

GPS'DE KULLANILAN ELEKTROMANYETİK DALGALARIN İNSAN SAĞLIĞINA ETKİLERİNİN İRDELENMESİ

F. TAKTAK¹, İ. TİRYAKİOĞLU², İ. YILMAZ³

¹Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim Dalı, Afyonkarahisar, ftaktak@aku.edu.tr

²Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim Dalı, Afyonkarahisar, itiryakioglu@aku.edu.tr

³Afyon Kocatepe Üniversitesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, Kartografya Anabilim Dalı, Afyonkarahisar, iyilmaz@aku.edu.tr

Özet

Biyo-manyetoloji ilkelerine göre tüm maddeler dolayısıyla insan vücudu manyetik bir özelliğe sahiptir. Güneş, hava ve su gibi miktatsızlık da insanların vazgeçilmez bir parçasıdır. İnsanı oluşturan maddelerin birbiriyle haberleşmek için kullandığı manyetik alanın sinyalleri hem birbirleriyle ve hem de dünya manyetik alanı ile de uyum içindedir. Fakat bu uyum günümüzde elektromanyetik cihazların hayatımıza girmesi nedeniyle bazen bozulmaktadır.

Global Konum Belirleme Sisteminin, yüksek doğruluk gerektiren aplikasyon çalışmalarında kullanılmasını sağlayan Real-Time Kinematic (RTK) GPS sistemlerinin kullanımı, özellikle mesleki çalışmalarda yeni bir çığır açmıştır. Referans alıcı, koordinatları bilinen bir noktaya kurulduğunda, elde edilen faz gözlemleri için düzeltmeler hesaplanmakta ve düzeltmeler radyo-modemler vasıtasıyla gezici alıcıya iletilmektedir. Gezici alıcı tarafında bu şekilde elde edilen düzeltmeler, değerlendirilmekte ve tam-sayı bilinmeyenleri çözülerek hassas konumlama yapılabilmektedir. Bu çalışmada mesleğimizde kullanılan RTK-GPS ölçümünde radyo modemlerin oluşturmuş olduğu elektromanyetik dalgaların insan sağlığı üzerine olası etkileri üzerinde durulmuştur.

Anahtar kelimeler: Elektromanyetik Dalgalar, Manyetik Alan, Radyo Dalgaları, RTK, İnsan Sağlığı

INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF ELECTROMAGNETIC WAVES USED IN GPS TO THE HUMAN HEALTH

Abstract

All materials have magnetic properties according to bio magneteology so human body is too. Magnetism is as important as sun, weather and water for humanity the between materials in human body is accordance with earth magnetic pole. But this accordance sometimes breakdowns with use to electro magnetic devices in our life.

The use of GPS and RTK application in vocational studies with high accuracy is a new age in surveying reference receiver operates at point coordinates are known. So corrections for those observations are calculated and transmitted by a radio modem to an other itinerant receive with this correction taken by itinerant receive, integer ambiguities are estimated so precise point which positions is made. In this study the effected electromagnetic waves of RTK-GPS on human health is examined

Keywords : Electromagnetic waves, magnetic field, Radio waves, RTK, Human health

1. Giriş

Bilimsel araştırma ve geliştirme çalışmaları sonucu bir yandan modern ve daha refah içinde bir yaşam kalitesi üretilirken diğer yandan, yaşam kalitesini zorlayan kirliliğin de aynı oranda üretildiği görülmektedir. 19. yüzyılda elektriğin keşfi ile yeni bir yaşam boyutu açılmış ve bunu izleyen teknolojik yenilikler çoğalmıştır. Fakat bu bilgi ve teknolojik gelişimin olumlu yönü yaşamı kolaylaştırırken olumsuz yönü ile yaşam kalitesini bozan unsurları da içermesidir.

