

Baz İstasyonları, Çevrelerindeki Ölçümler ve İnsana Etkileri

Mobil İletişim Nasıl Sağlanıyor?

Bugün artık neredeyse herkes cep telefonu kullanıyor.

Birçok kişi cep telefonlarıyla sadece konuşmakla kalmıyor, bunlarla ve başka taşınabilir aletlerle tüm dünyayla iletişim kurabiliyor, yazı, resim, video aktarımı gibi olanaklardan ve internetten kablosuz yararlanabiliyor.

Cep telefonlarının türleri ve kaliteleriyle ilgili ayrıntılı bilgiler edinilmesine karşın, pek az kişinin bunların ve taşınabilir başka aletlerin iletişimini sağlayan sistemlerin ve "baz istasyonları ağının" teknik yapısıyla ve çalışma sistemiyle ilgili bilgisi var. Bu nedenle, baz istasyonlarının kent dışına çıkarılması gibi teknik olarak yerine getiremeyecek istekler, zaman zaman medyada yer alıyor.

Bu yazıda, mobil iletişimi sağlayan teknik sistemler, bunların çalışması, baz istasyonlarından ve cep telefonlarından yayılan elektromanyetik dalgaların özellikleri, insana olabilecek etkileri, ilgi sınırı değerler, çevredeki ölçümler konuya yabancı olanlar için basitleştirilerek ve bir miktar ayrıntıya girilerek açıklanıyor.

Mobil İletişim

Radyo ve televizyon yayınları bir kule antenden, yüksek elektriksel güçte, genellikle 100 km'den daha büyük uzaklıkları kapsayacak şekilde yapılıyor. Bilindiği gibi, bu çeşit yayınlar antenden dinleyici ya da izleyiciye doğru tek yönlü, karşılıklı değil. Cep telefonlarının birbirleriyle ya da sabit telefonlarla karşılıklı iletişimi ise baz istasyonlarının bulunduğu sistem ağı aracılığıyla yapıldığından radyo ve televizyon yayınlarından çok farklı.

İki cep telefonu arasında iletişim nasıl sağlanıyor? Telefonlaşırken bu iki alet -hatta aynı yerde, yan yana dursalar bile- hiçbir zaman doğrudan iletişimde bulunmuyor. Aynı yörede oturan iki kişi arasındaki iletişim, cep telefonları antenleriyle o yöredeki baz istasyonları antenleri arasında gidip gelen elektromanyetik dalgalara modülasyonla yüklenmiş olan bilgilerin, bilgisayarlar aracılığıyla düzenlenip aktarılmasıyla sağlanıyor. Farklı

bölge ya da ülkeler arasındaki iletişimde ise cep telefonundan baz istasyonuna aktarılan konuşma (ya da herhangi bir veri) kablo (ya da kablosuz verici antenlerden yayılan dalgalar) aracılığıyla alıcının bulunduğu bölgeye iletilip oradaki yakın bir baz istasyonundan alıcının telefonuna ya da başka bir alete (örneğin ipad, laptop) ulaştırılıyor.

Baz istasyonları, evlerin çatısına ya da direklerin tepelerine takılan antenler ile bunların alt bölümlerine yerleştirilen, elektronik devrelerin bulunduğu kutulardan oluşuyor. Cep telefonlarıyla karşılıklı iletişim, ancak çok sayıda küçük hücrenin oluşturduğu bal peteği şeklindeki baz istasyonları ağı yardımıyla sağlanıyor. Her bir baz istasyonu, birkaç yüz metreyle onlarca kilometre arasında değişen çevresiyle iletişindedir ve kablosuz ya da kablosuz olarak "baz istasyonları ağı"yla bağlantılıdır. Her bir hücrede ancak belirli sayıda kişinin aynı anda konuşabilmesi iletişime sınırlama getiriyor. Her bir baz istasyonu aynı anda 20 ile 90 arasında kişinin konuşmasını sağlayabiliyor, veri (resim) aktarımında ise bu sayı 2 ile 20 arasına iniyor.

Özellikle kent merkezlerindeki yoğun telefonlaşmalarda aynı anda çok sayıda kişinin cep telefonu ile iletişim kurabilme gereksinimi, her birkaç yüz metrede bir baz istasyonu kurulmasını gerektiriyor. Ayrıca cep telefonu aküsünün çabuk bitmemesi ve cep telefonunun yaydığı elektromanyetik dalgaların konuşmanı olduğunca az etkemesi amacıyla cep telefonlarının düşük elektriksel güçte çalışması ve buna rağmen baz istasyonu ile iletişimde olması gerekiyor. Bu ise ancak baz istasyonu yakınlardaysa sağlanabilir. Böylelikle baz istasyonu da çok daha düşük elektromanyetik güçte çalışarak cep telefonu ile iletişim kurabiliyor ve halkın baz istasyonlarından etkilenmesi son derece düşük düzeyde tutulabiliyor. Öte yandan, baz istasyonlarının sayısı arttıkça, aynı frekanslar çeşitli bölgelerde tekrar kullanılarak, zaten sınırlı olan frekanslar değerlendirilebiliyor.

