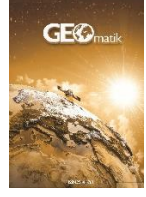




Geomatik

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/geomatik>

e-ISSN 2564-6761



Etrafı faylarla çevrili arazilerde tektonik levha hareketleri

Turgut Uzel*¹ 

¹İstanbul Kültür Üniversitesi, Geomatik Uygulama Araştırma Merkezi, İstanbul, Türkiye

Anahtar Kelimeler

Geomatik
Jeofizik
Deprem

Araştırma Makalesi

Geliş: 30.09.2022
Revize: 25.11.2022
Kabul: 29.11.2022
Yayınlanma: 12.01.2023



Öz

Tektonik levha içindeki etrafı faylarla çevrili arazilerde, çevresinden farklı tektonik hareketler olma olasılığı düşünülerek araştırma yapılmıştır. Eğer böyle bölgelerde genel ortalamalar alınarak konumla ilgili işlemler yapılırsa zamanla büyüyen; başta taşınmaz mal sınır anlaşmazlıkları olmak üzere çok önemli hukuki ve teknik sorunlar ortaya çıkar. Onun için bu arazilerdeki referans noktalarında belirli zaman aralıklarında gerçekleştirilen ölçümlere dayalı olarak koordinat dönüşüm hesapları yapılması gerekir. Türkiye fay hatları haritası incelendiğinde Anadolu plakasının, güneydoğuda güneyden kuzeye doğru hareket ederken, ortasında batıya, batısında da güneye doğru devindiği görülür. Bu değer, Batı Anadolu için güney-batı yönünde 4 cm/yıl kadardır. Fakat bu harita yakından incelendiğinde Küçükmenderes havzasının, etrafı faylarla çevrili, çok tipik bir grabenin daha sonra alüvyonlarla dolması sonucu oluşmuş önemli bir çöküntü ovası olduğu görülür. Bu nedenle örnek olarak Küçükmenderes ovası seçilmiştir. Araştırma için kamu kuruluşlarınca tesis edilen yedi nirengi noktasında 40-45 sene ara ile ölçülen koordinat değerleri veri olarak alınmıştır. Hesaplarda bu referans noktalarının CORS TR Projesi kapsamında hesaplanan International Terrain Reference Frame (ITRF) kullanılmıştır. Sonuçta bu bölgedeki tektonik plaka hareketlerinin, çevresinden tamamen farklı olarak kuzey-batı yönlü olduğu bulunmuştur.

Tectonic plate movements in between surrounded fault zones

Keywords

Geomatics
Geophysics
Earthquake

Research Article

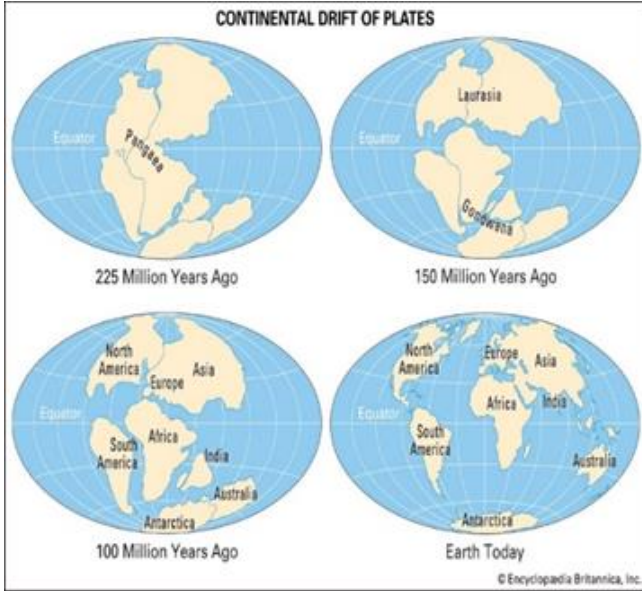
Received: 30.09.2022
Revised: 25.11.2022
Accepted: 29.11.2022
Published: 12.01.2023