Bunlardan biri olan elektromanyetik (EM) alan terimi, belirli bir yerde elektromanyetik enerjinin varlığını göstermek için kullanılır. Elektromanyetik alanların iki bileşeni vardır; elektrik alan ve manyetik alan. Manyetik alan hareketli ve elektrik yüklü zerreciklerin, güç etkisinde kaldığı boşluk olup atomların içindeki elektronların çekirdek etrafında ve kendi ekseninde dönmeleri sonucu oluşur. Manyetik alan doğrudan gözle görülemeyen veya kolayca hissedilemeyen fakat sonuçları görülebilen veya hissedilebilen bir olgudur. Tüm maddelerin zayıf ya da güçlü manyetik alanları vardır. Her madde gibi insanında bir manyetik alanı bulunmaktadır. İnsanlar kendi manyetik alanları yanında doğal olarak yaşadıkları çevrenin de manyetik alanları etkisi altındadırlar. Bu manyetik alanın faydaları yanında dengenin bozulması sonucunda zararları da olabilmektedir (Bold v.d., 2003).

Elektrik alanların şiddeti metre başına düşen gerilim (Volt/metre) ile ölçülürken, manyetik alanın ölçü birimi Tesla'dır. Yaygın olarak kullanılan bir başka birim ise Gauss'tur. Elektrik ve manyetik alanların özellikleri farklıdır. Dolayısıyla bu alanların canlıların biyolojik yapıları üzerindeki etkileri değişik olur. Bu alanların insanları nasıl etkilediği henüz tam olarak anlaşılmış değildir. Fakat yapılan çalışmalar; manyetik alanların, elektrik alanlara göre daha etkili olduğunu düşündürmektedir. Öte yandan manyetik alanlar, özel olarak üretilmiş kimi maddeler dışında, hiçbir engel tanımaz. Elektrik alanlar insan bedeninin yüzeyinde zayıf akımlar oluşturur. Manyetik alanlarsa bedenin içine girerek bu tür zayıf akımların iç organlarda bile oluşmasına yol açarlar. Gerçekte değişken manyetik alanlar, çevrelerinde bulunan tüm iletkenlerde (insan bedenini de bir iletken olarak düşünülebilir) akım oluştururlar.

Ortamdaki iyonlaştırıcı olmayan elektromanyetik dalgaların etkisinde kalma sonucunda canlılarda ısı ve ısı olmayan etkiler olmak üzere iki tür etki oluşabilir.

Isıl etkiler, insan vücudu tarafından soğurulan elektromanyetik enerjinin ısıya dönüşmesi ve vücut sıcaklığını artırması olarak tanımlanır. Bu sıcaklık artışı, ısının kan dolaşımı ile atılarak dengelenmesine kadar sürer. Cep telefonları gibi radyo frekansı (RF) kaynaklarının sebep olabileceği sıcaklık artışı gerçekte çok düşüktür ve büyük olasılıkla insan vücudun normal mekanizmaları ile kolayca etkisizleştirilebilir.

Isıl olmayan etkilere bağlı olarak RF dalgaların etkili olduğu iddia edilen bozukluk ve hastalıklar arasında beyin aktivitelerinde değişiklikler, uyku bozuklukları, dikkat bozuklukları, baş ağrıları bulunmaktadır. Ancak bu riskler çok yüksek deneysel dozlar ve sürelerde geçerli olabileceği belirtilmiştir (Leeuwev v.d., 1999).

RTK-GPS ile konumlamadaki temel problemlerden biri referans alıcıdan gezici alıcılara düzeltmelerin yayınlanması için iletişimin sağlanmasıdır. İletişim için kullanılan radyo modemler hesaplanan düzeltmeleri anında kullanıcılara yayınlarlar. Bu yayınlanan elektromanyetik alanın insanlara zararlı etkisi olduğu anlaşılmıştır. EM ışıması etkisinde kalan insanlar, EM enerjisini soğurmaktadır. Soğurulan EM enerjisi vücutta ısınmaya yol açmakta ve bazı organlardaki elektrik akımlarının değişmesine neden olmaktadır.