Mobil İletişimi Sağlayan Sistemler

GSM: Mobil iletişim için küresel sistem (Global System for Mobile Communications)

(Avrupa Birliği'nde GSM frekans aralığı: 900-1800 MHz)

1990'lı yıllarda dünyada yayılmaya başlayan ve bugün de çok kullanılan GSM sistem standardı (2G: 2. Kuşak Teknolojisi) ilk dijital (sayısal) sistem ağıdır; ondan önceki A, B ve C analog sistem ağlarını (1G: 1. Kuşak) devre dışı bırakmıştır. Bugün dünyada 3 milyardan fazla insan GSM sistemlerinden yararlanmaktadır. GSM sisteminde ulaşılabilecek uzaklık en çok 38 km kadardır. Bu sistemde 9,6 ile 14,4 kBit/s (kilobit/saniye) bant genişliğinde veri aktarma hızlarına ulaşılabiliyor.

UMTS: Evrensel Mobil İletişim Sistemi (Universal Mobile Telecommunications System)

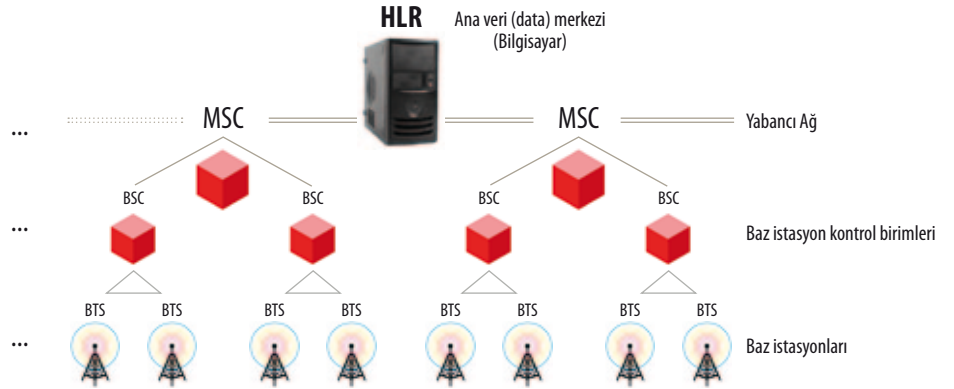
Cep telefonu kullanıcısı konuşmanın yanı sıra veri alıp vermek, örneğin interneti kullanmak, müzik dinlemek, video izlemek, fotoğraf göndermek isteyebilir. Bugünkü modern iletişim çağında GSM'nin sunduğu 14,4 kBit/saniyelik veri aktarma hızı, dakikalarca beklendiği ve iletişimin fiyatını otomatik olarak belirlemede yetersiz kaldığından UMTS (3G: 3. Kuşak Teknolojisi) doğmuştur. UMTS sistemiyle 384 kBit/s hızında veri aktarımı sağlanabiliyor. 2004'den beri kullanılan bu sistemde fiyatlandırma paket halinde yapıyor. Modern cep telefonları her iki standartla da çalışabiliyor. İlgili bölgede GSM ya da UMTS sisteminin hangisi kurulu ise cep telefonu otomatik olarak o sisteme geçiyor. UMTS sisteminde hücreler çok daha küçük, örneğin binaların içinde bu uzaklıklar çok azalıyor. Bunun sonucunda baz istasyonlarının yayın güçleri de düşüyor (1Watt'ın altına iniyor), insana etkisi de iyice azalıyor.

HSDPA: Yüksek Hızlı Veri Paketi İndirme Erişimi (High Speed Downlink Packet Access)

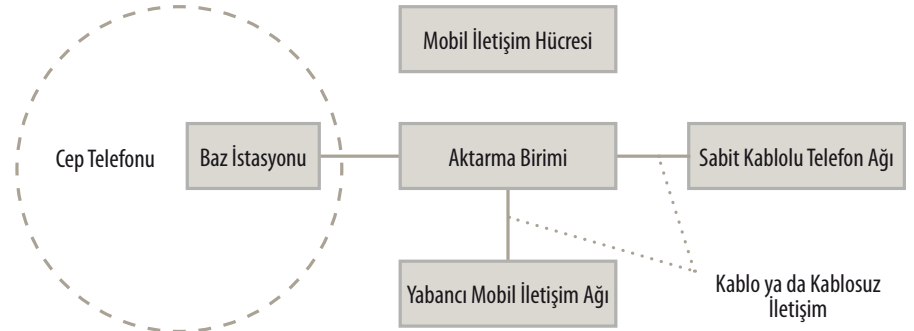
UMTS'yi daha da hızlandırmak için gelişmeler sürüyor. HSDPA, UMTS'den daha hızlı. Bu sisteme 3,5 Kuşak Teknolojisi de (3,5G) deniyor. Almanya'da bu sistemi bazı sunucular 2006 yılında nüfusu 50.000'den fazla olan yerlerde kullanmaya başladı ve 7200 kBit/s (=7,2 MBit/saniye) hızına ulaştılar.

