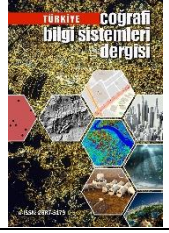




Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemleri Dergisi

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

e-ISSN 2687-5179



Haritacılık Tarihinde Bir Yolculuk

Mevlüt Yetkin*¹, Ömer Bilginer²

Anahtar Kelimeler:

Haritacılık
Yer Ölçmeleri
Astronomi
Antik Yunan
Bilim Tarihi

ÖZ

En eski bilim dallarından birisi olan Jeodezi çağlar boyunca Mısırlılar, Babilliler ve Yunanlılar gibi uygarlıkların ilgisini çekmiştir. Yerin şekli ve boyutlarının belirlenmesiyle haritalanması problemi bilim tarihinin en çok ilgi duyulan temel konularından birisi olmuştur. Antik çağda jeodezi bilimine en fazla katkı sağlayan uygarlıklardan birisi de Yunan uygarlığıdır. Pek çok bilim insanı ve filozof, jeodezi bilimine hem kuramsal hem de uygulamalı olarak katkı sağlamıştır. Bu makalede, başta Antik Yunan dönemi olmak üzere jeodezi alanında gerçekleştirilen gelişmeler ele alınmıştır. Antik Mısır'da yapılan arazi ölçüm çalışmalarından modern coğrafi bilgi sistemlerine giden uzun ve serüvenli yolculuk incelenmiştir. Ayrıca Jeodezinin kurucusu sayılan İskenderiyeli Eratosthenes'in yapmış olduğu yer ölçmelerinin bir benzeri yapılarak elde edilen sonuçlar gösterilmiştir.

An Odyssey in the History of Mapping

Keywords:

Mapping
Earth Measurement
Astronomy
Ancient Greece
History of Science

ABSTRACT

Geodesy, one of the oldest disciplines, has attracted the attention of civilizations such as Egyptians, Babylonians and Greeks throughout the ages. The problem of mapping the earth and determining its size and shape has been one of the most fundamental topics of interest in the history of science. One of the civilizations that contributed most to Geodesy in ancient times was the Greek civilization. Many scientists and philosophers have contributed both theoretically and practically to the geodetic science. In this paper, developments in the field of Geodesy, especially in the ancient Greek period, have been discussed. The odyssey from boundary surveys in Ancient Egypt to modern geographic information systems has been studied. Furthermore, a similar application of the earth measurements made by Eratosthenes of Alexandria who is regarded as the founder of Geodesy was performed and the results obtained are indicated.

* Sorumlu Yazar

*(mevlut.yetkin@ikcu.edu.tr) ORCID ID 0000-0003-3438-1801
(omer.bilginer@ikcu.edu.tr) ORCID ID 0000-0001-5789-7929

Kaynak Göster

Yetkin M & Bilginer O (2021). Haritacılık Tarihinde Bir Yolculuk. *Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemleri Dergisi*, 3(1), 01-09

1. GİRİŞ

Jeodezi biliminin problemi, yerin ve diğer gök cisimlerinin şeklini ve dış gravite alanını, bu cisimlerin yüzeyinde ya da dışında gözlemler yaparak zamanın bir fonksiyonu olarak belirlemektir. Bu problemin tanımlanması tam olarak 19. yüzyılda olgunlaşsa da daha antik çağlarda insanlar yerin şekli sorunu üzerinde durmuşlardır. Astronomi ve coğrafya ile birlikte jeodezi aslında gezegenimizle uğraşan en eski bilim dallarından biridir. Tarih boyunca Yunan, Mısır, Mezopotamya, Çin, Hindistan, İslam ve Avrupa medeniyetleri bu bilim dalına katkı sunmuşlardır. Eski toplumlarda yerin şekline ilişkin en yaygın düşünce yerin ufka uzanan düz bir disk olması ve gökyüzünün bu disk üzerinde bir kubbe gibi durmasıdır. Bu kubbenin iç yüzeyinde gök cisimleri karmaşık yörüngelerini izlerler. Bununla birlikte, Antik Yunanlılar yerin şeklinin küresel olduğunu biliyorlardı. Küresel yer modelinden sonra kutuplardan yassılaştırmış bir dönел elipsoit 18. yüzyılın ilk yarısından itibaren yaygın olarak kabul edilmiştir. 19. yüzyılda gravite alanının önemi anlaşıldıktan sonra yerin matematiksel şekli olarak jeoit sunulmuştur. Jeoit yerin gravite alanının ortalama deniz yüzeyiyle çakışan eş potansiyelli yüzeyidir ve ortalama deniz yüzeyinin karaların altından devamı olarak düşünülebilir. 20. yüzyılın ikinci yarısında uydu teknikleri sayesinde üç boyutlu jeodezi kavramı gerçekleştirildi. Jeodezik gözlemlerin doğruluklarını etkili bir şekilde iyileştirmek için zaman değişimlerinin dikkate alınmasıyla da dört boyutlu jeodezi kavramı ortaya çıktı (Torge, 2001).

İlk İslam filozofu Kindi'nin öğrencisi olan El-Belhi (850-934), Belh Harita Okulu'nu kurmuştur. 10. yüzyılda El-İstahri, İbn Havkal ve El-Makdisi gibi seçkin isimler yetişmiştir (Tibbetts, 1992). Günümüzde büyükşehirlerin metro haritaları Belh Harita Okulu'nun haritalarındaki betimlemelere benzetilir. Belh Harita Okulu'nun dışında bir diğer İslam haritacılık geleneği ise Sicilya'nın Norman kralı 2. Roger'in maiyetinde bulunan El-İdrisi (12. yüzyıl) tarafından temsil edilir (Riffenburgh, 2012).

Kartografik betimlemeler şeklinde coğrafi bilginin basılı halde dolaşımı Almanya'da Guthenberg'in icadıyla başlayan matbaa devriminin yol açtığı değişimi güçlendirmiştir. Erken modern dönemde mekanın denetim altına alınmasını olanaklı kılan harita bilinci Avrupa'nın seçkinlerine ulaşmış, bu olgu ilkin İtalya'da (Fra Mauro'nun 15. yüzyılda hazırladığı harita o zamana kadar ki en detaylı ve doğru Dünya haritası olarak bilinir. Fuat Sezgin'in eserlerinde belirttiği gibi bu harita Ptolemaios'un Hint Okyanusunu bir göl olarak gösterme hatasına yer vermediği için bariz bir şekilde İslam haritacılığının etkilerini taşımaktadır. Sonraki yüzyılda Ümit Burnu'nun Portekizliler tarafından keşfedilmesiyle bu durum deneysel olarak ortaya konmuştur) başladıktan sonra önce Almanya'ya oradan da 1. François ve 8. Henry (Fatih

Sultan Mehmet bu isimlerden daha önce harita bilincine sahip bir hükümdardı. Öyle ki Ptolemaios'un atlasını tercüme ettirmişti) gibi krallara ulaşmıştır. Bu gelişme geçte olsa güçlü bir şekilde İsveç'e oradan da Rusya'ya gelmiştir. Mekânsal düşünmenin formu olarak haritalar söz konusu dönemde Avrupa'nın gerçekleştirdiği askeri devrimde etkili olmuştur. Güvenilir bir kaynak olarak haritalar gerçek Dünya'nın yansımaları olarak değil fakat güçlü bileşenleri olarak Avrupa'nın farklı kültürel ve etnik kavramlarının yeniden tanımlanmasında da rol almıştır (Livingstone & Withers, 2018).