Abstract

The research was carried out considering the possibility of different tectonic movements in the lands surrounded by faults in the tectonic plate. If location-related transactions are made by taking general averages in such regions, very important legal and technical problems arise, especially immovable property border disputes that grow over time. For this reason, coordinate correction calculations should be made based on the measurements performed at certain time intervals at the reference points in these lands. When the fault lines map of Turkey is examined, it is seen that the Anatolian plate moves from south to north in the southeast, while it moves westward in the middle and southward in the west. This value is about 4 cm/year in the south-west direction for Western Anatolia. However, when this map is examined closely, it is seen that the Küçükmenderes basin is an important depression plain formed as a result of a very typical graben surrounded by faults and later filled with alluvium. For this reason, Küçükmenderes plain was chosen as a case study. Coordinate values measured at intervals of 40-45 years at seven triangulation points established by public institutions were taken as data for the research. The International Terrain Reference Frame (ITRF) calculated within the scope of the CORS TR Project of these reference points was used in the calculations. As a result, it was found that the tectonic plate movements in this region are in the north-west direction, completely different from its surroundings.

1. Giriş

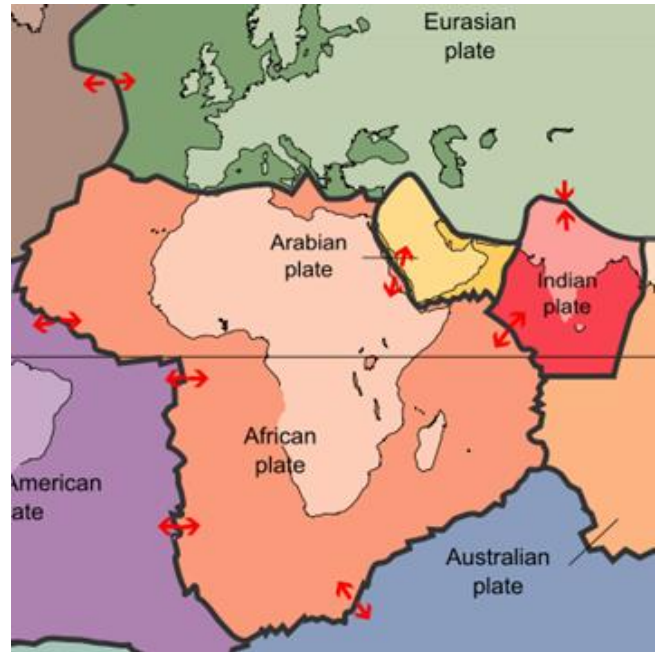
Yer küremiz, 15-20 milyar yıl önce uzaydaki çok büyük bir patlamadan sonra değişik aşamalardan geçerek bugünkü haline gelmiştir (Şekil 1). Bir evresinde çok sıcak ergimiş maddelerden oluşan yüzeyi sonra soğuyarak farklı katmanlar oluşturmuştur. Bu süreçte ağır maddeler içe doğru çökerek çekirdeği, daha düşük yoğunluktaki maddeler ise çekirdek çevresindeki katmanları meydana getirmiş ve yüzeydeki ergimiş maddelerin soğumasıyla yer kabuğu şekillenmiştir. Milyarlarca yıldır var olan dünyamızın görüntüsü, bugüne kadar birçok kez değişmiştir. Yer kabuğunun yüzeyi, küreye benzeyen şekli bozulmadan, çatlamış yumurta kabuğu gibi pek çok parçaya ayrılmıştır. (Atabey, 2000). Bu kabuk parçalarının her birine tektonik levha denilmektedir. Bu levhalar, 100-400 km derinlikler arasında yer alan 300 km kalınlıktaki astenosferdeki sıcaklık ve yoğunluk farklarından kaynaklanan konveksiyon döngüleri nedeniyle sürekli olarak devinimlerini sürdürmektedir.



Şekil 1. Pangea'dan günümüze (Pangea, 2022)

Bu bağlamda Arabistan levhası saat göstergesinin aksi yönünde bir torkla tam kuzeye doğru devinirken Afrika levhası kuzey doğuya doğru devinir (Şekil 2). Afrika ve Arap levhalarının devinimi Doğu Anadolu elastoplastik karmaşasını sıkıştırmaktadır. Bu blok devinimlerinin içerisinde yer alan Ege bölgesinde, çok önemli bir "gerilim rejimi" etkindir (Kaynak 2009).