Tüm dünyada bugün 70 ülkede 150 ağı, genişletilmiş UMTS ya da HSDPA ile donanımlı olarak çalışmakta ve bu sayılar gitgide artmakta. HSDPA'nın, orta sürede, 28,8 MBit/saniye hızına çıkarak DSL ile bağlantı kurması planlanmaktadır. Kuramsal olarak 50 MBit/saniye değerine ulaşılabiliyor, ki bu da çok yüksek hızlardaki VDSL (Very High Speed Digital Subscriber Line) internet düzeyi demek. UMTS / HSDPA, DSL'nin bulunmadığı yerlerde DSL'ye seçenек olarak kullanılabiliyor.

LTE: Uzun Dönemli Evrim (Long Term Evolution) Önümüzdeki yıllarda kurulacak bu 4G (4. Kuşak) ağıyla, alışlagelmiş telefon prizi bağlantıları yavaş yavaş ortadan kalkacak ve bugün DSL'nin ulaştığı 16 MBit/saniye epey geride bırakılarak 300 MBit/saniyelik (downstream) hızlara ulaşılabilecek.



Şekil 1 Mobil iletişimde düzen (Kaynak: www.telarif.de)



Şekil 1a Mobil iletişim

Cep Telefonlarıyla Baz İstasyonlarının İletişim Tekniği

Cep telefonu kullanıldığı anda yakınındaki bir baz istasyonu (BTS: Base Transceiver Station) ile iletişim kurmaya çalışıyor. UMTS ağında buna B-düğüm noktası deniyor (UMTS'in ayrıntıları için çerçeve içine bkz.). Baz istasyonlarından bir bölümü "Baz İstasyon Kontrol" (BSC: Base Station Controller) birimiyle bağlantılı. BSC, cep telefonunun çıktısını sistem ağındaki hücrelere aktarma işlevi görüyor. Örneğin otomobille giderken konuşmanın bir baz istasyonundan diğerine aktarılarak kesilmesini bu BSC'ler sağlıyor. Baz istasyonları ve bunları kontrol eden birimler, mobil anahtarlama noktaları (MSC: Mobil Switching Center) yönetiliyor. Burada hangi müşterinin o anda "konuk" olarak MSC bölgesinde bulunduğuyla ilgili "konuk yeri veri kaydı" (VLR: Visitor Location Register) denilen bir veri tabanı yer alıyor. İşlem için gerekli ana verileri VLR, Ana Veri Merkezi'nden sağlıyor (HLR: Home Location Register) (Şekil 1 ve 1a)

Bir cep telefonu kullanılmadan belirli bir yerde durduğu sürece herhangi bir yayın yapmıyor -sadece arada bir (belirli saat aralıklarında, genellikle 1 ile 6 saat arasında) 1 saniye kadar süren kısa bir sinyal yoluyla baz istasyonuna yerini belli ediyor (Sürekli iletişimde olursa aküsü kısa sürede biteceğinden ve gereksiz yere radyasyon yayacağından). Cep telefonu, örneğin bir otomobilin içinde uzun bir yolda her yayın hücresinden geçip ayrıldığında kısa bir sinyal ile yeni yerini haber verir. Cep telefonu sadece telefon konuşmaları, yazı, resim gibi veri aktarımı sırasında, ve yayın hücresini değiştirdiğinde yerini belirli aralıklarla belli ederken baz istasyonu ile iletişim kuruyor. Modern iletişim sistemlerinde analog konuşma sinyali digital (sayısal) sin-