Yeryüzünde bir yay uzunluğunun jeodezik araçlarla ölçülmesi ve bu yayın iki ucundaki çekül doğruları arasındaki yön farkının astronomik araçlarla belirlenmesi sayesinde yerin şekli ortaya çıkarılabilir. Diğer bir deyişle yeryüzündeki bir yay boyunca çekül doğrularının yönlerinin konumdan konuma değişmesi yerin gerçek şeklinin bulunması için kullanılabilir. Bu işlemin Almanca karşılığı "gradmessung" terimi "derece ölçümü" olarak Türkçeye çevrilebilir. Eratosthenes'in bu doğrultuda yapmış olduğu çalışma önemlidir. Daha sonra İslam dünyasında El-Memun, Sind bin Ali ve Biruni gibi isimler ekvatorun uzunluğunu ve yerin çapını belirlemek için çalışmalar yapmışlardır (Sezgin, 2008). Daha yakın tarihlerde ise Willebrord Snellius (1580-1626), Pierre Louis Maupertuis (1698-1759), Pierre Bouguer (1698-1758) ve F. G. W. von Struve (1793-1864) derece ölçmeleri yapmışlardır. Norveç'in Kuzey Buz Denizi kıyısından başlayarak Karadeniz'e kadar 10 ülkeden geçen ve 2820 km'den daha büyük uzunluğa sahip Struve nirengi zinciri/jeodezik yayı, UNESCO tarafından Dünya Mirası listesine alınmıştır (Unesco, 2020).

Jeodezi'de önemi büyük olan triyângülasyon ilkesinin Hollandalı bilgin Gemma Frisius tarafından 1533 yılında bulunduğu düşünülmektedir. Buna göre üçgenlerden oluşan bir ağda açılara ek olarak sadece bir adet uzunluk ölçümü yaparak ağın geometrisi tek anlamlı biçimde belirlenebilir. Daha sonraki yıllarda Snellius ve Tycho Brahe (1546-1601) bu tekniğe katkı sağlamışlardır. Snellius, Hollanda'da Eratosthenes'in çalışmasını tekrarlamış ama bu kez yay uzunluğunu belirlemek için triyângülasyon tekniğinden yararlanmıştır. Yayın iki ucundaki çekül doğrularının yönleri arasındaki farkı ise astronomik konum belirleme ile hesaplamıştır. Meridyen boyunca kuzey-güney yönünde gidildiğinde yerel çekül doğrusunun mutlak yönü yani yıldızlara göre yönü değişir. Yerel gravite doğrultusuna yani çekül doğrusuna daima dik olan yerel ufuk düzlemi de aynı yönde aynı miktarda değişir. Kuzey yönünü veren kutup yıldızının ufkun üzerindeki yükseklik açısı astronomik olarak belirlenebilir. Bu sayede noktanın astronomik enlemi elde edilir. Yayın iki uç noktasında (Bergen op Zoom ve Alkmaar şehirlerinde) astronomik enlemleri belirleyen Snellius, jeodezik olarak bulunan yay uzunluğunu astronomik olarak

bulunan enlemler farkına eş deyişle çekül doğrularının yönleri arasındaki farka bölerek yerin eğrilik yarıçapını elde etmiştir. Bu şekilde Snellius jeodezik ve astronomik gözlemleri Eratosthenes gibi birleştirirse de ondan farklı olarak jeodezik triyagülasyon yöntemini ve astronomik gözlem yapmak için ise yaz gündönümünden yararlanmak yerine her zaman gözlem yapabileceği kutup yıldızını kullanmıştır (Vermeer, 2017).

Newton, 1687 yılında "Philosophiae Naturalis Principia Mathematica" isimli kitabını yayınladığı zaman yeryüzünün şeklinin anlaşılması ileriye doğru büyük bir sıçrama yapmıştır. Newton ve Huygens (1629-1695) yerin kendi eksenini etrafında dönmesinden dolayı kutuplardan basık, Ekvator'dan şişkin olduğu (sferoyit) sonucuna ulaşmışlardır. Fransız astronom Cassini ise Paris meridyeninin ölçmelerine dayanarak yerin kutuplarda şişkin (yumurta biçimli) olduğunu ileri sürmüştür. Bu bilimsel tartışmayı çözmek için Fransa Kralı XV. Louis ve Fransız Bilimler Akademisi, biri Ekvator'a diğeri ise kuzey kutup dairesine yakın iki bölgeye (Peru ve Laponya) farklı alanlarda uzman bilim adamlarından oluşan iki heyet göndermiştir. Bahsedilen jeodezik keşif seferlerinde meridyen yay ölçmeleri yapılmış ve Newton-Huygens kuramının doğru olduğu onaylanmıştır (Solarić & Solarić, 2014).

1862 yılında Prusyalı (Alman) jeodezici J.J. Baeyer'in liderliğinde Orta Avrupa derece ölçümü kurulmuş daha sonra bu global bir organizasyon (IAG - International Association of Geodesy) haline gelmiştir. Buradaki amaçlar yerin şekli ya da jeoidi belirlemek ve Avrupa'daki tüm jeodezik ağları tek bir ağ halinde birleştirmektir. Bu son amaç doğru bir şekilde 1950 yılına kadar gerçekleştirilemedi. İlk ortak Avrupa ağ dengelemesi (ED50) 1950 yılında tamamlandı. Bunun dışında Kuzey Amerika gibi başka coğrafyalarda yerin şeklini, basıklığını, yeryüzündeki noktaların konumlarını belirlemek ve harita yapımını desteklemek için kıtasal ölçekte triyagülasyon ağları ölçüldü. Klasik jeodezik tekniklerden kaynaklanan zorlukların yarattığı durum uydularla birlikte temelden değişti. Vanguard 1 uydusu yerin -çok azda olsa- armut şekilli olduğunu gösterdi (Vermeer, 2017).

Bu makalede bilim tarihinin önemli bir konusu olan yerin şekli ve boyutunun belirlenmesine dair Antik Yunan döneminde yapılan çalışmalar ele alınmıştır. İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü'nde Ölçme derslerinde yapılan uygulamalar sonuçlarıyla birlikte verilmiştir. Ayrıca, İslam ve Batı uygarlıklarının haritacılık çalışmaları incelenmiştir.