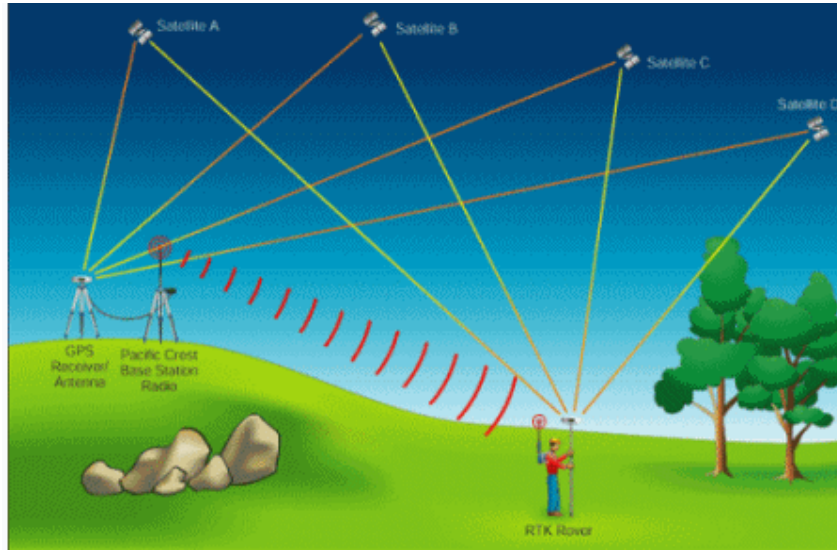
2. RTK-GPS’in Çalışma Prensibi

Real Time Kinematik ölçme ilkesi klasik GPS ölçme yöntemleriyle aynıdır. Bu uygulama içinde başlangıçtaki tam sayı belirsizlikleri çözümlenmeli ve başlangıç için en az 5 uyduyu veya daha fazla uyduya sürekli gözlem yapılmalıdır. RTK-GPS uygulamalarında koordinatları doğru olarak bilinen bir noktada referans GPS alıcısı sürekli gözlem yaparken, bir gezici GPS alıcısı da konum çözümünü gerçekleştirmektedir. Referans alıcı gözlemler esnasında, koordinatlarıyla ölçme anında uydulardan hesapladığı koordinatlarını karşılaştırarak buradan hesapladığı farkları düzeltme olarak gezici alıcılara yayınlar. Düzeltmeleri alan gezici alıcılar referans alıcıya göre o andaki konumlarını hesaplarlar. Referans alıcı ile gezici alıcılar arasındaki iletişimi radyo modemlerle gerçekleştirilir (Şekil 1).

2.1. Radyo Modemler

RTK-GPS sisteminde, biri referans noktasındaki verici, diğeri gezicideki alıcı olmak üzere iki tane radyo modem kullanılır. Radyolar GPS sinyaline karışmayacak frekanslarda, örneğin 900 MHz ya da 450-470 MHz hızında yayın yaparlar.

RTK-GPS uygulamalarında referans istasyonunda hesaplanan verilerin her saniyede bir yenilenmesi gerekmektedir. RTK-GPS’deki bu zorunluluk nedeniyle gönderilen verinin hacmi artar. Bu nedenle 1800 baud oranında veya daha hızlı radyo vericileri kullanılmalıdır. RTK-GPS için genelde 19200 baud ile 9600 baud yayın oranları tercih edilmektedir.



Şekil 1. RTK sistemi

Radyo modemlerde radyo spektrumunun UHF (Ultra-High Frequency) ve VHP (Very High Frequency) bölümlerinde bulunan data yayınımla desteklenen bant genişlikleri kullanılmaktadır. Kısa bant frekans modülasyonu (FM) ve değişik frekans çeşitleri data yayınımlarını toplamak için kullanılır. UHF, VHF veya yaygın spektrum radyoları ile data yayınlama işlemi 10-20 km uzunluklarda uygulanabilmektedir.

Kullanılan radyo vericinin gücü gönderilen verinin gezici tarafından tam ve eksiksiz bir şekilde alınabilmesi için yeterli olmalıdır. Bu yüzden radyolar farklı güçlerde kullanılabilirliklerine göre, çoğunlukla 2 Watt ve üstü imal edilir. Güç seçiminin gerekliliği direkt olarak yayın alanı uzunluğuyla ilgilidir.

Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, Mühendislik Ölçmeleri STB Komisyonu

2. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu

23-25 Kasım 2005, İTÜ – İstanbul

3. Elektromanyetik Dalgalar ve Işınlım

Işınlım (radyasyon), enerjinin bir ortamda dalga veya tanecik halinde yayılması olarak tanımlanır. Elektromanyetik (EM) ışınlım ise elektromanyetik dalganın herhangi bir ortamda yayılmasıdır. Haberleşmede, sınırsız bir ortamda kullanılan dalgalar genelde enine dalga şeklindedir. Dalgada elektro (E), manyetik (H) alan bileşenleri yayılma doğrultusunda dik bir düzlemde bulunurlar (Şekil 2). Bu enine düzlemde E ve H bileşenleri birbirlerine dik olarak değişirler.

Elektromanyetik dalgaların saniyede yaptığı salınım sayısına yani kendilerini tekrarlama sıklığına frekans denir. Frekansın birimi Hertz (Hz)'dir. 1 Hz saniyede bir salınım; 1 kHz ya da kilohertz saniyede 1000 Hz; 1 MHz ya da megahertz saniyede bir milyon Hz; 1 GHz ya da gigahertz saniyede bir milyar Hz ya da 10⁹ Hz'dir. Elektromanyetik dalgaların bir salınımda aldıkları yola dalga boyu denir. Dalga boyunun birimi mesafe birimleridir. Frekans (f) ile periyodu (T) ters işaretlidir.

$$f = \frac{1}{T} \quad [\text{Hz}] \quad (1)$$

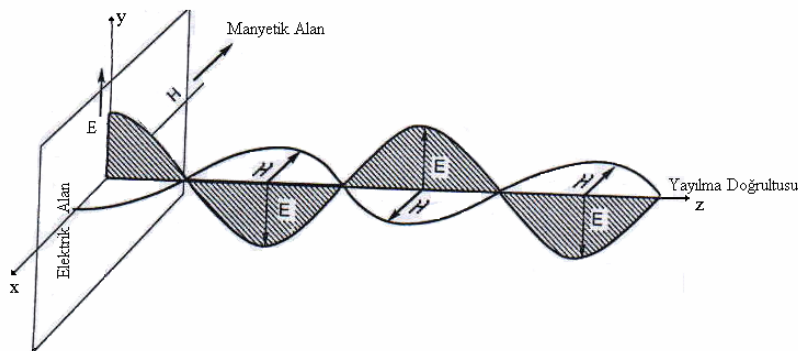
Bir periyod boyunca EM dalganın almış olduğu yola o dalganın dalga boyu denir.

$$\lambda = c.T = \frac{c}{f} \quad [\text{m}] \quad (2)$$

dalganın yayılım hızı (enerji taşıma hızı) v ;

$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (3)$$

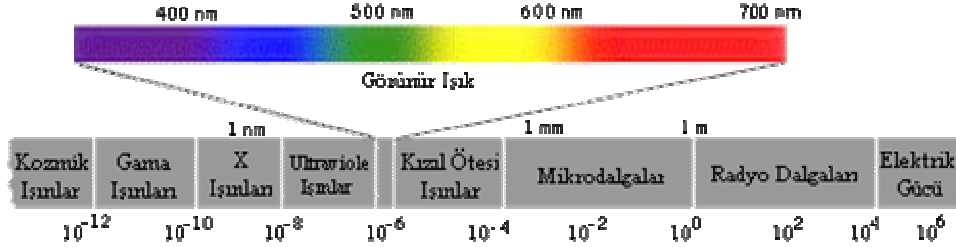
şeklindedir. Burada ϵ_r ortamın dielektirik katsayısını c ise ışık hızını göstermektedir. Boşlukta ve havada ($\epsilon_r \cong 1$) $v \cong c = 3.10^8$ m/sn ‘dir (Dinçer, 2000).



Şekil 2. Dalganın yayılımı

Dalga boyu son derece küçüldüğünde elektromanyetik radyasyon (EMR), madde ile karşılaştığında, dalga olmaktan çok, bir enerji kümesi gibi davranır. Bu enerji kümelerine “kuantum” veya “foton” denir. Bu tipteki EMR’ler, X ve gamma ışınlarıdır. Enerjileri çok yükselen bu ışınlar moleküllere çarptığında onları

iyonlaştırarak, molekül yapısını, yani yaşamsal fonksiyonlarını bozar ve böylece olumsuz biyokimyasal tepkimeler sonucunda kanser oluşumunu kolaylaştırır. Yapılan çalışmalarda X ve gamma ışınlarına maruz kalan insanlarda, kanserlerin oluşumu artmıştır. Bu nedenle bu ışınlar, “İyonlaştırıcı Elektromanyetik Radyasyon” şeklinde ifade edilmektedir.