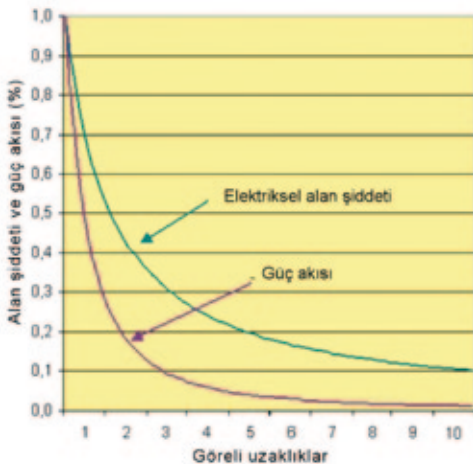
Şekil 1b



yallere (sıfırlara ve birlere) dönüştürüldüğünden, bunlar antenden doğrudan verilemiyor. Yüksek frekanslı sinyal, digital konuşma bilgisinin modülasyonla yüklendiği taşıyıcı olarak kullanılıyor. Aktarma sırasında kapasite kazanılması için GSM sisteminde konuşma sinyalleri sürekli olmayıp birbirlerini izleyen veri paketleri halindedir. Bu paketler her 4,6 milisaniyede bir (saniyede 217 kez yani 217 Hertz frekansla) baz istasyonuna aktarılıyor ve bu işlem 0,577 milisaniye sürüyor. Buna "pulsu sinyalleme" deniyor (Şekil 1 b). Telefon konuşması sırasında cep telefonu sürenin sekizde biri kadar yayın yaparken, arta kalan sekizde yedi sürede yayın yapmıyor. Baz istasyonu bu 7/8 süreyi kullanarak başka telefonlarla iletişimi sağlıyor. Bu nedenle bir baz istasyonunun yayını -genellikle birçok cep telefonu ara vermeden baz istasyonu ile iletişim kurduğu için- çok daha sürekli (özellikle gündüzleri). UMTS sisteminde iletişim bir kodla sürekli olarak yapılır (GSM'deki gibi veri paketleriyle değil). Cep telefonu bu sistemde bir kaç baz istasyonu ile iletişimde olduğundan, telefonun, yer değiştirirken, baz istasyonuna haber vermesi gerekmez.

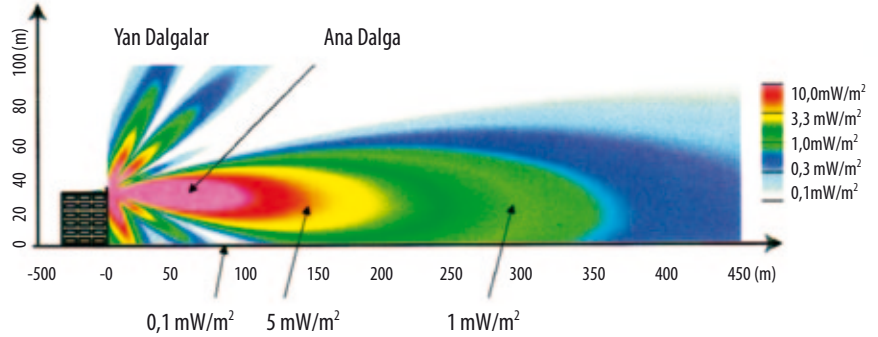
Cep telefonuyla baz istasyonu arasındaki iletişim iyi değilse (örneğin aradaki binalar engel oluşturuyorsa) hem baz istasyonunun hem de cep telefonunun daha yüksek güçte çalışması gerekebilir. GSM cep telefonları en çok 1-2 Watt güçte çalışabilir. Konuşmalarda ulaşılacak ortalama değer ise 125-250 miliWatt arasındadır. (Watt elektriksel güç birimi olup, 1 miliWatt, binde bir Watt'tır)

Şekil 2 Elektriksel alan şiddeti ve güç akısının baz istasyonundan uzaklaştıkça keskin düşüşü



Baz İstasyonlarından Yayınlanan Elektromanyetik Dalga Demetlerinin Özellikleri

Bir baz istasyonu, bir deniz fenerinin yaydığı ışın demetine benzer şekilde, belirli doğrultularda yayın yaptığı için, dalgalar antenin dibine ve yanlarına ulaşamaz ve buralarda bir etki beklenemez. Yayın doğrultusunda, antenden uzaklaştıkça elektriksel alan şiddeti (Volt/m) uzaklıkla ters orantılı olarak azalırken, insan



Şekil 3 Baz istasyonu anteninden ileriye ve yanlara doğru gidildikçe elektriksel gücün azalması

vücudunu etkilemede önemli olan elektriksel güç akısı (Watt/m²) uzaklığın karesiyle ters orantılı olarak azalır (Şekil 2).

Bu nedenle elektromanyetik dalganın, yayılma doğrultusuna dikey duran bir yüzeye ya da insan vücuduna etkisi hem antenden uzaklaştıkça hem de yayın demetinden yanlara doğru açıldıkça büyük oranda azalır (Şekil 3).

Bir baz istasyonu çevresinde herhangi bir noktadaki elektriksel güç akısı çeşitli değişkenlere bağlı. Bunlar antenin yayın gücü (Watt), elektromanyetik demetin şekli (dar ya da geniş olması, ki bu anten kazancıyla belirleniyor), antenden uzaklık, antenin dikildiği yükseklik, anten ile kişi (ya da cep telefonu) arasındaki binalar, ağaçlar, tepeler gibi engeller, günün saati ve hava koşullarıdır. GSM 1800 ve UMTS 2000 baz istasyonları ağlarında yayın gücü genellikle her bir kanal için 40 Watt'tır. Antenle kişi ya da cep telefonu arasındaki binalar, beton duvarlar, tepeler ve evlerdeki metal katkılı camlar elektromanyetik dalgaları soğurup geriye yansıtıklarından bunların arkasında elektriksel güç akısı "bindebir"e bile inebilir ve cep telefonu ya çok daha fazla

güçle çalışmak zorunda kalır ya da bağlantı kurulamaz. Her baz istasyonunun günün tüm saatlerinde tam güçte çalışması gerekmediğinden gücün düşürüldüğü saatlerde (örneğin geceleri sadece gerektiğinde yayın yapılabilir) çevredeki etki de bu nedenle düşer.