2. ANTİK YUNAN'DA YERİN ŞEKLİ VE BOYUTLARI

Coğrafya ve Jeodezi bilimlerini Antik Yunanlılar bulmuştur (Boccaletti, 2019). Homeros'un destanlarında yuvarlak bir disk olarak tanımlanan ve okyanus ile çevrili olan yer, belirsiz üç kıtadan

(Avrupa, Asya ve Libya/Afrika) oluşur. İyonyalı filozof ve bilim adamları doğal fenomenlerin rasyonel açıklamalarını araştırmak için bilimsel sorgulamayı ilk başlatanlar olmuşlardır. Yerin düz bir disk olmadığı hipotezini ilk kez kuranlar da Batı Anadolu'da yaşamış olan İyonlardır (Lawson, 2004). İzmir, Foça, Efes, İldırı, Milet ve Samos İyonya'nın önemli şehirlerindedir. İlk filozof olan Thales, M.Ö. 624-565 yıllarında Milet'te yaşamış ve İyonya felsefe okulunu kurmuştur. Milet, o dönemde hem doğudan hem de batıdan dış etkiler almaya oldukça elverişli bir konuma sahip bir liman şehriydi. Mezopotamya ve Mısır'ı ziyaret ettiği söylenen Thales, oralardan başta astronomi ile ilgili olmak üzere çok sayıda bilgiyle Milet'e dönmüştü. Bruno Snell (1896-1986)'in işaret ettiği gibi mitsel imge ve mantıksal düşünce arasındaki karşıtlık doğanın nedensel yorumunda keskinleşmiştir. Mitlerden mantıksal düşünceye geçiş diğeri bir deyişle şeylerin rasyonel bir anlamda yorumlanması olarak ifade edebileceğimiz düşünme biçimini başlatan Thales olmuştur. Thales'e göre su tüm şeylerin biricik ilkesidir - yani su temel unsurdur - ve yer bir tahta parçası gibi su üzerinde yüzer. Bununla birlikte Thales'in aslında Dünya'nın yuvarlak olduğuna inandığı da iddia edilmektedir (Grady, 2002).

Diongenes Laertius, küresel bir yer fikrini Anaksimandros'a atfetmiştir ki bu simetri nedeniyle evrende yerin dengede olması teorisiyle de uyuşur (Laertios, 2002). Anaksimandros, yeter-neden ilkesi ile Spinoza (1632-1677) ve Leibniz (1646-1716)'in öncülü olmuştur. 19. yüzyılda yerin gravite alanı nedeniyle matematiksel şeklinin jeoit olduğu anlaşılmıştır. Bu, yeter-neden ilkesinin jeodezi bilimindeki güzel bir örneğidir. Diogenes Laertius, filozof Favorinus (M.S. 85-143)'u kaynak göstererek bir ölçme aleti olan gnomon (güneş saati)'u icat edenin ve ekinoksların hesaplanmasını geliştirenin Anaksimandros olduğunu belirtmiştir. Yaşlı Plinius (M.S. 23-79) ise Uralalı Anaksagoras'ın bir küre kullanan ilk kişi olduğuna inanmıştır (Lawson, 2004).

İyonya okulunun üçüncü seçkin filozofu Miletli Anaksimenes (M.Ö. 586-528) ise yerin düz olup havada süzülmesine inanmıştır. Anaksimenes ayrıca Kant-Laplace kuramına son derece benzer bir şekilde gök cisimlerinin yoğunlaşma ve artan soğumayla meydana geldiğini düşünmüştür (Friedell, 2017). Aristoteles, "De Caelo" isimli eserinde Anaksimenes'in Demokritos ve Anaksagoras ile birlikte yerin düzlüğünü hareketsiz kalmasının nedeni olarak gösterdiklerini belirtmiştir. Roma döneminde yaşamış Yunan coğrafyacı Agathemerus ise bir dünya haritası çizen ilk kişinin Anaksagoras olduğunu iddia etmiştir. İzmir Kolofonlu Ksenofanes ise yerin düz olduğunu, üst tarafı havaya değerken sınırısızca devam ettiğini düşünmüştür (Lawson, 2004).

İyonya felsefe okulunu Thales'in başlatması gibi Sisamlı Pisagor (M.Ö. 570-496) da İtalya felsefe okulunu başlatmıştır. Pisagor ekolü küresel şekilli bir yer önermiştir. Yerin küresel olduğunu

belirledikten sonra Pisagor yeryüzünde beş tane iklim kuşağı olduğunu varsaymıştır: iki kutup, iki ılıman kuşak ve ekvator. Platon, “Phaidon” isimli diyaloglarında kürenin en mükemmel biçim olduğu için yerin şekli olması gerektiğini savunan Pisagorcuları takip etmiştir. Geometri ve diyalektik (aşkın formları temsil eden şekiller olan geometri, zihnin diyalektikçe zemin hazırlayan soyut fikirleri kavramasına yardımcı olur) vasıtasıyla Pisagor’dan sonra Platon, yerin bir küre olduğunu keşfetmiştir. Platon, Phaidon’da kürenin en mükemmel şekil olduğunu yazmıştır. Yer, en mükemmel katı cisim olduğu için şekli de küredir. Duyularımızla sadece belirsiz bir biçimde algılayabileceğimiz evrenin gerçek doğası hakkında bizi matematik ve diyalektik bilgilendirdiği ölçüde astronomi önemlidir. Platon’un öğrencisi Aristoteles zamanında ise artık küresel kavram genel olarak kabul ediliyordu ve hatta bu olgu gözlemlerle doğrulanmıştı. Aristoteles, yerin küreselliğinin deneysel kanıtlarını sunmuştur (Lawson, 2004). Aristoteles’e göre yıldızları gözlemleyerek yerin sadece dairesel olduğunu değil, aynı zamanda çok büyük olmayan bir yuvarlak olduğunu da ortaya koyabiliriz. Güneye ya da kuzeye doğru oldukça küçük bir konum değişikliği, ufukta açık bir değişikliğe neden olmaktadır. Yine bulunduğumuz yere bağlı olarak gece göğünde farklı yıldız kümelerini görmemiz ve kuzey yarımküredeki gökyüzünün güney yarımküredekinden farklı olması yerin düz olmadığını kanıtlar. Eğer yer düz olsaydı herhangi bir zamanda aynı yıldızları görmemiz gerekirdi (BBC, 2020). Ayrıca ay tutulması sırasında ayın yüzeyine düşen yerin gölgesinin şeklinin her daim dairesel olması yerin bir küre olması gerektiğini gösteriyordu. Aristoteles’in verdiği bir diğer deneysel argüman maddenin yerin merkezine çekilmesidir. Aristoteles, “De Caeolo” isimli eserinde matematikçilerin yerin çevresinin büyüklüğünü 400000 stadion olarak bulduklarını ve böylelikle yerin küresel şekilli olduğunun ve aynı zamanda yıldızlara kıyasla boyutlarının büyük olmadığını gösterildiğini belirtmiştir. Bununla birlikte, Aristoteles tarafından bildirilen değer çok büyüktür. Daha doğru hesaplamalar Aristoteles’ten sonra Eratosthenes tarafından yapılmıştır.

Herodot, “Tarih” isimli eserinde Afrika kıtasının etrafını saat ibresi yönünde dolaşan Fenikelilerin Güneş’in hep sağlarında kaldığını gözlemlediklerini söylemiştir (ki bu Dünya’nın yuvarlak olduğunu gösterir). Herodot güneşin hep sağlarında kalmasını şüpheli bulmuştur (Herodotos, 2012). Ptolemaios (M.S. 90-168) tarafından yazılan “Almagest” isimli eserde, dağlara doğru yelken açan bir gemide dağların denizden yükseldiğinin gözlenmesinin, dağların denizin eğri yüzeyi tarafından gizlendiğini gösterdiği belirtilmiştir. Yine yerin eğriliği nedeniyle ufuktaki bir geminin önce aşağı kısmının gözden kaybolması yuvarlak Dünya modelinin desteklenmesinde kullanılan ilk argümanlardan birisi olmuştur. Aynı şekilde,

sahilden bakıldığında ufukta yaklaşan geminin bariz yükselişi yerin küreselliğini gösterir. Yine bir Yunanlı olan Arşimet ise yerin çevresini 48300 km civarında olduğunu tahmin etmiştir.