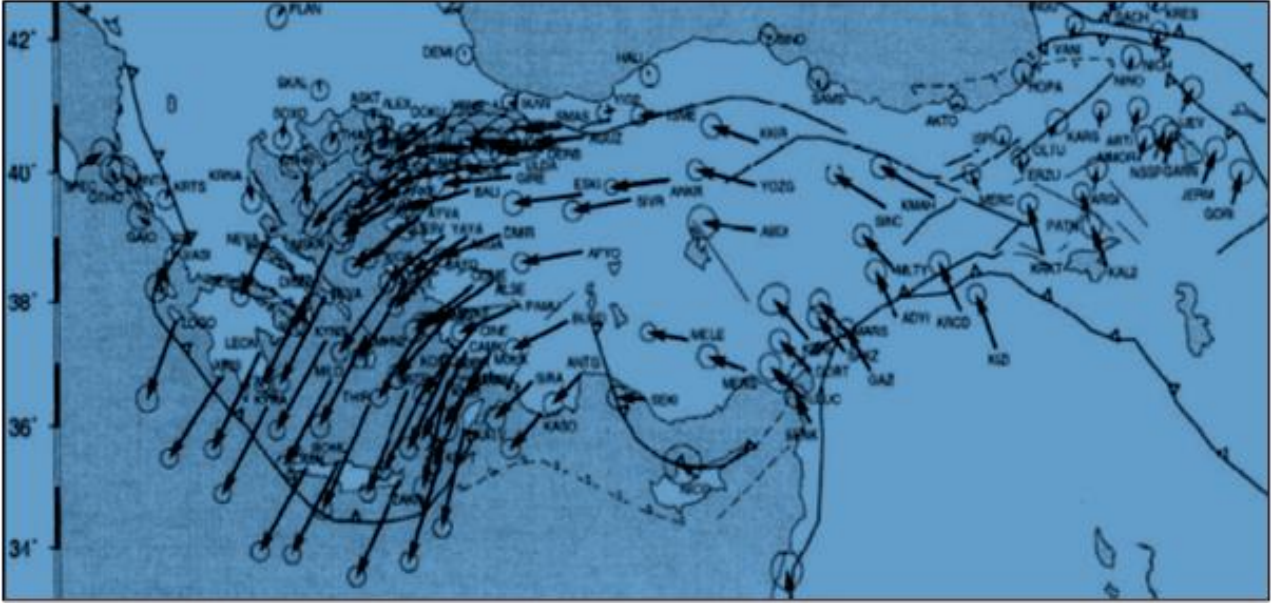
Özetle Kuzeydeki Euroasia (Avrupa-Asya) bloğunun kütlesi çok büyük olduğu, doğuya doğru hareket ettiği ve güneyden gelen bu baskıya direndiği için Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) ve Kızıldeniz açılması ise bu plakaya saat göstergesinin aksine bir tork momenti uyguladığı için Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) olarak tanımlanan fay hattı oluşmuştur (Şekil 3) (Şengör, 1980). Doğu bölgesindeki bu sıkışmaya karşı batıda (Ege bölgesinde) açılma rejimi görülmektedir.



Şekil 2. Yakın çevrenin tektonik levhaları ve hareket yönleri (Pangea, 2022).



Şekil 3. Türkiye fay hatları haritası



Şekil 4. 1988-1997 döneminde belirlenen plaka hareketleri (McClusky ve ark 2000)

Bu hareketlerin bir sonucu olarak güneyden ve kuzeyden sıkışan Anadolu plakası, Şekil 4'te görüldüğü gibi Anadolu'nun güney doğusunda güneyden kuzeye doğru hareket ederken, ortasında batıya, batısında da güney batıya yönelir. Devim miktarları da bölgeye göre değişir. Plakanın ortalarındaki zemin hareketinin yatay olarak ortalama 2,5 cm/yıl olduğu söylenebilir. Bu değer, Türkiye için ortalama devim değeri olarak kabul edilmektedir. Oysa plakanın batı kesimindeki hareket, güneybatıya doğru ortalama 4 cm/yıl kadardır. (McClusky ve ark 2000; Eren & Uzel 2008; Uzel ve ark 2010, Uzel ve ark 2013). Ege bölgesi, batı ve güneybatı yönünde devinmektedir. Bu bölge gerdirme zorlaması altındadır ve saat yönünün aksine dönmeye zorlanmaktadır (Kaynak 2017).