Ulaşılması gereken uzaklığa göre dar ya da geniş yayın demeti oluşturacak antenler seçiliyor (Şekil 4a ve 4b). Bunların anten kazançları 1,6 ile 130 arasında olabilir. Baz istasyonu antenleri genellikle belirli doğrultudaki bir bölgeyi kapsa-

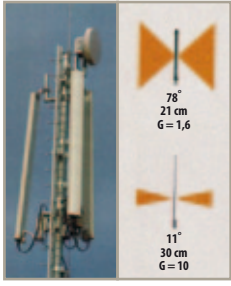
Sınır değerler

Elektromanyetik dalgaların vücuda etkisinde önemli olan, baz istasyonundan belirli bir uzaklıkta bulunan bir kişiye o noktadaki güç akısının aktardığı enerjidir; bu SAR ile gösterilen Özgül Soğurma Hızı'dır (Specific Absorption Rate) (Watt/kg birimlidir).

Vücutta 30 dakikada 1 derecelik sıcaklık artışına yol açan elektriksel güç 4 Watt/kg kadardır. Bu değer temel SAR sınır değeri olarak kabul ediliyor. İlgili mesleklerde çalışanlar için bunun 1/10'u olan 0,4 Watt/kg ve bunun da 1/5'i olan 0,08 Watt/kg halktan bir kişinin "tüm vücut ışınlaması" için sınır değeri olarak kabul ediliyor. Bu ise vücutta 1 derecenin 50'de biri kadar bir sıcaklık artışı demek. Vücutun baş bölgesi için sınır değeri 1,6 Watt/kg.

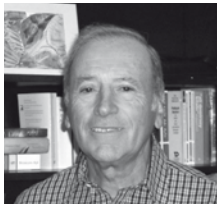
0,08 Watt/kg'lık sınır değere eşdeğer olarak Volt/m ve Watt/m² birimlerinde sınır değerler türetilmiştir. Bunlar sırasıyla 900 MHz için 41V/m, 4,5 Watt/m² ve 1800 MHz için 58 V/m ve 9,2 Watt/m²'dir. 2 GHz ile 300 GHz arasındaki yüksek frekanslar için türev sınır değerleri ise elektriksel alan şiddeti için 61,4 V/m ve güç akısı için 10 Watt/m²'dir (ICNIRP/kaynaklara bkz.: İyonlayıcı olmayan ışınlardan koruma ölçütlerini belirleyen uluslararası üst kurul).

Türkiye'de sınır değerler 2001 yılında yayımlanan ilgili yönetmeliğe göre, ICNIRP "yönlendirici sınır değerlerinin" dörtte biri kadardır ve 900 MHz frekansla yayın yapan baz istasyonları için elektriksel alan şiddeti 10 Volt/m'dir. 1800 MHz frekansı için ise sınır değeri 14 Volt/m'dir (Sınır değerlere göre, Türkiye'deki uygulama daha koruyucudur).



Şekil 4a Bir baz istasyonunun 120 derece açılarla, 3 bölgeye doğru yönlendirilmiş sektörel antenleri

Şekil 4b Geniş ve dar açılı dalga demetli antenlere örnekler (düşey kesitler, G: Anten kazancı ve anten uzunlukları: cm)



Fizik Y. Müh.,
Dr. Yüksel Atakan
Türkiye'nin ilk radyasyon fizikçilerindendir. 1961'de AÜ Fen Fakültesi Fizik bölümünü bitirdikten sonra Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK), Çekmece Nükleer Araştırma Merkezi ve Ankara DSİ Radyoizotop Laboratuvarı'nda görev yaptı. 1972'de Heidelberg Üniversitesi'nde doktora yaptıktan sonra nükleer santrallerin projelendirilmesinde Almanya'da AAB ve Siemens'de 25 yıl çalıştı. 1981 ve 1984'te Akkuyu'da planlanan nükleer santralin işletme öncesi ölçümleri ve radyasyondan korunma konularında IAEA ve TAEK uzmanı olarak görevler üstlendi. Üç kitabı (ikisi çeviri), ABD, Almanya ve Türkiye'de yayımlanmış teknik ve bilimsel çok sayıda yazıları vardır.

yacak "sektör antenleri"dir, ancak her yönde yayın yapan antenler de olabilir. Sektör antenleri, elektromanyetik dalgaları bir projektör gibi yatay ve dikey doğrultularda, demetler halinde yayıyor. Bir anten direğine genellikle 120°'lik açıyla 3 adet baz istasyonu takılarak o doğrultudaki bölgeler kapsanıyor. Böylelikle belirli bir yayın gücünde aynı anda konuşma sayısı 3 kat çoğaltılarak 60 ile 90 arasına ulaşabiliyor.