Evreni tanımlarken yerin ya da Güneş’in merkez alınması konusu yüzyıllarca insanları düşündüren bir konu olmuştur. Alcmaeon, Aristoteles, Hipparkos, Ptolemaios ve Pisagor yermerkezli evren görüşünü savunurken Filolaos, Sisamlı Aristarchus ve Plato Güneş merkezli evren modelini savunmuşlardır. Güneş merkezli evren teorisini ilk kez iddia eden Aristarchus “Güneş ve Ay’ın Uzaklıkları ve Boyutları Üzerine” isimli çalışmasında gök cisimlerinin ölçülmesi ve uzaklıklarının hesaplanması için kuramsal ve matematiksel temelleri sunmuştur. Aristarchus, Güneş ve Ay’ın yarıçaplarını ölçerek boyutlarını ve açıl gözlemlere dayalı geometrik ve trigonometrik tekniklerini kullanarak Dünya’ya olan uzaklıklarını hesaplamının mümkün olduğunu belirtmiştir. Bununla birlikte hesaplamaları hatalıdır. Aristarchus, Güneş’in yere göre daha büyük boyutlu olmasının yerin Güneş etrafında dönmesini gerektirmiş olabileceğini düşünmüş olabilir. Ya da Philolaos gibi tüm gök cisimlerinin merkezi bir ateş etrafında döndüğünü öne süren Pisagorcular filozoflardan etkilenmiş olabilir. Arşimet ve Plutarkhos, Aristarchus’un evrenin gerçek merkezi olan Güneş etrafında döndüğü şeklindeki hipotezini biliyorlardı. Arşimet, Aristarchus’un yerin yörüngesini dairesel olarak anladığını ve sabit yıldızların evrenin merkezi olan Güneş’ten uzaklıklarının da o zamana kadar düşünülenenden daha fazla olduğunu kabul ettiğini bildirmiştir. Yıldızların bu şaşkıncı uzaklıklarının bilinmesi, Aristarchus’un hassas bilimsel aletler olmadan yıldızların yere göre gerçek hareketlerinin (paralaks) gözlenemeyeceğini anlamasını sağlamıştır (Lawson, 2004).

Karadeniz Ereğlili Heraclides (M.Ö. 387-312) ise güneş sisteminin yer merkezli ve güneş merkezli kuramlarını Danimarkalı astronom Tycho Brahe’den 1800 yıl önce birleştirmiştir. Heraclides’e göre Merkür ve Venüs yerin değil Güneş’in etrafında dönmektedir. Heraclides ayrıca Aristarchus ile birlikte yerin kendi eksenini etrafında döndüğünü iddia etmiştir. Democritus ise sonsuz bir evrende yermerkezli Güneş sistemi görüşünün (tabii ki güneş merkezli kuramında) saçma olduğunu savunarak Giardano Bruno’nun öncüsü olmuştur (Lawson, 2004).

2.1. Eratosthenes (M.Ö. 276-195)

Çok yönlü bir bilgin olan Eratosthenes astronomi, matematik, coğrafya, kütüphanecilik, şiir ve felsefe gibi çok farklı disiplinlerde başarılı çalışmalar yürütmüştür. Şu an kayıp olan “Yerin Ölçümü Üzerine” isimli kitabında yerin çevresinin hesaplanmasını ele almıştır. Bu çalışması daha sonra Cleomedes, Strabon ve Plinius tarafından yorumlanmıştır. Jeodezinin kurucu olarak nitelenen

İskenderiyeli Eratosthenes küresel bir Dünya varsayımına dayanarak yapmış olduğu ölçmelerden yerin yarıçapını ortaya çıkarmıştır. Eratosthenes tarafından geliştirilen yay-ölçme yönteminin ilkesi modern zamanlarda da kullanılmıştır: jeodezik ölçmelerle meridyen yayının uzunluğu (l) belirlenirken astronomik gözlemler bu yay parçasını gören merkez açısı (γ) sağlamaktadır. Yer in yarıçapı (R) böylece

$$R = \frac{l}{\gamma} \quad (1)$$

eşitliğiyle hesaplanmaktadır. Eratosthenes'in yöntemi gölgelerin uzunluklarını kullanır.

Eratosthenes, hemen hemen aynı meridyen üzerinde yer alan ve aralarındaki uzaklık bilinen (bilinmiyorsa ölçülmelidir) İskenderiye ve Syene şehirleri arasında çalışmasını yapmıştır. Güneş'in eğim açısı bu iki şehirde eşzamanlı olarak ölçülür. İki farklı konumda Güneş'in açısındaki fark bu iki nokta arasındaki enlem farkına eşittir. Bunun nedeni Güneş Dünya'ya çok uzak olduğu için Dünya'ya çarpan Güneş ışınlarının birbirlerine paralel olmalarıdır.

Eratosthenes, İskenderiye ve Syene arasındaki yayın iki ucundaki çekül doğruları arasındaki yön farkını astronomik olarak belirlemiştir. Bunun için Güneş ışınlarının Yengeç Dönencesi'ne dik olarak geldiği yaz gündönümünden (21 Haziran) yararlanmıştır. İskenderiye'ye göre daha güneyde bulunan Syene şehri Yengeç Dönencesi'ne çok yakındır. 21 Haziran tarihinde Güneş ışınlarının buraya dik geleceğini (Güneş gün ortasında doğrudan başüstüdür) bilen Eratosthenes bir kuyu vasıtasıyla yerel düşeyi belirlemiştir. Güneş ışınları paralel olsalar da yerin eğriliğinden dolayı iki şehirdeki düşeyler birbirine paralel olamayacağı için Eratosthenes, İskenderiye şehrinde düşey bir obeliskten yararlanarak bir gnomon ile Güneş ışınlarının çekül doğrusu yönüyle oluşturduğu açıyı - gnomonun düşürdüğü gölgeden yararlanarak - ölçmüştür ki bu açı geometriden dolayı İskenderiye ve Syene şehirleri arasındaki yayı gören merkez açıdır. Diğer bir deyişle 21 Haziranda İskenderiye'de gün ortasında ölçülen Güneş'in açısı iki şehrin enlemleri arasındaki farktır. Eratosthenes'in bulduğu γ değeri $7^\circ 12''$ 'dir. İki şehir arasında ölçülen mesafe ise 5000 stadiondur ki bu 742.5 km'ye karşılık gelir. Böylece Eratosthenes yer in yarıçapını yaklaşık 5900 km olarak bulmuştur. Bu hesaplamadaki hata payı %7'dir (Torge, 2001). Torge, 1 stadionu 148.5 m olarak almıştır. Eratosthenes, İskenderiye ve Syene şehirleri arasındaki uzaklığı 5000 stadion olarak ölçmüştür. Hesapladığı merkez açı değeri olan $7^\circ 12'$ ise 360° 'nin $1/50$ 'sidir. Buna göre Ekvator'un uzunluğu yani yer in çevresi 250000 stadion olmalıdır. 1 stadion 157.5 m olarak alınırsa Ekvator'un uzunluğu 39375 km çıkar. Bu, gerçek değerden (39941 km) % 1.4 daha küçüktür. Burada

ulaşılan sonucun doğruluğundan çok, yer in küreselliğinin ve astronomi ile jeodezi arasındaki ilişkinin insanlar tarafından bilinmesi daha önemlidir.