1.1. Etrafı fay hatlarıyla çevrili araziler

Şekil 3'teki fay haritası yakından incelendiğinde, iki ana fay hattından başka etrafı fay hatlarıyla çevrili bazı alanlar olduğu görülür. Böyle dinamik ve jeolojik yapıdaki alanlarda plaka hareketlerinin, çevresinden farklı olma olasılığı vardır. Örneğin Küçükmenderes ovası civarında oluşan depremlerde hâkim zemin hareketi düşey yönlü olduğundan, deprem sonucunda ortaya çıkan konum değişimleri de standart yanal hareket ortalamalarına göre gerçekleşmeyebilir (Şekil 5). Böyle tektonik hareketler hesaba katılmaz ve sadece yukarıda sözü edilen Türkiye ortalaması esas alınırsa, zamanla pek çok kadastral ve mülkiyet sorunları ortaya çıkar. Zaman aralıklarıyla ölçülen bir parselin köşe noktalarına ait koordinatlar, plakaların bu farklı hareketlerinden dolayı değişirler. Sonuçta bu durum mülkiyet bakımından bir parselin komşu parselde tecavüzü olarak yorumlanır. Örneğin 50 yıl sonra ölçülen bir parselin köşe noktaları birkaç metre kaymış yani komşu parselde tecavüz etmiş olarak değerlendirilir.

2. Küçükmenderes Havzasında plaka hareketlerinin saptanması

Soruna çözüm bulmak amacıyla Küçükmenderes havzası, çalışma konusu olarak seçilmiştir. Bu arazi, çok tipik bir grabenin daha sonra alüvyonlarla dolması sonucu oluşmuş önemli bir çöküntü ovasıdır. Bölgedeki ovalar, doğu-batı yönünde uzanan çöküntü hendeklerinde bulunurlar ve Menderes masifi adını alan birinci zaman yaşlı metamorfik temel arazi üzerinde yer alırlar. Bunlar, üçüncü zaman sonu - dördüncü zaman başlarındaki tektonik hareketler sırasında Ege'de karasının çökmesine bağlı olarak masifin çöken kısımlarında meydana gelmişlerdir. Ovanın oluşumu dördüncü zamanın başında gerçekleşmiştir. Depremlerin devam etmesi, sıcak su kaynaklarının varlığı ve henüz karalaşmamış yerlerin (bataklıkların) bulunması, ovanın oluşum sürecinin devam ettiğinin göstergesidir (Şahin 2005).

Bu bölgedeki nirengi noktalarında zaman aralıklarıyla ölçülen koordinat değerleri incelendiğinde, faylanmanın çok ve değişik karakterli olduğu, CORS-TR (Continuously Operating GPS Reference Stations System = Türkiye Sürekli Gözlem Yapan Sabit GPS İstasyonları Sistemi)'nde kullanılan genel düzeltme parametrelerinin bu farklı hareketi karşılamadığı ve aralarında çok büyük farklar olduğu anlaşılmaktadır. Bu nedenle, bölgedeki devinimleri belirlemek ve yıllık değişimleri hesaplamak için bir yöntem arayışına girilmiştir. Bunun için araştırmada, Şekil 5'te alt sağda işaretlenen Ege bölgesinde İzmir ili yakınlarında etrafı faylarla çevrili Büyükenderes - Küçükenderes - Gediz arası bölge ele alınmıştır.

Çalışmada, devlet kurumları tarafından tesis edilen yedi nirengi noktasında ilki 1960 yılında ikincisi 40-45 yıl sonra tekrarlanan ve Tablo 1'de görülen ölçüm değerleri kullanılmıştır.