Birçok kişi bazı baz istasyonlarının büyük antenlerinin çok elektromanyetik dalga yayarak yakınında oturanları daha çok etkilediğini düşünüyor. Bu düşünce tümüyle yanlıştır. Örneğin bir binanın çatısındaki böyle bir anten deniz feneri gibi, belirli bir yönde ışın demeti biçiminde dalga yaydığından, antenin altında kalan bina katlarına ve yakın çevreye bu dalgalar ulaşmaz ve etkileri de Şekil 3'te görüldüğü gibi önemsiz derecede azdır.

Baz İstasyonları Çevresinde Yapılan Ölçümler

Kentlerde daha sık baz istasyonu bulunması, cep telefonumuzun yakınıımızdaki baz istasyonu ile daha düşük alan şiddetinde çalışmasını sağlayacak ve telefonumuzdan çok daha az etkilenmemizle sonuçlanacaktır. Bir baz istasyonunun (antenin) yaydığı elektromanyetik dalgaların 20-30 metre yakınında bile vücudumuzda oluşabilecek etki, bunların çevrelerinde yapılan alan şiddeti ve elektriksel güç akısı ölçümlerine göre, genellikle çok düşük. Almanya'da baz istasyonu çevresinde 865 noktada yapılan elektriksel alan şiddeti ölçümlerinde, baz istasyonundan 200 metre uzaklığa kadar, ölçümlerin büyük çoğunluğu sınır değerinin %10'undan da daha düşük değerlerle sonuçlanmıştır. Bu da vücut için önemli olan elektriksel güç akısı sınır değerinin sadece %1'ine eşdeğerdir. (Şekil 5).

ICNIRP, rastgele seçilen 127 GSM baz istasyonu çevresinde yapılan elektriksel güç akısı ölçümlerinin,

antenden 1 m uzaklıkta 0,02 Watt/m², 10 m uzaklıkta 0,003 Watt/m² ve 100 m uzaklıkta 0,000002 Watt/m² ortalama değerleriyle sonuçlandığını açıklıyor.

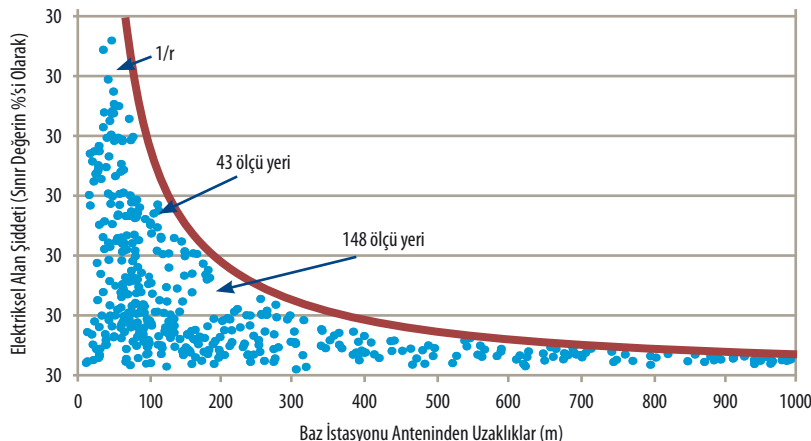
Almanya'da yetkili kurumlarca yapılan taramada, piyasadaki cep telefonlarının baş bölgesi için 0,1 ile 1,94 Watt/kg ve tüm vücut ışınlanması için 0,003 ile 1,87 W/kg arasında SAR değerleri gösterdiği ve telefonların %30'unun baş bölgesiyle ilgili SAR değerlerinin 0,6 Watt/kg'dan daha küçük olduğu bulunmuştur.

Türkiye'de baz istasyonları çevresinde yapılan ölçümler Ulaştırma Bakanlığı Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu (BTK) tarafından denetleniyor. BTK açıklamalarına göre baz istasyonlarının çevrelerinde yapılan ölçümlerde sınır değerler aşılmamış (11.03.2010 tarihli www.turknet.com açıklaması). Örneğin Ege bölgesindeki 11 ilde baz istasyonları yakınılarında yapılan ölçümlerde ortalama elektriksel alan şiddeti değeri 4,5 Volt/m (sınır değerinin çok altında).