(1) numaralı eşitlik yerine

$$\frac{\text{yerin çevresi}}{\text{noktalar arasındaki mesafe}} = \frac{360^\circ}{\text{enlemlerin açılal farkı}} \quad (2)$$

eşitliği de kullanılabilir.

Güneş'in açısını ölçmek için trigonometriden yararlanılır. Bir gnomon (düşey bir mira da kullanılabilir) ile gölgenin uzunluğunu (s) ölçülür ve miranın bilinen yüksekliği (h) yardımıyla

$$\gamma = \tan^{-1} \frac{s}{h} \quad (3)$$

eşitliğinden gölgenin açısı hesaplanır. Antik Yunanlılar bugün bizim bildiğimiz gibi trigonometriyi bilmedikleri için Eratosthenes'in "skaphe" denen taksimatlı bir Güneş saati kullandığı olası gözükmektedir. İskenderiye ve Syene arasındaki uzaklık ise "bematist" denilen ve adımlama ile uzaklık ölçmede uzmanlaşmış kişiler tarafından ölçülmüş olabilir ya da Nil nehri üzerinde iki şehir arasında seyahat eden tüccarların mevcut verilerine dayanarak kabul edilmiş bir rakam olabilir (D'Antonio, 2011).

Güneş'in gökyüzünde görünen yoluna tutulum denir. Yer in Güneş etrafında döndüğü yörünge (ilk astronomlar Güneş'in yer etrafında döndüğüne inanmışlardı) düzlemi tutulum düzlemi olarak adlandırılır. Yer in dönme eksen i tutulum göre eğiktir. Ekvatorla tutulum düzlemi arasındaki bu açıya tutulum eğikliği denir. Tutulum eğikliği $23^\circ 26''$ 'dir. Yer in bu eğikliği nedeniyle kuzey yarımkürede güneş in yaz gündönümünde gün ortasında doğrudan başüstünde olduğu yer Ekvator değil Yengeç Dönencesi'dir. Aynı durum güney yarımküre için kış gündönümünde geçerlidir. Bu enleme de Oğlak Dönencesi denir. Dönencelerin enlemi tutulum eğikliğine eşittir. Eratosthenes Yengeç Dönencesi ile Ekvator arasındaki yayı bir meridyenin $11/83$ 'ü olarak belirlemiştir. Bu $23^\circ 51' 26''$ 'lik bir eğikliğe dönüşür ki çok doğru bir sonuçtur (D'Antonio, 2011).

2.1.1. Eratosthenes'in Yöntemini Kullanarak Yer in Çevresini Ölçme

Türkiye'de yaz ya da kış gündönümünde ölçüm yapma problemini iki şekilde çözebiliriz:

1. Güneş'in bir ölçümünü kullanmak: Yengeç Dönencesi'nde (kuzey yarımkürede olduğumuz için) yaz gündönümünde günortasında ölçüm yapmak yerine Türkiye'nin herhangi bir yerinde ilkbahar (21 Mart) ya da sonbahar gündönümünü (22 Eylül) kullanabiliriz. Bu iki tarihte Güneş

Ekvator'da tam baş üstüdür ve eğer konumumuzla Ekvator arasındaki uzaklığı biliyorsak (2) eşitliği ile yerin çevresini hesaplayabiliriz. Bunun için gündönümünde tam öğle vakti uzunluğu bilinen düşey bir miranın gölgesini ölçerek Güneş'in açısını (3) eşitliği ile hesaplamak gerekir.

2. Güneş'in iki ölçümünü kullanmak: İlk yöntemin aksine yılın herhangi bir zamanı kullanabileceğimiz esnek bir yöntemdir ve Eratosthenes'in ruhuna daha fazla uyar. Güneş'in eğim açısı iki farklı konumda ölçülmelidir. İki konum aynı boylamda olmalıdır ve aralarındaki uzaklık bilinmelidir. Eğim açısındaki farkın belirlenebilmesi için iki konum birbirlerinden yeterince uzak olmalıdır. Bu yöntemle aynı meridyen üzerindeki iki farklı konumda aynı gün aynı zamanda iki Güneş gözlemi yapılmalıdır. Pratiklik açısından kuzey-güney doğrultusunda giden bir yoldan yararlanılabilir.

Eratosthenes'in yöntemi gündüz uygulanır. Ölçmeler, Güneş'in başucuna en yakın olduğu/Güneş'in gökyüzünde en yüksekte olduğu yerel zamanda yapılmalıdır. Bu vakti hesaplamak için gündeğümü ve günbatımının yerel zamanlarının ortası alınabilir (D'Antonio, 2011).

2.2.Rodoslu Posidonius

Eratosthenes'ten 150 yıl sonra benzer bir yer ölçümü Rodoslu Posidonius tarafından yapılmıştır. Posidonius ve Eratosthenes yerin kutuplar çevresini (bir boylam boyunca) hesaplamıştır. Posidonius'un yöntemi yıldızların yüksekliğini kullanır. Posidonius, Rodos ve İskenderiye (aslında aynı boylamda olmayan iki şehir) arasındaki mesafeyi 5000 stadion olarak almıştır. Yayı gören merkez açıyı hesaplamak içinse Canopus yıldızından yararlanmıştır. Posidonius, bu yıldızın Rodos'ta ufka değerken İskenderiye'de 7° 30"lık bir yüksekliğe ulaştığını gözlemlemiştir. Böylece yerin çevresi 240000 stadion olmaktadır. Bununla birlikte şehirlerarasındaki mesafe 3750 stadion alındığında yerin çevresi 180000 stadion çıkar. Kristof Kolomb, Ptolemaios'un "Coğrafya" kitabında kullandığı bu değeri aldığı için Hindistan'a olan uzaklığı 70000 stadion olarak daha yakın hesaplayarak hata yapmıştır (Freely, 2013).

Posidonius'un dışında Amasyalı Strabon ve Tyreli Marinus gibi isimler Eratosthenes'ten esinlenerek benzer ölçmeler yapmışlardır. Küreyi haritalamak için enlem ve boylam kullanan ilk kişi yine Eratosthenes olmuştur. Hatta Nearchus'un gezilerinden esinlenerek batıya doğru gemiyle gidilirse Hindistan'a ulaşmanın mümkün olabileceğine inanmıştır. İznikli Hipparkos ise 360 derecelik bir ölçekte yeri hassas yaylarla ölçen bir grid deseni oluşturmuştur. Diğer taraftan Strabon'un "Coğrafya" isimli eserinde ise bilinen dünya, Atlas Okyanusu'ndan Arabistan ve Hindistan'a kadar uzanıyordu. Tyre'li Marinus'tan esinlenen Ptolemaios yanlış bir şekilde Hint Okyanusu'nun bir iç denizi olduğunu iddia edecekti

(Lawson, 2004). Bu hata daha sonra müslümanlar tarafından düzeltilmiştir.