3. CORS-TR (TUSAGA Aktif)

İstanbul Kültür Üniversitesi'nin iki öğretim üyesi tarafından tasarlanan ve önerilen CORS-TR (TUSAGA Aktif) Sisteminin Kurulması ve Datum Dönüşümü isimli 1007 Kamu ARGE projesi, 2006 yılında TÜBİTAK tarafından kabul edilmiş ve destekleme kararı alınmıştır. Aynı sene başlayan çalışmalar 2008'de tamamlanmış ve hizmete girmiştir. Sistem, 143'ü Türkiye'de 4'ü Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti'nde olmak üzere toplam 147

sürekli gözlem yapan sabit GPS referans istasyonu ile biri Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü (TKGM) ve diğeri Harita Genel Komutanlığı (HGK)'nda bulunan iki kontrol merkezinden oluşmaktadır. Kuruluşundan beri 7/24 kesintisiz hizmet veren bu sisteme bağlanan bir GNSS alıcısıyla Türkiye ve Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti'ndeki herhangi bir noktanın koordinatları, anlık olarak yaklaşık $\pm 2,5$ cm doğrulukla saptanabilmektedir (Eren & Uzel 2008).



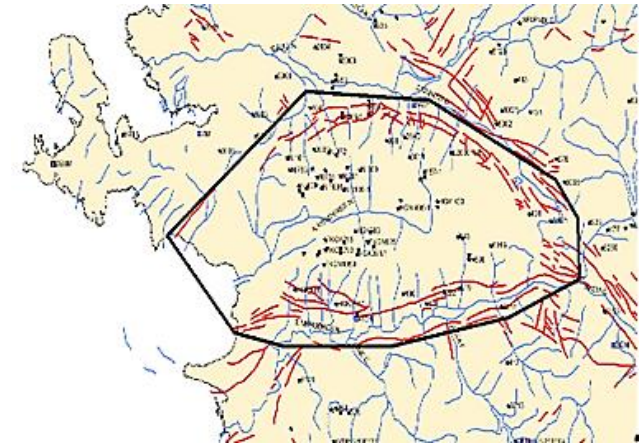
(a)



(b)

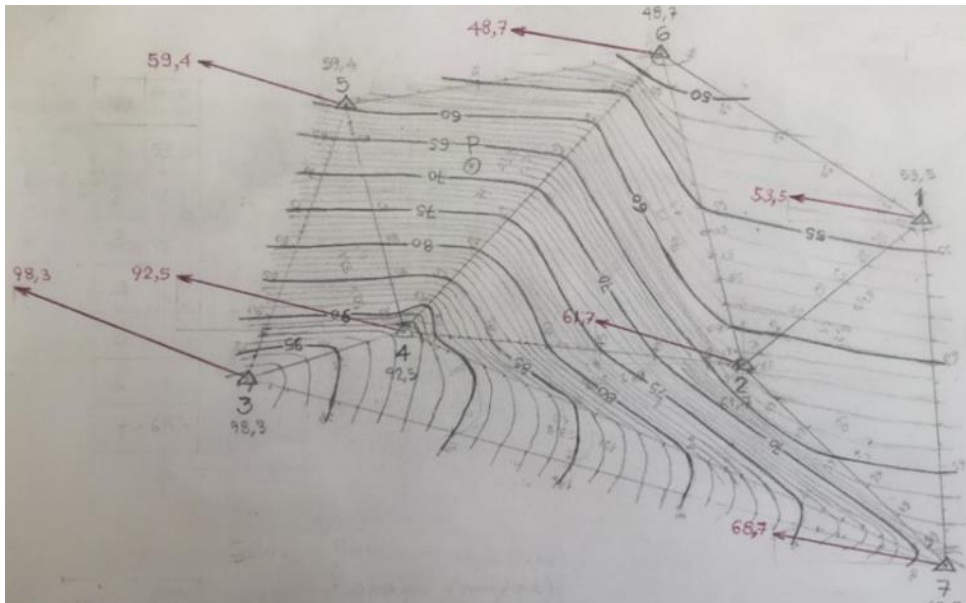


(c)



(d)

Şekil 5 a,b,c,d. Bölgenin haritaları ve üzerinde çalışılan bölge.



