Şekil 4'de görülmektedir.

Tablo 1. CR yerleştirme parametresi.

	Sentinel 1A/B	
	Azimut açısı ( $^{\circ}$ )	Azami yükseklik açısı ( $^{\circ}$ )
Yükselen	260	18.74
Alçalan	99	13.74



Şekil 4. CR saha yerleşim şekli.

### 2.3 Veri Seti

Çalışma kapsamında Kangal Kalburçayırı ve Hamal sahalarına ait açık erişimli Sentinel 1A ve Sentinel 1B alçalan ve yükselen yörüngedeki uydu SAR verileri kullanılmıştır. Tablo 2'de kullanılan veri seti görülmektedir.

Tablo 2. Uydu radar veri seti.

Periyot	Zaman aralığı	Sentinel 1A/1B yükselen		Sentinel 1A/1B alçalan	
		Görüntü sayısı	Zaman aralığı	Görüntü sayısı	Zaman aralığı
2021	1p	03012021-27042021	20	03012021-27042021	20
	2p	06092021-23122021	19	06092021-29122021	20

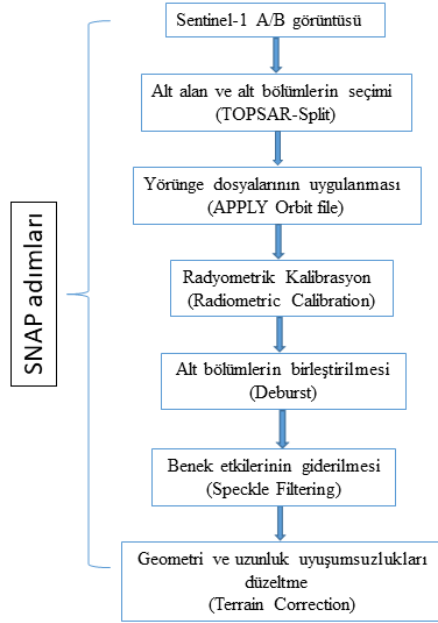
### 2.4 Veri İşleme

Çalışmanın amacı kapsamında; CR yardımıyla PS noktası elde edilip edilemediğini ortaya koyabilmek için aşağıda ayrıntıları verilen çalışmalar yapılmıştır.

- CR noktalarının tespiti için Avrupa Uzay Ajansı tarafından geliştirilen Sentinel Uygulama Platformunda (SNAP) Şekil 5'deki işlem adımları uygulanmıştır. Bu adımlar;
  - Verilerin girilmesi (görüntü tipi: SLC).
  - Dikey şerit (subswath), polarizasyon ve şeritler içinde yer alan, yatay şeritlerin (burst) seçimi (polarizasyon tipi: VV, sensör modu: IW).
  - Yörünge verilerinin girilmesi.
  - Görüntünün global geliş açısı ve sensöre özgü özellikleri dikkate alınarak, kalibre edilmiş bir ölçü sensörü tarafından alınan geri saçılma yoğunluğunun normalleştirilmiş radar kesitine ( $\sigma_0$ ) dönüştürülmesi.
  - İnterferogram görüntüsündeki burst'lerin tek bir görüntü oluşturmak üzere birleştirilmesi.
  - Benek filtrelemesi. (Benek; ölçülen yüzeylerin, geri saçılan sinyale, pozitif ve negatif katkılarından kaynaklanan sistematik bir etkisidir.)
  - Geometri ve uzunluk uyumsuzluklarını ortadan kaldıran düzeltmelerin yapılması.
- CR yerleştirilecek olan noktaların kesin koordinat değerlerinin, Kontrol Noktası (Ground Control Points, GCP) olarak SNAP programında işaretlenmesi.
- CR yerleştirilmeden önceki Sentinel 1A/B yükselen ve alçalan uydu radar verisi yardımıyla, SNAP yazılımında GCP noktalarının bulunduğu piksellerdeki saçılımların incelenmesi.
- CR yerleştirilmeden önceki döneme ait (Tablo 2, 1.periyot ) veri seti kullanılarak PSInSAR/StaMPS tekniği ile yükselen ve alçalan yörünge için LOS hızı mekansal dağılım haritalarının üretilmesi.