Şekil 3. Farklı dalga boyuna sahip elektromanyetik dalgalar

Bir diğer EMR grubu ise, iyonlaştırmayan elektromanyetik radyasyonlar grubudur. Bu gruba giren dalga özellikli EMR’ler, az enerjiden yüksek enerjiliye doğru, radyo dalgaları, mikro dalgalar, infrared radyasyon, görünür ışınlar ve laser ışınları, ultraviyole ışınları olmak üzere sıralanırlar (Şekil 3). Dalga boyu olarak, insan vücut kalınlığı içine düşen mikro dalgalar ve altındaki ışınların (infrared radyasyon, görünür ışınlar ve laser ışınları, ultraviyole ışınları) insan vücuduna verdiği zararlar yapılan araştırmalarla kanıtlanmıştır. Mikro dalgaların pişirme özelliği, infrared ışınlarının göz merceğine, görünür ışınların göz dibine, ultraviyole ışınlarının deriye verdiği zararlar artık kesinlikle bilinmektedir (Sabuncu, 2005).

3.1 Yüksek Frekanslı (10 kHz-300 GHz) Elektromanyetik Işınlılar

İnsan vücudu yüksek frekans alanlarına duyarlıdır. Vücut tarafından yutulan enerji ısıya dönüşür. Yüksek frekans alan tüm vücut veya belli bir bölgede ısı oluşur. Isı içeride oluştuğu için, ısı algılayıcı olan deri tarafından algılanmaz. Bu yüzden vücut sıcaklığı kontrol sistemi etkilenir. Bu etki frekansa bağlıdır. Bu zararlı etkileri azaltmak için elektromanyetik ışımasının belirli bir değerde olmasını öngören standartlar geliştirilmiştir. Elektromanyetik ışıma canlıya ulaştığında, bu canlı tarafından soğurulmaktadır (Dinçer, 2000).

RTK-GPS sisteminde kullanılan radyo modem frekansı yüksek frekans aralığına girmektedir.

3.1.1 Spesifik Absorbsiyon Hızı (SAR)

SAR (Specific Absorption Rate) yani özgül soğurma hızı, elektromanyetik enerjinin vücut dokuları tarafından soğurulma hızıdır. Birimi W/kg'dır. Bugüne kadar yapılan çalışmalar insan vücudunun 1°C sıcaklık artışını düzenleyemediğini ve bazı sorunlar yarattığını göstermiştir. İnsan vücudunda 1°C sıcaklık artışı için bir kilogram doku başına 4W güç soğurulması gerekmektedir. İnsanların genel yaşam alanlarında bu değerin 50'de biri olan 0,08 W/kg SAR sınır değeri olarak kabul edilmiştir.

Özgül soğurma hızının doğrudan ölçülmesi hemen hemen imkansızdır. Bu yüzden, sınır değerlerin belirlenmesinde kolay ölçülebilen ve/veya gözlemlenebilen parametreler kullanılmaktadır. Bu parametreler, elektrik alan şiddeti, manyetik alan şiddeti ve güç yoğunluğudur (tübitak-bilten, 2001).

Bir noktadaki elektromanyetik enerji miktarı, kaynağından olan uzaklığa, kaynağın etkin çıkış gücüne ve yayılım ortamına bağlıdır.

EM ışımasının mesleki etkilenme sınır değerleri uluslararası ışınumda korunma birliği tarafından hazırlanmış ve Çizelge 1’ de verilmiştir. Bu değer, 10 MHz –300 GHz için SAR =0,4 [W/Kg] değerinden türetilmiştir. Bu sınır değeri bir veya birden fazla RF ışıma kaynağı tarafından vücudun , bir çalışma günü boyunca herhangi bir 6 dakikalık periyottaki ortalama etkilenme değeridir. Mesleki etkilenme sınırı , sistemin gerçekleştirilmesinde ve bakımında çalışanların ışımaya karşı korunur olmaları nedeniyle genel halk sağlığı sınırından daha yüksek tutulmuştur.