Şekil 6. Referans noktalarındaki hareket vektörleri ve eş hareket eğrileri

Tablo 1. Referans noktalarında yapılan gözlem bilgileri

Nokta	İlk Ölçüm			Sonraki Ölçüm			Farklar			
	X(m)	Y (m)	Teski	X(m)	Y(m)	Tyeni	dx	dy	dz	
1	HGM.405-1	591716.57	4225250.85	1960	591716.98	4225248.75	2000	0.41	-2.1	40
2	HGK354	581534.73	4212466.83	1960	581535.56	4212464.18	2005	0.83	-2.65	45
3	HGK480	551685.02	4209896.19	1960	551686.73	4209892.11	2005	1.71	-4.08	45
4	TKGM765	560700.48	4214385.88	1960	560701.51	4214381.85	2005	1.03	-4.03	45
5	N.434	556772.67	4232613.3	1960	556773.47	4232610.75	2005	0.8	-2.55	45
6	N.600	575434.97	4237872.4	1960	575435.43	4237870.26	2005	0.46	-2.14	45
7	108	594473.07	4196762.51	1960	594473.51	4196759.80	2000	0.44	-2.71	40
Σ					4012323.03	29529227.70				
C					573189.03	4218461.10				

4. Hareketlerin Saptanması

Proje kapsamında datum dönüşümü için ilgili devlet kurumlarınca Türkiye sınırları içerisinde tesis edilen yaklaşık on bin nirengi noktası, yerlerinde incelenmiş ve bunlardan sadece üç bin kadarının bu amaçla kullanılabilir olduğu belirlenmiştir. 2008'e kadar uygulanan ED50 Datumu'na göre koordinat değerlerine sahip olan bütün kadastral pafta ve noktaların ITRF (International Terrestrial Reference Frame = Uluslararası Yersel Koordinat Ağı) sistemine göre tekrar ölçümleri yapılmış ve datum dönüşümü gerçekleştirilmiştir.

CORS-TR projesi için derlenen bu bilgiler incelenerek çalışma yapılan alanda bulunan noktaların iki ayrı zamanda belirlenen koordinat değerleri, araştırmada veri olarak kullanılmıştır (Tablo 1).

Hesaplarda iki ölçüm arasındaki zaman farkı dt, yer değiştirme bileşenleri dX' ve dY',