- v. CR yerleştirildikten sonraki Sentinel 1A/B yükselen ve alçalan uydu radar verisi yardımıyla, SNAP yazılımında GCP noktalarının bulunduğu piksellerdeki saçılımların incelenmesi.
- vi. CR yerleştirilmeden önceki ve sonraki geri saçılım katsayısı ( $\Sigma_0$ ) değerlerinin okunması.
- vii. CR yerleştirildikten sonraki döneme ait (Tablo 2, 2.periyot ) veri seti kullanılarak PSInSAR/StaMPS tekniği ile yükselen ve alçalan yörünge için LOS hızı mekânsal dağılım haritalarının üretilmesi.
- viii. CR yerleştirilmeden önceki ve sonraki durumlar için, oluşan saçılımların ve LOS hızları mekânsal haritalarının karşılaştırılması.



Şekil 5. CR tespiti için SNAP adımları.

### 3 Bulgular ve Tartışmalar

Yukarıda işaret edilen çalışmalar ışığında elde edilen bulgular;

- i. CR yerleştirmeden önceki 21-05-2021 tarihli yükselen Sentinel 1A ve 15-05-2021 tarihli yükselen Sentinel 1B uydu SAR verisi SNAP yazılımı ile değerlendirildiğinde, 4 no'lu bölgede köşe reflektör yansıması görülmemektedir (Şekil 6 a). Tablo 1 1p verileri kullanılarak PSInSAR/StaMPS tekniği ile yükselen yörünge LOS hızları bulunmuş ve mekânsal dağılım haritası üretilmiştir. LOS hızları mekânsal dağılım haritası incelendiğinde bazı bölgelerde PS olmadığı görülmüştür (Şekil 6 b).
- ii. Belirlenen bölgelere CR yerleştirildikten sonraki 02-06-2021 tarihli yükselen Sentinel 1A ve 08-06-2021 tarihli yükselen Sentinel 1B uydu SAR verisi SNAP yazılımı ile değerlendirildiğinde ise 4 no'lu bölgede köşe reflektör yansıması görülmektedir (Şekil 6 c). Tablo 1 2p verileri kullanılarak PSInSAR/StaMPS tekniği ile yükselen yörünge LOS hızları bulunmuş ve mekânsal dağılım haritası üretilmiştir. LOS hızları mekânsal dağılım haritası incelendiğinde CR tesis edilmiş lokasyonda PS görülmüştür (Şekil 6 d).

- iii. CR yerleştirmeden önceki 15-05-2021 tarihli alçalan Sentinel 1A ve 21-05-2021 tarihli alçalan Sentinel 1B uydu SAR verisi SNAP yazılımı ile değerlendirildiğinde, 4 no'lu bölgede köşe reflektör yansıması görülmemektedir (Şekil 7 a). Tablo 1 1p verileri kullanılarak PSInSAR/StaMPS tekniği ile yükselen yörünge LOS hızları bulunmuş ve mekânsal dağılım haritası üretilmiştir. LOS hızları mekânsal dağılım haritası incelendiğinde bazı bölgelerde yada konumlarda PS olmadığı görülmüştür (Şekil 7 b).
- iv. Belirlenen bölgelere CR yerleştirildikten sonraki 08-06-2021 tarihli alçalan Sentinel 1A ve 02-06-2021 tarihli alçalan Sentinel 1B uydu SAR verisi SNAP yazılımı ile değerlendirildiğinde ise 4 no'lu bölgede köşe reflektör yansıması görülmektedir (Şekil 7 c). Tablo 1 2p verileri kullanılarak PSInSAR/StaMPS tekniği ile yükselen yörünge LOS hızları bulunmuş ve mekânsal dağılım haritası üretilmiştir. LOS hızları mekânsal dağılım haritası incelendiğinde CR tesis edilmiş lokasyonda PS görülmüştür (Şekil 7 d).
- v. CR yerleştirilmeden önceki ve sonraki geri saçılım katsayısı ( $\Sigma_0$ ) değerleri, SNAP yazılımı aracılığı ile okunarak [27, 28] toplu halde Tablo 3'de verilmiştir. Tablo 3'de görüldüğü gibi CR yerleştirildikten sonraki  $\Sigma_0$  değerlerinde belirgin artışlar olmuştur.  $\Sigma_0$  değerlerinin değişimi; dalganın geliş açısı, boyu, polarizasyonu ve yüzey saçılma özelliklerinin değişmesinden kaynaklanmaktadır [29]. CR yerleştirilen bölgelerde değişen  $\Sigma_0$  değerleri, bu noktaların yeni PS adayı olabileceğini göstermektedir.