Bursa Nilüfer Belediyesi'nin Sakarya Üniversitesi ile birlikte yürüttüğü araştırma projesi çerçevesinde gerek baz istasyonları gerekse yüksek gerilim hatları (YGH) ve trafoların yakınılarında yapılan ölçümlerde (2007) baz istasyonlarıyla ilgili sınır değerler aşılmazken, YGH yakınılarında ve altlarında 5000 V/m olan sınır değer birçok yerde iki kat kadar aşılmış. Halkın baz istasyonlarına karşı gösterdiği duyarlılıktan çok daha fazlasını yüksek gerilim hatlarına göstermesi gerektiği proje raporunda vurgulanıyor. Şekil 6'da görüldüğü gibi ölçümler, çeşitli kablosuz iletişim sistemlerinde sınır değerlerin aşılmadığını, baz istasyonları çevresindeki ölçüm sonuçlarının cep telefonlarıyla ilgili olan değerlerin çok altında kaldığı görülüyor.

Sonuçlar

Yukardaki açıklamalardan, Şekil 1 ve 1a'da görüldüğü gibi, mobil iletişim ancak baz istasyonları, bal peteği şeklinde tasarlanmış alanları kapsayacak şekilde ve tüm yardımcı elektronik otomatik sis-



Şekil 5: Baz istasyonları çevresinde yapılan elektriksel alan şiddeti ölçüm sonuçlarının (sınır değerlerin yüzdeleri olarak) antenden uzaklaştıkça dağılımı (865 ölçüm değerinin sadece 43'ü elektriksel alan şiddeti sınır değerinin %10'undan ve güç akısı sınır değerinin %1'inden daha fazla)

Vücuttaki etkiler

Baz istasyonlarından yayınlanan yüksek frekanslı dalgaların enerjileri iyon çiftleri oluşturacak kadar yüksek olmadığından, bunlar vücutta "iyonlayıcı olmayan" etkilere neden olabiliyor. Bu güne kadar, bu çeşit etkilerin araştırıldığı 40.000 ile 50.000 arasında bilimsel çalışma var. Tüm bu araştırmalar, laboratuvarında hücre kültürleri, hayvanlar ve modeller üzerinde yapılan deneylerden ve epidemiyolojik çalışmalardan oluşuyor.

Yüksek frekanslı elektromanyetik dalgalar (alanlar) vücutta hücrelerdeki elektriksel yüklere kuvvet uyguluyor. Ortaya çıkan elektriksel potansiyel farklarıyla oluşan elektriksel akımlar bazı yerlerde, örneğin hücre zarlarında reaksiyonlara neden olarak ısı olma-

yan etkiler doğurabiliyor. Bu çeşit etkiler 10 MHz'den daha düşük frekanslarda sinir hücreleri için etkili olabiliyor. 10 MHz-300 GHz bandındaki (UMTS) daha yüksek frekanslarda, elektromanyetik alanın çok hızlı değişmesi sonucu bu çeşit etkiler ortaya çıkamıyor. Elektromanyetik dalgaların elektriksel yüklerle kuvvet uygulaması, elektronlarda, atomlarda ve örneğin sudaki dipollerde daha hızlı dönme ve titreşimlere yol açıyor.

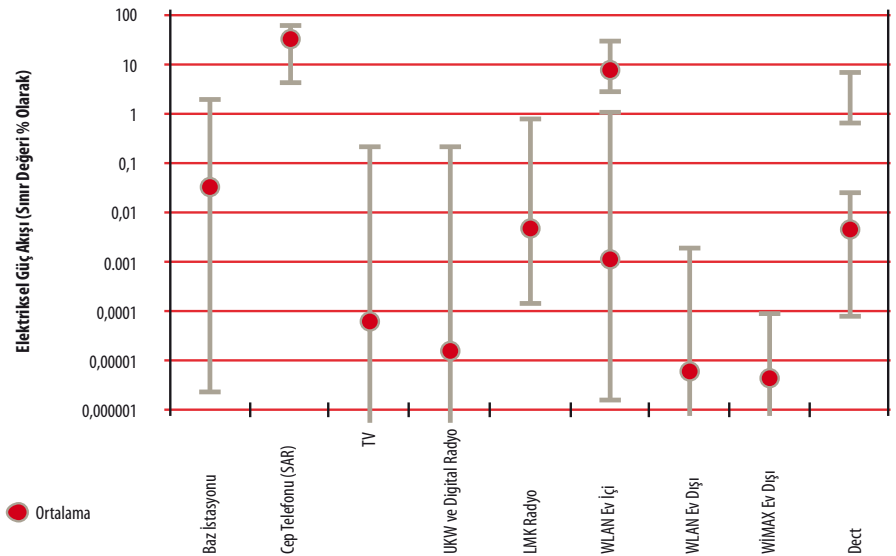
Atomların ve moleküllerin hareket enerjileri sürtünme kayıplarına uğrayınca, buldukları ortam ısınıyor. Vücuttaki ısınma sonucu "ısı etkileri" görülebiliyor. Isınma, sadece frekansa, alan şiddetine ve etkilenme süresine değil, aynı zamanda vücut dokusunun elektriksel özelliklerine de bağlı. Frekans arttıkça dalganın vücuda girme