3. ANTİK MISIR'DAN COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ'NE

Ölçme tekniğinin bir bilim dalı olarak ortaya çıkışı Heredot'un belirttiği gibi Antik Mısır'da Sesostris döneminde vergilendirme amacıyla yapılan sınır belirleme çalışmalarıdır. Ayrıca Giza piramidinin uygulaması doğru bir şekilde yapılmıştır. Ölçmelerdeki kesinlik ve piramidin sahip olduğu kusursuz karelik hayranlık uyandırıcıdır. Babilliler ise "Kudurrus" denilen ve sınır taşı olarak kullanılan taş tabletler üzerine ölçme ve emlağa ilişkin detayları yazmışlardır. Antik Mısır'daki çalışmaların bir sonucu olarak Yunanlılar geometri bilimini geliştirmişlerdir. İskenderiye'li Heron, ölçme yöntemleri, çizim ve hesaplamalar üzerine yaptığı çalışmaların dışında geliştirdiği "diopter" adı verilen ölçme aletiyle bilinir. Daha sonraki yıllarda pratik bir zihne sahip olan Romalılar ölçme bilimine katkı sağlamışlardır. 1. yüzyılda yaşamış olan Romalı mühendis ve ölçmeci Frontius'un yazdığı eser çok uzun yıllar kullanılmıştır. Roma İmparatorluğu'nun geniş topraklarında yapılan mühendislik çalışmalarında ölçme biliminden yararlanılmıştır. Yine bu dönemde "groma" gibi çeşitli ölçme aletleri geliştirilmiştir. Var olan en eski Latince el yazmalarından birisi 6. yüzyılda yazılmış "Codex Acerianus" isimli eserdir. Romalılara ait uygulamalı ölçme ve Frontius'un eserinin bir kısmını içeren bu eser 10. yüzyılda Gerbert (Papa 2. Sylvester) tarafından bulunmuştur. Bunun üzerine Gerbert büyük ölçüde ölçmeye ayrılan bir geometri kitabı yazmıştır. Orta çağlar boyunca müslümanlar çeşitli bilimsel çalışmalar yapmışlardır. Bu dönemde pratik geometri ismiyle ölçme sanatı ilerletilmiştir. 13. yüzyılda Von Piso "Practica Geometria" gibi eserler yazmış ve ölçme aletleri üzerine çalışmıştır (Ghilani & Wolf, 2008).

Orta çağın başlangıcı genellikle Batı Roma İmparatorluğunun 476 yılında yıkılışı olarak kabul edilir. İslam'ın doğuşu ve kısa bir süre içinde geniş bir coğrafyaya yayılması Dünya tarihini önemli ölçüde etkilemiştir. Daha 7. yüzyıl gibi erken bir dönemde bile müslümanlar kendilerinden önce kurulan medeniyetlerin (Yunan medeniyeti gibi) mirasıyla karşılaşmışlar ve çeviri faaliyetlerine başlamışlardır. Müslümanlar özümseyerek geliştirdikleri bu birikimin Avrupa'ya aktarılmasını sağlamıştır (Sezgin, 2008).

Aristotelesçilerin dışında bazı müslüman bilim adamları Pisagor'un izinden giderek evrenin merkezindeki matematik düzeni bulmak amacıyla bilimsel bilgi üretmişlerdir. Bu bağlamda sayılara dayanan dört nicel konuyu veya sanat dalını incelemişlerdir. Bunlar aritmetik, geometri, astronomi ve müziktir. Ortaçağda bu dört alan (*quadrivium*), sözle diğer bir deyişle dille ilgili gramer, mantık ve retorik ile birlikte yedi liberal sanatı oluştururlar. Dille ilgili konular *trivium*

olarak adlandırılır. Avrupa üniversitelerinin müfredatı da o dönemlerde bu yaklaşımın üzerine kurulmuştur (Fara, 2018). Doğuda ve batıda *quadrivium* eğitimi alan bazı önemli isimler Platon, Aristoteles, Öklid, İbn-i Arabi, el-Harizmi, İbn-i Sina, Roger Bacon, Dante ve Kepler olarak sayılabilir (Lundy vd., 2010).

Astronomi, coğrafya ve hatta denizcilik alanındaki gelişmeler haritacılık biliminin gelişmesine önemli katkı sağlamıştır. 17. yüzyılda modern bilimin kurulması, 20. yüzyılda bilgisayar ve uydu teknolojilerindeki gelişmeler modern haritacılığın ortaya çıkmasını sağlamıştır. Bilim ve teknikteki ilerlemeler haritacılıkla hem profesyonel hem de amatör olarak ilgilenen kişilerin problemlerini çözerek ihtiyaçlarını karşılamada büyük kolaylıklar sağlamıştır. Bu noktada gerçekleştirilen önemli gelişmelerden biri Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)'dir.

Astronomi alanında Halife el-Memun bilimsel araştırmalara önem vermiş ve bazı jeodezik çalışmaların yapılmasını desteklemiştir. Sind bin Ali, Biruni, Abdurrahman es-Sufi, İbn el-Heysem, Nasiruddin Tusi ve Kutbeddin eş-Şirazi gibi isimler önemli çalışmalar yapmışlardır. İbn Yunus, ölçüm aletlerindeki hatalara dair verdiği bilgiyle tanınır (Sezgin, 2008). Müslümanların büyük önem verdiği optik bilimi de daha sonraki yüzyıllarda ölçme aletlerinin icat edilmesini sağlamıştır. Kaşgarlı Mahmud'un Divan-ı Lugati't-Türk adlı ansiklopedik eserinde yer alan ve bilinen en eski Türkçe harita olan Dünya haritasında Japonya ilk defa bir ada olarak gösterilmiştir (Kaçar, 2013). İbn-i Hurdazbih ve el-Harezmi diğer önemli müslüman haritacılar. Hive hanı Ebu el-Gazi Bahadır Han tarafından hazırlanan Türk soyu ve boylarına ilişkin kitapta Kuzey Asya'nın en eski haritalarına yer verilmiştir (Sezgin, 2012).

Osmanlı döneminde ise bazı olumlu ve olumsuz olaylar yaşanmıştır. Osmanlı astronomu Takiyüddin'in İstanbul'da 16. yüzyılın ikinci yarısında kurduğu rasathane bilim karşıtları tarafından yıkılmıştır. Bu rasathane kullanılan gözlem aletleriyle dikkat çekicidir. Aynı yıllarda Danimarka'lı Tycho Brahe tarafından Hven adasında bir rasathane kurulması ve bu rasathanenin Avrupa'da yaşanan bilim devriminde oynadığı rol düşünüldüğünde Takiyüddin'in rasathanesinin başına gelenlerin büyük bir talihsizlik olduğu açıktır. Oysa İslam dünyasında daha önceki yıllarda Rey ve Meraga gibi önemli rasathaneler kurulmuştu. Diğer taraftan Ali Kuşçu, Kadızade Rumi, Piri Reis, Menemenli oğlu Mehmed Reis, Katip Çelebi ve İbrahim Müteferrika gibi bilim adamları önemli çalışmalar yapmışlardır. Hatta Kütahya'da astronomi alanında eğitim ve araştırmaların yapıldığı, eserlerin üretildiği, faal bir rasathanenin bile bulunduğu bilinmektedir (Shefer-Mossensohn, 2019).