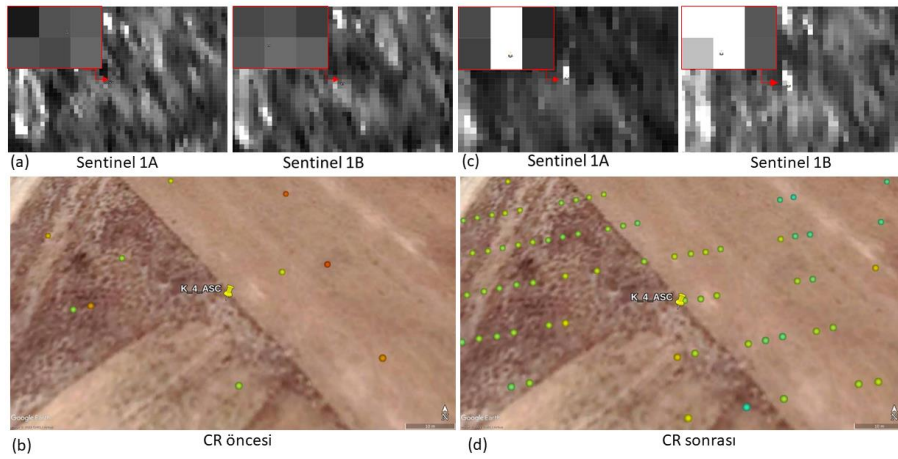
Tablo 3. CR öncesi ve sonrası geri saçılım katsayıları.

Geri saçılım katsayısı ( $\Sigma_0$ )	Sentinel 1A/B	CR öncesi	CR sonrası
Yükselen	1A	0,082	0,953
	1B	0,107	1,018
Alçalan	1A	0,017	2,977
	1B	0,037	0,274

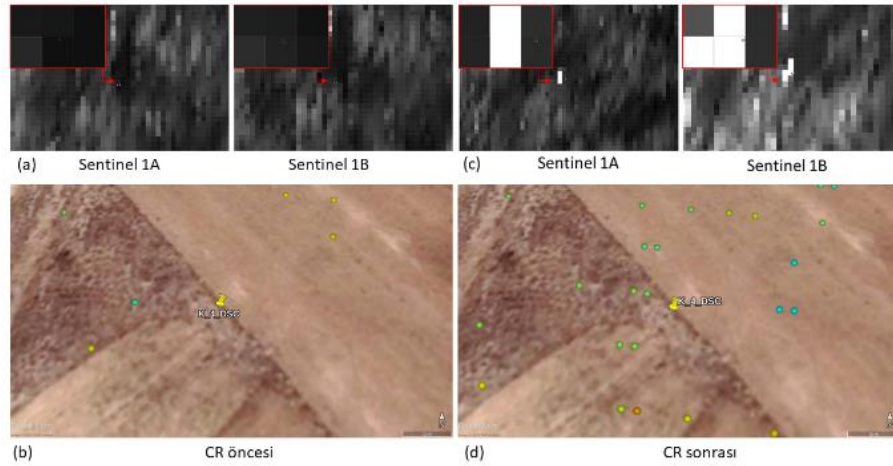
Bu bulgular, yeterince ya da hiç PS üretilmeyen lokasyonlara/bölgelere köşe reflektör tesisi ile PS üretilmesinin mümkün olacağını göstermiştir.

### 4 Sonuçlar ve Öneriler

Uydu SAR verileri kullanılarak PSInSAR/StaMPS tekniği ile yapılan deformasyon belirleme çalışmalarında, PS sayısının fazlalığıyla daha anlamlı ve doğru sonuçlar elde edilmektedir. Değerlendirilecek lokasyon, bölge veya alanların öncelikle bir ön değerlendirme ile PS varlığı incelenmelidir. Yetersiz PS görülen veya görülemeyen alanlar, köşe reflektör tesis edilerek desteklenmelidir. Yapılan çalışma; özellikle topoğrafyanın değişiminden bağımsız, nokta bazlı izlemelerin, bu yaklaşım ile yapılabileceğini göstermektedir. Kış aylarında kar birikmesi, yoğun bitki örtüsü, çok derin ocaklarda oluşan yüksek eğimler veya yağmur kaynaklı oluşan aşırı nemlilik nedeniyle yetersiz sayıda veya hiç PS görülemeyen lokasyonlarda, bölgelerde, alanlarda ya da özellikle takip edilmesi istenilen yani ilgi alanındaki belirli bir noktaya tesis edilecek CR'ler ile PS noktaları takip edilebilecektir.