$$dt = t_{yeni} - t_{eski}$$

$$dX' = X_{yeni} - X_{eski} \quad (1)$$

$$dY' = Y_{yeni} - Y_{eski}$$

ve yıllık koordinat değişimleri,

$$dX = \frac{dX'}{dt}$$

$$dY = \frac{dY'}{dt} \quad (2)$$

ve hareket vektörünün büyüklüğü ve yönü,

$$ds = (dx^2 + dy^2)^{1/2}$$

$$\alpha = \arctan \frac{dy}{dx} \quad (3)$$

Ağın kapsadığı saha için yıllık ortalama hareket değerleri,

$$\bar{dx} = \frac{1}{n} \sum x_i$$

$$\bar{dy} = \frac{1}{n} \sum y_i \quad (4)$$

$$v_{x_i} = \bar{dx} - x_i$$

$$v_{y_i} = \bar{dy} - y_i \quad (5)$$

Karesel ortalama hatalar ise

$$\sigma_x = \mp \sqrt{\frac{\sum v_{x_i}^2}{n-1}}$$

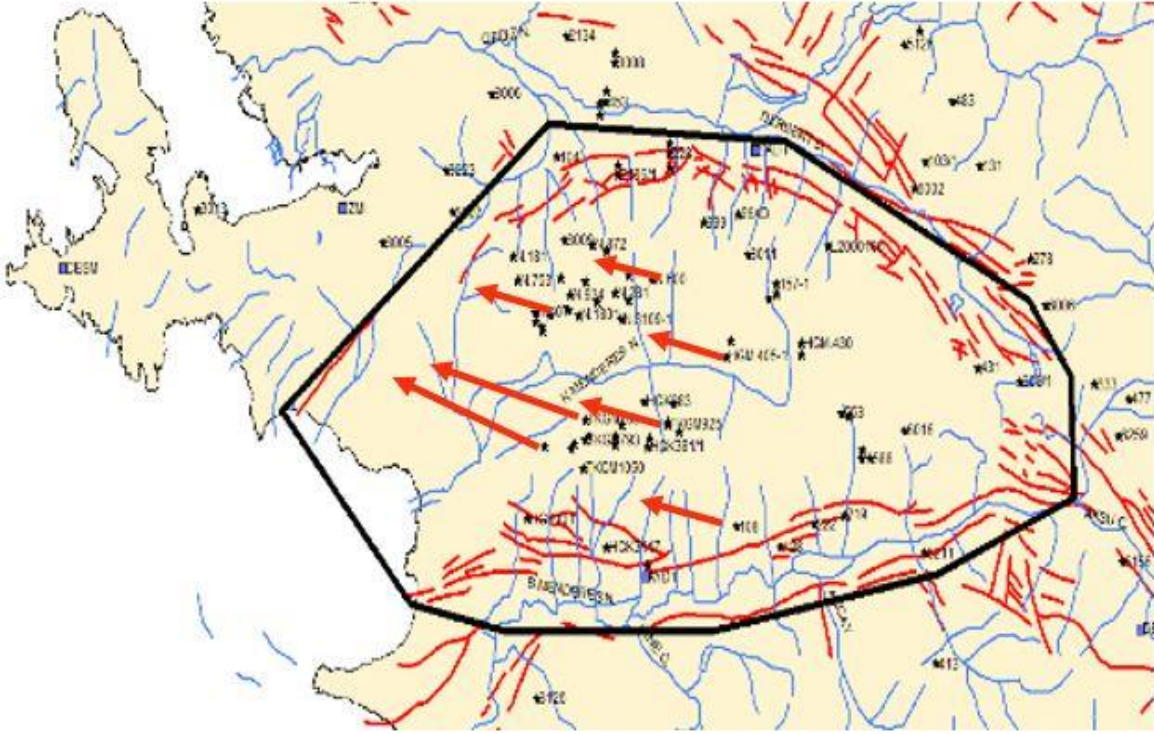
$$\sigma_y = \mp \sqrt{\frac{\sum v_{y_i}^2}{n-1}} \quad (6)$$

$$\sigma_s = \mp \sqrt{\frac{\sum v_{s_i}^2}{n-1}}$$

Formüllerdeki n, referans noktalarının sayısıdır. Burada Küçükmenderes ovasındaki plaka hareketlerinin, 316,532^s kuzeybatı yönlü, 48.6 - 98.3 mm/yıl; ortalama 68.8 mm/yıl olduğu görülmektedir (Tablo 2).

Tablo 2. Hareket vektörlerine ilişkin hesap özeti

Nokta	Yıllık Ortalama				V _x	V _x ²	V _y	V _y ²	ds (mm/yıl)	α (grad)
	dx (mm/yıl)	dy (mm/yıl)	ds (mm/yıl)	α (grad)						
1	10.2	-52.5	53.5	312.2164	8.2	67.24	-13.8	-190.44	53.5	312.2164
2	18.4	-58.9	61.7	319.2761	0	0.00	-7.4	54.76	61.7	319.2761
3	38	-90.7	98.3	325.2577	-19.6	384.16	24.4	595.36	98.3	325.2577
4	22.9	-89.6	92.5	315.9297	-4.5	20.25	23.3	542.89	92.5	315.9297
5	17.8	-56.7	59.4	319.3653	0.6	0.36	-9.6	92.16	59.4	319.3653
6	10.2	-67.6	48.7	313.4386	8.2	67.24	-18.7	349.69	48.7	313.4386
7	11	-67.8	68.7	310.2394	7.4	54.76	1.5	2.25	58.7	310.2394
Σ	128.5	-463.8	482.8	2215.723	0.3	594.01	-0.3	1827.55	482.8	2215.7232
$\bar{dx} \cong 18.4$		$\bar{dy} \cong 66.3$		$\bar{ds} \cong 68.8$	$\bar{da} \cong 317.234$		$\sigma_x \cong \pm 9.9$	$\sigma_y \cong \pm 17.5$	$\bar{ds} \cong 69.0$	$\bar{\alpha} = 316.532$