Bu arada batıda da önemli gelişmeler yaşanmıştır. Wallingford'lu Richard ve Geoffrey Chaucer gözlem aletleri geliştirmişlerdir. Alman

Rönesans'ının büyük sanatçısı Albrecht Dürer'in bazı harita çalışmaları vardır. Ptolemaios'un yer merkezli evren modelinin yerine Copernicus güneş merkezli modeli sunmuştur. Brahe ise bu ikisini uzlaştıran bir sistem önermiştir. Fra Mauro'nun dünya haritası (15. yüzyıl) ile 1507 tarihli Waldseemüller haritası önemlidir. Brabant'lı Abraham Ortelius ilk modern atlasın yaratıcı olarak kabul edilir. 17. yüzyılda yaşanan bilim devriminde anahtar bir rol oynayan Kepler yaptığı çalışmalarla Newton'u etkilediği gibi günümüz haritacılığının önemli bir konusu olan uydu jeodezisinin gelişmesine de katkı sağlamıştır. Daha sonraki yıllarda yerin şekli ve boyutlarının belirlenmesi için Peru ve Laponya seferleri düzenlenmiştir. Denizcilikte yaşanan gelişmeler nedeniyle boylam ölçümü için güvenilir bir yöntem nihayet 18. yüzyılda İngiliz John Harrison tarafından bulunmuştur. (Longley vd., 2005).

Amerikan bağımsızlık savaşı sırasında birliklerin hareketlerini analiz etmek için Fransız kartograf Louis-Alexandre Berthier tarafından günümüzün CBS'sinde mekansal analiz için önemli bir araç olan harita çakıştırma tekniği kullanılmıştır (Ghilani & Wolf, 2008). Dr. John Snow ise Londra'da 19. yüzyılda meydana gelen bir kolera salgını sırasında ölümler ve su kuyuları arasındaki ilişkiyi mekansal analizi ile belirlemeye çalışmıştır. 1957'den itibaren el ile haritalamanın yerini otomasyon almaya başlamıştır. 1960'lı yılların ortasında geliştirilen Kanada CBS ya da CGIS (Canada Geographic Information System) ise ilk gerçek CBS'dir. Roger Tomlinson CBS'nin babası olarak kabul edilir. CGIS bilgisayar tabanlı bir harita-ölçme sistemidir. Ülkedeki arazi kaynaklarının ve bu kaynakların mevcut ve potansiyel kullanımlarının tanımlanması için federal ve yerel yönetimlerin çabalarıyla Kanada arazi envanterinin çıkartılması amaçlanmıştır. CGIS bir haritalama aracından ziyade bir ölçme aracı ve tablosal bilgi üreticisi olarak planlanmış ve geliştirilmiştir. Bir haritadan doğru bir şekilde ölçülmesi zor olan alanların ölçülmesi böylesi bir envanterin en kullanışlı sonuçları olmuştur. İkinci bir inovasyon hamlesi 1960'lı yılların sonunda Amerikan nüfus bürosunun 1970 nüfus sayımını gerçekleştirmek için gerekli olan araçları planlamasıdır. DIME (Dual Independent Map Encoding) programı ile ABD'deki bütün sokakların dijital kayıtları üretilmiştir. Daha sonra Harvard Üniversitesi'nde "Computer Graphics and Spatial Analysis" laboratuvarı her iki uygulamanın ihtiyaçlarını karşılayabilecek genel amaçlı bir CBS geliştirmek için kurulmuştur. Bunun sonucu olarak 1970'li yılların sonunda ODYSSEY CBS yazılımı geliştirilmiştir. Bu noktada topolojik veri yapılarının geliştirilmesi CBS açısından önemlidir. 1968 yılında Birleşik Krallık'ta ECU (Experimental Cartography Unit) yüksek kaliteli bilgisayar destekli haritacılığa öncülük etmiştir. 1973 yılında ECU, düzenli bir seride dünyanın ilk bilgisayarda yapılmış haritasını "British Geological Survey" ile yayınlamıştır.

Britanya'nın "Ordnance Survey", Fransa'nın "Institut Geographic National" ve ABD'nin "Geological Survey" ve "National Geospatial-Intelligence Agency" gibi çeşitli ulusal haritalama kurumları, el ile düzeltme ve yeniden çizim pahalı ve yavaş olduğu için bilgisayar destekli haritalığa yön vermiştir. ESRI ve Intergraph ilk ticari atılımlardır. Günümüzde dünya çapında kullanılan GIMMS (Global Inventory Modelling and Mapping Studies) vektör tabanlı haritalama ve analiz sisteminin başlangıcı 1976 yılıdır. Diğer taraftan gerçekleştirilen gelişmeler ile uzaktan algılama bir teknoloji kaynağı ve veri kaynağı olarak CBS'nin gelişiminde yer almıştır. İlk askeri uyduların tarihi 1950'lere kadar gider. İlk casus uydularda görüntüleri kaydetmek için konvensiyonel film kameraları kullanılsa da dijital uzaktan algılama 1960'larda onların yerini almıştır. 1970'lerin başında ise Landsat gibi sivil uzaktan algılama sistemleri çeşitli amaçlar için çalışmaya başlamıştır. IKONOS ve Quickbird önemli yüksek çözünürlüklü yer gözlem uydularıdır. Benzer şekilde GPS ilkin askeri amaçlarla ortaya çıkmıştır. CBS alanında çok sayıda teknik gelişme soğuk savaş döneminde ortaya çıkmıştır. 1980'lerde bilgisayar donanımlarının fiyatlarının oldukça düşmesi CBS pazarının büyümesine yol açmıştır. ArcInfo, MapInfo ve MapQuest önemli ticari gelişmelerdir. 2002 yılında ABD'de çevrimiçi ulusal atlas piyasaya sürülmüştür. 2006 yılından itibaren Google Earth hizmet vermektedir. Modern CBS dönemi bunlara benzer çeşitli akademik, teknolojik ve ticari gelişmelerle devam etmektedir (Longley vd., 2005).

4. UYGULAMA

Bu bölümde, İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü'nde Ölçme Bilgisi derslerinde yaptırılan öğrenci uygulaması ele alınmıştır. İlkbahar ya da sonbahar ekinoksunda gözlem yaptığımız yerin ekvatora olan uzaklığını biliyorsak yerin yarıçapını ve ekvatorun uzunluğunu hesaplayabiliriz.

Güneş ışınlarının yılda iki kez ilkbahar ve sonbahar ekinokslarında Ekvator'a dik gelmesinden yararlanarak bulunduğumuz noktanın enlemini belirleyip yerin yarıçapı ve çevresinin uzunluğunu hesaplayabiliriz. Bunun için ilk olarak yüksekliği bilinen jalon ya da miranın gölge boyu ekinoks günü Güneş'in yerel gök meridyeni ile temas geldiği vakitte (22 Eylül 2020'de İzmir için saat 13:03) ölçülmüştür. Bu vakit gündoğumu ve günbatımı için yerel zamanların orta noktasıdır. (3) numaralı eşitlikte $s=111$ cm gölge boyu ve $h=140$ cm jalonun yüksekliği olmak üzere ölçüm yapılan noktanın enlemi $\alpha=38^\circ 24' 33.81''$ olarak bulunmuştur. Diğer bir deyişle ekinoks günü Güneş'in başucuna en yakın olduğu yerel zamanda belirlenen eğim açısı noktanın enlemine eşit olmaktadır. Aynı noktanın GPS ile ölçülen enlemi ise $38^\circ 30' 44.97''$ 'dir.

