

## MOBİL TELEFON VE BAZ İSTASYONLARI KAYNAKLI EM ALAN ŞİDDETLERİNİN UZAKLIĞA BAĞLI DEĞİŞİMİ

Hilmi YILMAZ<sup>1</sup> ve Özgür TAMER<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, İzmir, h.yilmaz@btk.gov.tr

<sup>2</sup>Dokuz Eylül Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendislik Fakültesi,  
ozgur.tamer@deu.edu.tr

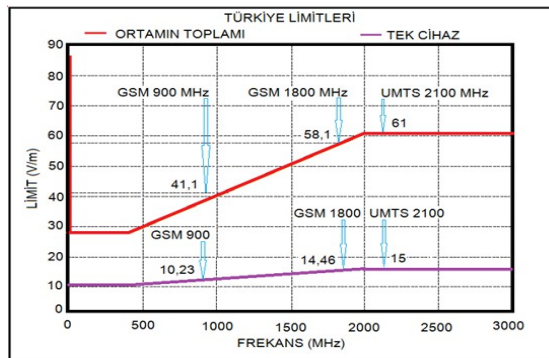
### Özet

Mobil telefon kullanımında kullanıcılar için EM ışı nım kaynağı mobil telefonlar ve baz istasyonlarıdır. Mobil telefonlar baz istasyonuna uzaklığına bağı lı olarak farklı çıkış güçleri ile çalışarak kullanıcıyı maruz bıraktığı EM alan maruziyetinin tespiti amacıyla karşılıklı ölçümler yapılmıştır. Ölçümler 9 KHz ile 6 GHz frekans aralığında çalışan frekans seçici Narda marka, SRM-3006 model ölçüm cihazı ile mobil telefondan baz istasyonuna doğru (yukarı yönlü) frekanslarda ve baz istasyonundan mobil telefona doğru (aşağı yönlü) frekanslarda baz istasyonuna ve mobil telefonuna farklı mesafelerden yapılmıştır. Baz istasyonuna farklı mesafelerden alınan baz istasyonu ve mobil telefon verilerini karşılaştırdığımızda ise baz istasyonuna uzak mesafede baz istasyonu verilerinin en düşük değerde olduğu buna mükabil mobil telefon değerlerinin en yüksek seviyede olduğu tespit edilmiştir. Baz istasyonuna yaklaşıldığında baz istasyonu değerleri artmakta buna mukabil mobil telefon değerleri azalmaktadır. Açık alanda ve baz istasyonuna uzak noktada mobil telefon değerleri kapalı alanlarda ve baz istasyonuna yakın noktadaki değerlerden 4,09 kat daha yüksek tespit edilmiştir.

## 1. EM KİRLİLİK VE LİMİT DEĞERLERİ

Son dönemde kablosuz sistemlerin hızlı gelişmesi sayesinde insanların uzakta ve hareket halindeki insanlarla haberleşmesi mümkün olmuştur. Bu değişim o kadar kısa sürede gerçekleşti ki insanlar bu sistemlerin taşıdığı bazı potansiyel riskleri algılamakta zorlandılar. Bunların başında da EM alanlar ile ilgili konu yer almaktadır. Ve günümüzde bu konuda o kadar yanlış algılayıcı mevcut ki neredeyse bazı kişiler bazı istasyonlarını büyük bir tehlike görmesine rağmen haberleşmenin diğer ayağı olan mobil telefonlarını zararsız görebilmektedirler. Her ne kadar günümüze kadar kanıtlanmış kalıcı zararlı bir etki tespit edilememesine EM alanların taşıdıkları potansiyel risklerin azaltılması için bu alanların seviyesi ve etkileri değişik çalışmalarla incelenmesi ve düzenlemeler yoluyla kontrol edilmesi gerekmektedir. Bu amaca yönelik, araştırma kuruluşları ile işbirliği yapılarak ve bilimsel verilerin derlenmesi sonucunda 1998 yılında yayınlanan ICNIRP Kılavuzu'nda insan sağlığı ile ilgili EM etkilere ait temel limitler ve türetilmiş limitler olarak iki tip limit değeri belirlenmiştir.

Ülkemizde ulusal ve uluslararası kuruluşların belirlediği standart değeri dikkate almak suretiyle telsiz cihaz ve sistemlerinin kullanımında uyulacak EM alan şiddeti limit değerlerinin belirlenmesi, kontrol ve denetimleri yürütme hususlarında 5809 sayılı Kanun ile BTK'a yetkilendirilmiştir. 21.04.2011 tarihinde yayımlanan “*Elektronik Haberleşme Cihazlarından Kaynaklanan Elektromanyetik Alan Şiddetinin Uluslararası Standartlara Göre Maruziyet Limit Değerlerinin Belirlenmesi, Kontrolü ve Denetimi Hakkında Yönetmelik*” ile ICNIRP tarafından belirlenen EM şiddeti limit değeri kabul edilmiştir. Ayrıca, Ülkemizdeki hassasiyet dikkate alınarak tek bir cihaz için güvenlik payları 4 kat artırılarak Şekil 1’de gösterildiği gibi ICNIRP tarafından belirlenen EM şiddeti limit değeri  $\frac{1}{4}$  oranında uygulanmaktadır [1].