Şekil 7. Referans noktalarındaki hareket vektörleri

5. Sonuçlar

Çalışmaya, etrafı faylarla çevrili bölgelerde çevresinden farklı tektonik plaka hareketleri olasılığı öngörülerek başlanmıştır. Resmi nirengi koordinat verileri değerlendirilerek bu nitelikteki Menderes havzasında kuzeybatı yönlü ve doğudan batıya doğru gittikçe büyüyen yatay yer değiştirme hareketi olduğu bulunmuştur (Şekil 6 ve 7). (Kaynak, 2009)'a göre *bu vektörel devinimlerin en rasyonel açıklaması, gravitenin yatay bileşenine dayanmaktadır*. Türkiye geneli için yapılan hesapla saptanan yatay plaka hareketleri, Menderes ovasında *güneybatı yönünde ortalama 261,5^o ve ortalama 40 mm/yıl* olarak verilmektedir (McClosky ve ark., 2000). Oysa aynı bölge içerisinde kamu kurumları tarafından tesis edilen 7 nirengi noktasının, 40-45 yıl arayla yapılan ölçümlerle hesaplanan koordinat değerleriyle bulunan hareket vektörlerinin yönleri, kuzeybatı istikametinde ortalama 317,2^o ve 68.8 mm/yıl'dır (Tablo 1 ve 2). Bu iki hesap sonuçları arasındaki farklar çok büyüktür. Bu nedenle etrafı fay hatlarıyla çevrili bir bölge olan Küçükmanderles ovasında, Türkiye geneli veya batısı için önerilen dönüşüm değerleri değil bunun yerine uygun referans noktalarındaki ölçümler esas alınarak hesaplanacak değerler kullanılmalıdır.

CORS-TR (TUSAGA Aktif) referans istasyonlarının koordinatları, en az 14 yıldan beri $\pm 2,5$ mm doğrulukla saptanıp kaydedilmektedir. En azından, 40-60 km aralıklı olan bu noktalardaki verilerden bu amaçla yararlanılabilir.

Daha duyarlı bir yaklaşım için birbirlerinden uzaklıkları 15 km veya daha kısa olan referans noktaları tercih edilmelidir. Bu noktalarla sanal üçgenlerden oluşan bir ağ tasarlanmalı ve koordinat dönüşüm hesapları yapılmalıdır.

Bilgilendirme/Teşekkür

Tektonik konusundaki değerli katkıları ve önemli yorumları için Prof. Dr. Uğur Kaynak'a özellikle teşekkür ederim.

Çatışma Beyanı

Herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynakça

- Atabey, E. (2000). *Deprem*. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü.
- Eren, K., & Uzel, T. (2008). *Ulusal CORS sisteminin kurulması ve datum dönüşümü projesi*. İstanbul Kültür Üniversitesi.
- Kaynak, U., (2009). Anadolu Viskoelastik Kabuğunun Morfolojik, Hidrolojik, Volkanolojik, Sismolojik ve Tektonik Kanıtlarla Desteklenmiş Kinematik Modeli, International Earthquake Symposium. Kocaeli-Türkiye.
- Kaynak, U., (2017). Ege Bölgesinin Depremselliği, Onuncu Yıl Sempozyumu, Kocaeli.
- Mcclusky, S., Balassanian, S., Barka, A., Demir, C., Ergintav, S., Georgiev, I., ... & Veis, G. (2000). Global Positioning System constraints on plate kinematics and dynamics in the eastern Mediterranean and Caucasus. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 105(B3), 5695-5719.
- Pangea, (2022). <https://www.britannica.com/place/Pangea/media/441211/172046>
- Şahin, C. (2005). Türkiye Fiziki Coğrafyası, Gündüz Eğitim ve Yayıncılık, Genişletilmiş 4. Baskı, Ankara.
- Şengör, A. M. C. (1980). Türkiye'nin neotektoniğinin esasları: Türkiye Jeoloji Kurultay Yayınları, Ankara.

Uzel T., Eren K., & Dindar A. (2010). Monitoring Plate Tectonics and Subsidence in Turkey by CORS-TR and InSAR, FIG Congress 2010, Facing the Challenges – Building the Capacity, Sydney, Australia, 11-16 April 2010.

Uzel, T., Eren, K., Gulal, E., Tiryakioglu, I., Dindar, A. A., & Yilmaz, H. (2013). Monitoring the tectonic plate movements in Turkey based on the national continuous GNSS network. *Arabian Journal of Geosciences*, 6(9), 3573-3580.



© Author(s) 2023. This work is distributed under <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>