Çizelge 1. IRPA (The International Radiation Protection Association) RF ışımasının mesleki etkilenme sınırı (IRPA 1988)

Frekans Bölgesi (MHz)	Rms Elektrik Alan Şiddeti (V/m)	Rms Mağnetik Alan Şiddeti (A/m)	Eşdeğer Düzlemsel Dalga güç yoğunluğu	
			(W/m ²)	(mW/cm ²)
0,1-1	614	1,6/f	-	-
>1-10	614/f	1,6/f	-	-
>10-400	61	0,16	10	1
>400-2000	$3\sqrt{f}$	$0,008\sqrt{f}$	f/40	f/400
>2000-300.10 ³	137	0,36	50	0,5

frekanslar MHz cinsinden

3.2 Ölçüm Yöntemi

EM ışınumına maruz kalma ölçümleri, temel olarak alan şiddeti veya güç akı yoğunluğu ölçerek elde edilir. Pek çok etkilenme (maruz kalma) durumlarında elektrik ve magnetik alan şiddetleri arasındaki basit ilişkiler yoktur. Bu iki değer için uzak alan şartlarına göre birbirlerine dönüşüm mevcut olmadığından her bir değer ayrı ayrı ölçülmelidir.

Alan şiddeti veya güç yoğunluğu, alan algılayıcıları kullanılarak yapılır. Alan algılayıcıları olarak, E ve H kullanılır. Dipoller elektrik alan algılayıcı, çerçeveler ise magnetik alan algılayıcı olarak kullanılır. Algılayıcılar tarafından alınan işaretler bağlantı kabloları ile ölçme ve değerlendirme birimine iletilir. Burada, ölçülecek büyüklük değerlendirilerek ölçü aletinin ekranında verilir.

Kullanılan ölçü aleti aşağıda verilen parametrelerin bir veya birkaçını gösterebilecek şekilde olmalıdır. Bu parametreler

- Ortalama güç yoğunluğunu (W/m² , mW/cm²)
- Ortalama E alanını (V/m) veya E alanın karesel ortalamasını
- Ortalama H alanını (A/m) veya H alanın karesel ortalamasını
- Bölgesel ortalama alan şiddetini

dir.

3.3 Elektromanyetik Alanın Sağlığa Etkileri

Elektromanyetik alan ışımasının insanlara ve diğer canlılara zararlı etkisi olduğu anlaşılmıştır. EM ışıması etkisinde kalan canlılar, EM enerjisini soğurmaktadır. Soğurulan EM enerjisi vücutta ısınmaya yol açmakta ve bazı organlardaki elektrik akımlarının değişmesine neden olmaktadır. EM ışıının ayrıca doku hücrelerinin kimyasal yapısını da bozmaktadır. EM ışıının kimyasal etkileri hücrelerdeki büyük moleküllerin bozulmasına, hücre zarlarının birbirine yapışmasına, hücre iyon dengesinin bozulmasına, sinir sisteminin etkilenmesine, beyinin elektriksel işareti değişmesine, uykusuzluğa, baş ağrısına, baş dönmesine neden olabilir. EM ışıınının soğurulmasının, baş ağrısı, hafıza kaybı, sinir sistemi bozuklukları, dolaşım sistemi bozuklukları, bağışıklık sisteminin zayıflaması, karmaşık rüyaların görülmesi gibi hasarlara yol açtığı iddia edilmektedir. EM enerji soğurulmasının göze, üreme organlarına, sinir sistemine, dolaşım sistemine de kötü etkileri vardır. Yapılan çalışmalar EM ışımasının belirli bir değerin altında olduğunda insan üzerinde zararlı etkilerinin az olduğunu göstermektedir (Dinçer, 2000).