### Şekil 1. Türkiye limit değerleri

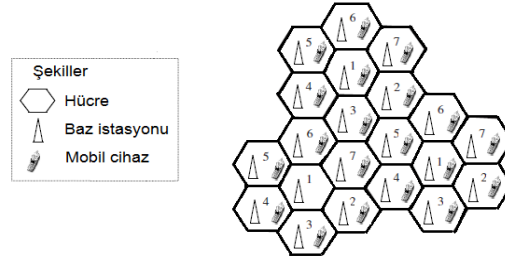
BTK tarafından yürütülen Güvenlik Sertifikası uygulaması çerçevesinde baz istasyonları denetlenerek düzenli olarak EM alan şiddeti ölçümleri yapılmakta ve tek bir cihaz için izin verilen limit değerin üzerinde olduğunun tespit edilmesi halinde işletici ve işletmeciye süre verilerek normal değere gelmesi sağlanmaktadır. Ortamın toplam limit değerinin aşılması durumlarında tek bir cihaz ise süre verilmeksizin cihazın faaliyetleri durdurulmakta, birden fazla cihaz mevcut ise ilgili işletici ve işletmeciler tarafından ortam normal değerlere gelinceye kadar gerekli teknik düzenlemeler yapılmakta, aksi takdirde cihazların faaliyetleri durdurulmaktadır.

## 2. KABLOSUZ HABERLEŞME TEKNOLOJİLERİ

Kablosuz sistemler ilk zamanlarda kablolu ağların tamamlayıcısı olarak tasarlanmış ancak yaşanan teknolojik gelişmeler sayesinde günümüzde kablolu ağlara kıyasla daha fazla tercih edilir olmuştur. Kablosuz sistemler kablolu sistemlere oranla daha fazla fonksiyonlar içerebilmektedir. Kablosuz sistemlerdeki bu gelişim hem ses iletişiminde hem de veri iletişiminde görülmektedir. Özellikle çok yüksek veri hızlarına ulaşılması kablosuz sistemlerde veri iletişiminin yaygın olarak kullanılmasını sağlamıştır.

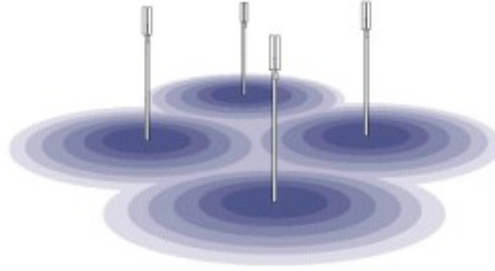
### 2.1. Hücresel Haberleşme Teknolojisi

1970'lerin sonuna kadar mobil telefon şebekeleri her şehirde bağımsız olarak yüksek kulelere kurulu tek bir yüksek çıkış güçlü vericilerin kapsadığı yaklaşık 50 km. alan içinde hizmet vermekteydi. Düşük frekanslarda yarı dubleks kanalları (aynı anda alma ve gönderme yapılamıyordu) kullanılması ve her kullanıcıya bir kanal tahsis edilmesi kanal sayısında büyük artış meydana getirmekteydi [9]. Hücresel teknoloji yayınlanan sinyal gücünün vericiden uzaklaştıkça azaldığı gerçeğine dayanmaktadır. Böylece iki kullanıcı Şekil 2'de gösterildiği gibi aynı frekansı yeterince uzaklıkta girişim yaratmadan kullanabilmektedir. Hücre büyüklükleri, kullanılan frekansa, anten yüksekliğine ve verici çıkış güçlerine bağlı olarak değişmektedir. Komşu hücrelerde farklı frekans kanallarının kullanılması nedeniyle bir hücreden diğerine geçişlerde frekans değişikliği yapılarak konuşmanın bütünlüğü bozulmamaktadır [2]. Kullanıcıların yoğun olduğu bölgelerde hücreler daha küçük hücrelere bölünerek ya da aynı hücre içerisinde yönlü antenler kullanılarak sektörler oluşturularak kapasite artışı sağlanabilmektedir[9].