Şekil 6. CR öncesi ve sonrası yükselen yörünge a-c) Köşe reflektör yansımaları b-d) noktaya düşen PS.



Şekil 7. CR öncesi ve sonrası alçalan yörünge a-c) Köşe reflektör yansımaları b-d) noktaya düşen PS.

## Teşekkür

Yazarlar CR tasarımındaki katkılarından dolayı Geomine Ar-Ge Mühendislik Danışmanlık Yazılım İhr. İth. Tic. Ltd. Şti.'ne, KOSGEB'e ve işbirlikleri için Kangal Kömür İşletmesi yetkililerine teşekkür ederler.

## Yazar katkıları

Tüm yazarlar, çalışmanın konseptine ve tasarımına katkıda bulunmuştur. Yavuz Gül fikri kavramsallaştırdı ve araştırmayı formüle etti. Veri toplama ve analiz Bekir Poyraz tarafından gerçekleştirilmiştir. Makalenin ilk taslağı Bekir Poyraz tarafından yazılmıştır ve tüm yazarlar makalenin önceki sürümleri hakkında yorum yapmıştır. Tüm yazarlar makalenin son halini okumuş ve onaylamıştır.

## Bilgilendirme

Gerçekleştirilen bu çalışmada Etik Kurul Onay belgesine gerek yoktur.

## Kaynaklar

[1] Poyraz, F., GÜL, Y., & Duymaz, B. (2020). Determination of deformations by using the PSI technique at a common dump site of three different open-pit marble mines in Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 29(6).

- [2] Ferretti, A., Prati, C., Rocca, F. (2001). Permanent Scatterers in SAR interferometry. *IEEE Trans Geosci Remote Sens* 39(1):8–20.
- [3] Colesanti, C., Ferretti, A., Novati, F., Prati, C., Rocca, F. (2003). SAR monitoring of progressive and seasonal ground deformation using the permanent scatterers technique. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 41 (7): 1685-1701.
- [4] Colesanti, C., Ferretti, A., Prati, C., & Rocca, F. (2003). Monitoring landslides and tectonic motions with the Permanent Scatterers Technique. *Engineering geology*, 68(1-2), 3-14.
- [5] Canuti, P., Casagli, N., Ermini, L., Fanti, R., Farina, P. (2004). Landslide activity as a geoinicator in Italy: significance and new perspectives from remote sensing. *Environmental Geology* 45 (7): 907-919.
- [6] Colesanti, C., Wasowski, J. (2004). Satellite SAR interferometry for wide-area slope hazard detection and site-specific monitoring of slow landslides. *In: Proceedings of the Ninth International Symposium on Landslides; Rio de Janeiro, Brazil.* (pp. 795-802).
- [7] Ferretti, A., Prati, C., Rocca, F., Casagli, N., Farina, P., & Young, B. (2005, May). Permanent Scatterers technology: a powerful state of the art tool for historic and future monitoring of landslides and other terrain instability phenomena. *In Proceedings of the International Conference on Landslide Risk Management*, Vancouver, BC, Canada (Vol. 31).
- [8] Gündoğdu, B., Erdoğan, H., & Oktar, O. (2021). Investigation of Disasters with Different InSAR Methods. *Turkish Journal of Geosciences*, 2(1), 33-45.