Zayıfta olsa manyetik alanın insan sağlığına zararlı olup olmadığı hala tartışılmaktadır. Bu zayıf alanların hemen gözle görülebilecek bir zararları yoktur. Fakat hayvan hücresi üzerinde yapılan deneylerde zayıf manyetik alanın hormon ve enzim seviyesini değiştirmek, dokulardaki kimyasalların hareketini engelleme gibi biyolojik etkenlere sebep olduğu kararına varılmıştır (ARPNSA, 1999).

4. Sonuçlar ve Öneriler

GPS-RTK ölçümünde alıcı ve verici olmak üzere GPS aletlerinde radyo modemler kullanılmakta ve işlevini görebilmesi için belli frekansta belli bir güçte çalışması gerekmektedir. Radyo modemler referans istasyonda güçlendirilerek belli bir frekansta verileri gezici GPS aletine göndermekte ve yapılan veri alışverişinden sonra düzeltilmiş değerlere göre konum belirlenmektedir. Çalışma sırasında radyo modemlerde elektromanyetik alan meydana gelmektedir. Bu durumda radyo modemin yaymış olduğu elektromanyetik enerjiyi vücut soğurmaktadır.

RTK aleti kullanım amacına göre arazide gün boyu kullanılan bir alettir ve aleti kullanan kişiler ise yayılan manyetik alana devamlı maruz kalmaktadır. İnsanın kendi iç manyetik alanı ile dünyanın oluşturduğu manyetik alan arasındaki uyumluluk bu nedenlerden dolayı bozulabilmektedir. Manyetik alan oluşturan cihazlar hayatımızın bir parçası haline gelmiş bulunmaktadır. Bununla birlikte bunların olası zararlarını bildiğimizde kısmen de olsa önlemlerimizi almaya çalışmamız gerekecektir. Manyetik alan kirliliği gözle görülemeyişi ve etkisinin çoğu zaman doğrudan hissedilemeyişi ve uzun zaman sonra birikerek görülmesi insanlar tarafından yeterince önemsenmemektedir. Manyetik alan kirliliğinin kaynakları tespit edilerek önlenmesi için gerekli tedbirlerin alınması kaçınılmazdır.

RTK-GPS’in kullanılmasından dolayı EM ışıının kirliliğini ve insan sağlığına etkisini azaltmak için önerilen diğer önlemlerden bazıları:

- Arazide ölçümü yapan kişinin sağlık durumunun ölçü için uygun olup olmadığını kontrol edilmeli,
- Arazide aleti kullanan kişiler belli aralıklarla değiştirilmeli,
- Kullanılan aletin, radyo modeminin harici değil GPS aletine monteli olanları tercih edilmelidir.

Kaynaklar

Bold, A., Toros, H. ve Şen O., (2003). Manyetik alanın insan sağlığı üzerindeki etkisi, *III. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu*, 19-21 Mart, İTÜ, İstanbul. ISBN.975-561-236-X.

Dinçer, H., (2000). Elektromagnetik Işınım ve İnsan Sağlığına Etkileri, *Elektrik, Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu* 8-12 Kasım 2000 – Bursa.

IRPA Recommendations, 1988

Van Leeuwen, G.M, Lagendijk J.J, Van Leersum B.J., Zwamborn A.P., Hornsleth S.N., Kotte A.N., (1999). “Calculation of change in brain temperatures due to exposure to a mobile phone”, *Phys. Med. Biol.*, 44: 2367-2379.

Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency, (1999). Power line electromagnetic fields and human health, <http://www.ortho.lsumc.edu/Faculty/Marino/Powerline/PowerlineTOC.html>

Gerçek –Zamanlı Kinematik GPS (Real-Time Kinematik (RTK) GPS)

<http://atlas.cc.itu.edu.tr/~celikn/sevda/rtk/rtk.htm>

Sabuncu, H., Elektromanyetik Radyasyonlar ve Elektromanyetik Alanlar İle İlgili Tanımlar - Sağlığa Olumsuz Etkileri, http://saglik.tr.net/cevre_sagligi_baz_istasyonlari.shtml

Tübitak-bilten, 2001, Elektromanyetik Dalgalar ve İnsan Sağlığı Sıkça Sorulan Sorular ve Yanıtları Tübitak, www.biltek.tubitak.gov.tr/gsm.pdf