(2) numaralı eşitlik kullanılarak Ekvator'un uzunluğu hesaplanabilir. Ölçü yaptığımız nokta ile

Ekvator arasındaki mesafe 4254 km'dir. Ekinoks yöntemi bulunduğumuz nokta ile Ekvator arasındaki mesafenin bilinmesini gerektirir. Ekinoks yönteminin bir avantajı gözlem yapılan tarihte hesapladığımız α açısının doğrudan enlemler arasındaki açısal farka eşit olmasıdır. Böylece yerin çevresi 39871.50 km olarak hesaplanmıştır. Ekvator'un uzunluğu bilindiği gibi 40075 km'dir. Buna göre % 0.5'lik bir hata yapılmıştır.

(1) numaralı eşitlik kullanılarak yerin yarıçap hesaplanabilir. Ölçü yaptığımız nokta ile Ekvator arasındaki mesafe olan 4254 km yay boyudur (l). Bu yay parçasını gören merkez açı γ ise noktanın hesaplanan enlemi ($38^\circ 24' 33.81''$) olacağı için yerin yarıçap $R=6345.75$ km olarak elde edilir. Eşitlikte yer alan γ açısı radyan birimine dönüştürülmelidir. Yer in yarıçap 6371 km olarak alınırsa buradaki hata payı % 0.4'tür. Elde edilen sonuçlar Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1: Sonuçlar

Hesap	Antik	Modern	Fark
Enlem	38°24'33.81"	38°30'44.97"	06'11.16"
Ekvator Uzunluğu	39871.50 km	40075 km	203.5 km
Yerin Yarıçapı	6345.75 km	6371 km	25.25 km

5. SONUÇ

Çağlar boyunca jeodezi biliminde gerçekleştirilen ilerlemeler bilim tarihinin en önemli bölümlerinden birisi olmuştur. Jeodezinin çok eski bir bilim dalı olan astronomi ile ilişkisi ve ilk medeniyetlerin oluşumunda rol oynayan haritacılık ve denizcilik faaliyetlerine katkısı bu olguyu perçinlemiştir. Bilim tarihini kabaca antik çağ, ortaçağ ve modern çağ olarak üçe ayırırsak her üç dönemde de insanların yerin şekli ve boyutlarının belirlenmesi ve daha doğru haritaların üretilmesi problemlerine ilgi duyduklarını görürüz. Antik çağda Yunanlılar, Mısırlılar ve Babilliler jeodezi alanında bilinen ilk çalışmaları yapmışlardır. Orta çağda bilime parlak bir dönem yaşatan Müslüman bilim adamlarının en seçkinleri arasında jeodezi ve haritacılık ile ilgilenenler de vardır. Modern zamanda ise ilkin Copernicus, Galilei ve Kepler gibi isimlerle belirginleşen bilim devriminin yarattığı kültürel ortamda jeodezi ve haritacılık önemini korumaya devam etmiş ve daha büyük gelişmelere tanıklık ederek hayatın pek çok yönünde önemli rol oynamıştır. 20. yüzyılda gelişen uydu ve bilgisayar teknolojisi ile günümüzde büyük bir atılım içinde bulunan sivil havacılık modern haritacılığı ortaya çıkarmaktadır. Süreç içerisinde CBS, GPS, uzaktan algılama uyduları ve insansız hava araçları gibi gelişmeler yaşanmıştır.

Antik Yunan medeniyeti jeodezi ve haritacılık ile yakından ilgilenmiş ve çoğu bugün ülkemiz sınırları içerisinde kalan yerlerde yaşamış ve tarihe mal olmuş pek çok isim değerli çalışmalar yaparak mesleğimizin temellerini atmışlardır. Tarihsel

süreçte insanların bilimsel araştırmaya duydukları ilgi sayesinde bilgi ve teknolojinin ilerlemesi ve mesleğimizin gelişiminin bir bütün olarak düşünülmesi ileriye dönük daha güçlü bir perspektifin kurulmasını sağlayabilir.

Bu makale çalışmasında Antik Yunan döneminde jeodezide gerçekleştirilen çalışmalar sunulmaya çalışılmış ancak yer sıkıntısı nedeniyle daha sonraki dönemlere yeterince irdelenmemiştir. Biruni başta olmak üzere müslüman bilim adamlarının çalışmaları ayrı bir makalede ayrıntılı bir şekilde ele alınabilir. Ayrıca Çin gibi başka ülkelerin haritacılık tarihi araştırılabilir.

KAYNAKÇA

- BBC (2020). British Broadcasting Corporation, <http://www.bbc.com/earth/story/20160126-how-we-know-earth-is-round>, [Erişim Tarihi: 09.10.2020].
- Boccaletti, D. (2019). The Shape and Size of the Earth. A Historical Journey From Homer to Artificial Satellites. Springer.
- D'Antonio L (2011). How to Measure the Earth. Mathematical Time Capsules: Historical Modules for the Mathematics Classroom, 7-16.
- Fara P (2018). Bilim: Dört Bin Yıllık Tarih. *Metis Yayınları*.
- Freely J (2013). Before Galileo: The Birth of Modern Science in Medieval Europe. Abrams Press.
- Friedell E (2017). Antik Yunan'ın Kültür Tarihi. *Alfa Yayınları*.
- Ghilani C D & Wolf P R (2008). Elementary Surveying, An Introduction to Geomatics. *Pearson Prentice Hall*.
- Grady P F O (2002). Thales of Miletus. *Ashgate Publishing*.
- Herodotos (2012). Tarih. *Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları*.
- Kaçar M (2013). Piri Reis ve Kolomb Öncesi İslam Haritaları. *Boyut Yayın Grubu*.
- Laertios, D. (2002). Ünlü Filozofların Yaşamları ve Öğretileri. *Yapı Kredi Yayınları*.
- Lawson R M (2004). Science in the Ancient World: An Encyclopedia. *ABC-CLIO*.
- Livingstone D N & Withers C W J (2018). Coğrafya ve Devrim. *Yapı Kredi Yayınları*.
- Longley P A, Goodchild M F, Maguire D J & Rhind D W (2005). Geographic Information Systems and Science. *John Wiley & Sons*.
- Lundy M, Sutton D, Ashton A, Martineau J & Martineau J (2010). Quadrivium: The Four Classical Liberal Arts of Number, Geometry, Music and Cosmology. *Bloomsberry Publishing*.
- Riffenburgh B (2012). Antik Dönemden Günümüze Haritacılar. *Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları*.
- Sezgin F (2008). İslamda Bilim ve Teknik (2. Cilt). *İstanbul Büyükşehir Belediyesi Kültür A.Ş. Yayınları*.
- Sezgin F (2012). İslam Bilimler Tarihi Üzerine Konferanslar. *Timaş Yayınları*.
- Shefer-Mossensohn, M. (2019). Osmanlı'da Bilim: Kültürel Yaratı ve Bilgi Alışverişi. *Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları*.
- Solarić M & Solarić N (2014). French Geodetic and Scientific Expedition to Lapland. *Kartografija i geoinformacija*, 13(22), 32-47.
- Tibbetts G R (1992). The Beginnings of a Cartographic Tradition. *The History of Cartography*, 2, 90-107.
- Torge W (2001). Geodesy, 3rd Edition. De Gruyter.
- Unesco (2020). Unesco, <http://whc.unesco.org/en/list/1187/>, [Erişim Tarihi: 09.10.2020].
- Vermeer M (2017). Geodesy: The Science Underneath. Ders Notu.



© Author(s) 2021. This work is distributed under <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>