derinliği azalıyor. UMTS'de bu derinlik 1 cm'den daha az. Isıl etkiler, vücutta ısı artması sonucu ortaya çıkarken, ısı olmayan etkilerin, elektromanyetik dalgalardan bir miktar enerji alan moleküllerin daha ilk hareketleri sırasında buldukları ortamla reaksiyona girmeleri şeklinde (henüz belirgin bir ısıya dönüşmeden) gerçekleşebileceği düşünülüyor. Ancak ısı olmayan bu çeşit olayların vücuda yapabileceği olumsuz etkilerle ilgili henüz bilimsel kanıtlar yok.

Uluslararası ve ulusal yetkili kurumların belirledikleri sınır değerler ısı etkilerine dayanıyor. Bu konuda bugüne kadar bilimsel araştırmalardan elde edilen sonuçlara göre, sınır değerlerin altında kaldığı sürece, bunların yaydığı elektromanyetik dalgaların sağlığını olumsuz etkilemesi beklenmiyor.

temlerle birlikte çalıştığında sağlanabiliyor. Bu nedenle baz istasyonlarının kent dışına taşınması ve kule antenlerle yayın yapılması olasılığı, bu sistemin bir bütün olarak çalışmaması ve aynı anda çok sayıda kişinin iletişim kuramamasıyla sonuçlanır. Kaldı ki kule antenlerin daha büyük elektriksel güçte çalışması sonucu hem çevredekiler elektromanyetik dalgalardan çok daha fazla etkilenecek ve hem de sadece çok dar bir bölge kapsanabileceğinden çok kimse telefonunun çekmediğinden yakınacaktır. Bu nedenlerle daha sık baz istasyonu bulunması, hem baz istasyonlarının ve hem de cep telefonlarımızın çok daha az elektriksel güçte çalışması sonucu, çevredekiler çok daha az etkilenecektir.

Bir baz istasyonunun yayın gücünün, cep telefonunkinden genellikle 100 ile 1000 kat daha yüksek olmasına karşın, baz istasyonundan 20-200m uzaklıktaki etki (elektromanyetik güç akısı) hem uzaklığın karesiyle ters orantılı olarak hem de aradaki binalar, ağaçlar gibi engellerle büyük ölçüde azalıyor (Şekil 5). Kulağımıza dayadığımız cep telefonunun bize etkisi ise, ölçümlere göre, baz istasyonunun etkisinden 100 ile 1000 kat arasında daha çok. Çünkü cep telefonu kulağa birkaç milimetre yakın, baz istasyonu ise konuştuğumuz yerden onlar-



Şekil 6: Çeşitli kablosuz iletişim sistemlerinden yayılan elektromanyetik dalgaların çevrelerinde ölçülen elektriksel güç akışı değerleri (Watt/m²) (sınır değerlerinin yüzdesi olarak)

ca metre ya da birkaç km uzakta (bkz. Şekil 6 ve kaynaklar). Bu nedenle baz istasyonlarının etkilerinden kaygılananların, cep telefonlarını daha az kullanmaları vücutlarına etkiyi azaltacaktır.

Kaynaklar

LJUBW-Teknik Raporu: Elektromagnetische Felder im Alltag, LJUBW, Juni, 2009 Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (Şekil: 2, 3, 4 ve 5 ile ilgili kaynak)
Teknik Rapor Mobil Funk Schweizerische Eidgenossenschaft (Şekil 1b ile ilgili kaynak)
<http://www.bag.admin.ch/>
EM institut Bayern, "Teknik Raporu: Bericht "Hochfrequenz-Immissionen durch funkbasierte Breitbanddienste", Band 2, Teil 1, Sayfa 39, 10.09.2007, (Sek.6 kaynak)
ICNIRP 16/2009 Teknik Raporu: Exposure to high frequency electromagnetic fields, biological effects and health consequences

(100kHz-300 GHz), 2009

Atakan, Y., "Cep telefonu kullanımı beyinde tümör oluşturuyor mu?" Cumhuriyet Bilim ve Teknoloji dergisi, 22 Ocak 2010.

Atakan, Y., "Cep telefonlarından yayılan dalgalar vücudumuzu nasıl etkiliyor?" Tübitak Bilim ve Teknik, Mart 2010.

Osman Çerezci, Prof. Dr. "Bursa Nilüfer ilçesi elektromanyetik kirlilik raporu", Mart 2010.

Sakarya Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği ve <http://cevre.nilufer.bel.tr/> (EvrİM Ekiz)

Atakan, Y., "Almanya'da cep telefon sistemleri-baz istasyonları çerçevesinde ölçüm sonuçları", Cumhuriyet Bilim Teknik dergisi, Temmuz 2003.