- [9] Hooper, A., Segall, P., Zebker, H. (2007). Persistent scatterer interferometric synthetic aperture radar for crustal deformation analysis, with application to Volca'n Alcedo, Gala'pagos. *Journal of Geophysical Research* 112: B07407.
- [10] Poyraz, F., & Hastaoğlu, K. Ö. (2020). Monitoring of tectonic movements of the Gediz Graben by the PSInSAR method and validation with GNSS results. *Arabian Journal of Geosciences*, 13(17), 1-11.
- [11] Ferretti, A. (2014). *Satellite InSAR Data: reservoir monitoring from space (EET 9)*. Earthdoc.
- [12] Froese, C., Poncos, V., Skirrow, R., Mansour, M., & Martin, D. (2008). Characterizing complex deep seated landslide deformation using corner reflector insar (CR-INSAR): Little Smoky Landslide, Alberta. In *Proc. 4th Can. Conf. Geohazards*. (pp. 1-4).
- [13] Qin, Y., Perissin, D., & Lei, L. (2013). The design and experiments on corner reflectors for urban ground deformation monitoring in Hong Kong. *International Journal of Antennas and Propagation*, 2013.
- [14] Garthwaite, M. C., Lawrie, S., Dawson, J., & Thankappan, M. (2015). Corner reflectors as the tie between insar and GNSS measurements: Case study of resource extraction in Australia. *Eur. Sp. Agency. Spec. Publ., ESA SP SP-731*.
- [15] Garthwaite, M. C. (2017). On the design of radar corner reflectors for deformation monitoring in multi-frequency insar. *Remote Sensing*, 9(7), 648.
- [16] Parker, A. L., Featherstone, W. E., Penna, N. T., Filmer, M. S., & Garthwaite, M. C. (2017). Practical considerations before installing ground-based geodetic infrastructure for integrated insar and cgns monitoring of vertical land motion. *Sensors*, 17(8).
- [17] Bányai, L., Nagy, L., Hooper, A., Bozsó, I., Szűcs, E., & Wertzger, V. (2019). Investigation of integrated twin corner reflectors designed for 3-D InSAR applications. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 17(6), 1013-1016.
- [18] Jauvin, M., Yan, Y., Trouvé, E., Fruneau, B., Gay, M., & Girard, B. (2019). Integration of Corner Reflectors for the Monitoring of Mountain Glacier Areas with Sentinel-1 Time Series. *Remote Sensing*, 11(8), 988.
- [19] Boukhemacha, M. A., Teleaga, D., Serbulea, M. S., Poncos, V., Serpescu, I., Manoli, D. M., ... & Haagmans, R. (2021). Combined in-situ and Persistent Scatterers Interferometry Synthetic Aperture Radar (PSInSAR) monitoring of land surface deformation in urban environments-case study: tunnelling works in Bucharest (Romania). *International Journal of Remote Sensing*, 42(7), 2641-2662.
- [20] Liu, Z., Bian, Z., & Liu, W. (2022). Monitoring of large and inconsistent deformation in coal mining area using point-like target offset tracking. *International Journal of Remote Sensing*, 43(4), 1157-1177.
- [21] Tre-Altamira (2022). Retrieved June 10, 2022 from <https://site.tre-altamira.com/insar-solutions/%20insar-corner-reflectors>.
- [22] Wessel, P., & Smith, W. H. (1995). New version of the generic mapping tools. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 76(33), 329-329.
- [23] Wessel, P., & Smith, W. H. (1998). New, improved version of Generic Mapping Tools released. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 79(47), 579-579.
- [24] Gül, Y. (2006). *Bazı Açık İşletmelerdeki Değişik Kaya Birimlerinin Taşıma Kapasitelerinin Araştırılması ve Kayaç Özellikleri ile İlişkilendirilmesi*. (Doctoral dissertation, Sivas Cumhuriyet University)
- [25] Gül, Y., Hastaoğlu, K.Ö., Poyraz, F., (2020). Maden sahalarında deformasyonların yapay açıklıklı uzay radar verilerinden yansıtıcı yüzey kullanılarak 2 boyutlu izlenmesi ve 'MineSAR' yazılımının geliştirilmesi. *KOSGEB Projesi*.
- [26] Heavens Above (2015). Retrieved June 6, 2022 from <https://www.heavens-above.com/SatInfo.aspx?satid=39634&lat=39.0935&lng=37.2906&loc=Hamal&alt=0&tz=TRT>
- [27] Braun, A. (2020). Sentinel-1 Toolbox, Synergetic use of radar and optical data, Combination of Sentinel-1 and Sentinel-2 and application of analysis tools, ESA, SkyWatch Space Applications Inc.,(pp.29)
- [28] Miranda, N., Meadows, P. J., Type, D., & Note, T. (2015). Radiometric calibration of S-1 level-1 products generated by the S-1 IPF. Retrieved June 2, 2022 from <https://sentinel.esa.int/documents/247904/685163/S1-Radiometric-Calibration-V1.0.pdf>.
- [29] Kumar, D. (2021). Urban objects detection from C-band synthetic aperture radar (SAR) satellite images through simulating filter properties. *Scientific Reports*, 11(1), 1-24.