Şekil 2. Basit hücre kavramı

Hücresel sistemde her bir hücre anten ve baz istasyonundan oluşmaktadır (Şekil 3). Bir hücre basitçe bir ya da birkaç verici ile kapsadığı alanda haberleşmektedir. Hücre boyutu, birçok faktör tarafından belirlenir fakat iki faktör çok önemlidir; verici çıkış gücü ve kapsadığı alanın nüfusu. Farklı ülkelerde ve bölgelerde düzensiz nüfus yoğunluğu nedeniyle kesintisiz iletişim farklı hücre türleri kullanılarak sağlanmaktadır[8].



Şekil 3. Hücre oluşumu

### 2.1.1. Makro hücresi

Bir mobil şebekenin ana telsiz kapsama altyapısını makro hücresi sağlamaktadır [5]. Taşra ve kent içi açık alan ortamlarında çatı üst seviyeleri üzerine yerleştirilen antenler ile makro hücresi yüksek çıkış gücüne sahip büyük bir hücre olarak tanımlanmaktadır [7]. Makro hücresi frekans ve görüşme kapasitesine bağlı olarak değişen mesafelerde kapsama sağlamaktadır [5].

### 2.1.2. Mikro hücresi

Mikro hücresi, yoğun nüfuslu alanlarda kullanılmaktadır. Mevcut alan küçük hücrelere bölünerek kullanılabilen kanal sayısının yanısıra hücrelerin de kapasitesi artırılmaktadır [6]. Mikro hücresi antenleri sokak seviyesinde (çevredeki binalardan daha aşağıda) genellikle mevcut yapıların dış duvarlarına, elektrik direklerine ya da diğer sokak panolarına

kurulmaktadır. Mikro hücrelerin antenleri makro hücrelerin antenlerine kıyasla daha küçük olup, mevcut binalara kurulduklarında kolaylıkla gizlenebilmekte ve çıkış güçleri düşük olması nedeniyle genellikle 300m ile 1000m arasında bir alanı kapsamaktadırlar [5].

#### **2.1.3. Piko hücresi**

Piko hücresi çapları sadece birkaç düzine metre olan küçük hücreler olup, ağırlıklı olarak iç mekân uygulamalarında kullanılmaktadırlar. Piko hücresi bina içi kapsamasının zayıf olduğu ya da kullanıcı sayısının fazla olduğu durumlarda makro hücrelerine kıyasla daha yerleşmiş kapsama sağlamaktadır [5].

#### **2.1.4. Femto hücresi**

Piko hücresinden daha küçük çaplı ve ev/ofis gibi kapsamalarda daha düşük çıkış güçlü baz istasyonlarına sahip femto hücresi kullanılmaktadır [3].

#### **2.1.5. Seçici hücresi**

Her zaman 360 derecelik kapsamaya sahip bir hücre tanımlamak kullanışlı olmamaktadır. Bazı durumlarda belirli bir şekilde kapsamaya sahip hücrelere ihtiyaç duyulmaktadır. Belirli bir yönü kapsamayan hücre seçici hücre olarak tanımlanmakta [6].

#### **2.1.6. Şemsiye hücresi**

Bir alanda çok küçük hücreler mevcut ise ve bir kullanıcı çok hızlı bir şekilde hücreleri geçiyorsa farklı hücreler arasında çok sayıda değişim olmaktadır. Şemsiye hücresi kullanılarak bu sorun çözümlenmektedir. Şemsiye hücresi birkaç mikro hücreyi kapsamakta ve çıkış gücü mikro hücrelere oranla daha fazladır. Böylece kullanıcı hücre değiştirmeden daha fazla kayıtlanmaktadır [6].

### **3. EM ALAN ÖLÇÜM İŞLEMLERİ**

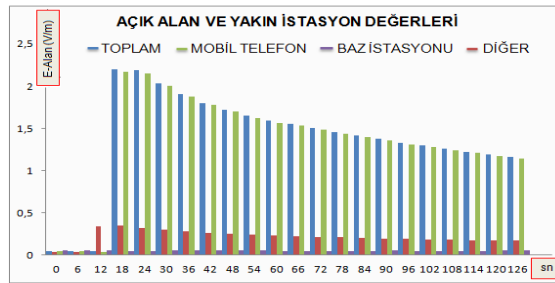
#### **3.1. Ölçüm İşleminde Kullanılan Donanımlar**

Mobil telefon kullanımında kullanıcılar için EM ışınlam kaynağı mobil telefonlar ve baz istasyonlarıdır. Bu iki kaynağın kullanıcıyı maruz bıraktığı EM alan maruziyetinin tespiti

amacıyla karşılıklı ölçümler yapılmıştır. Ölçümler 9 KHz ile 6 GHz frekans aralığında yüksek frekanslı EM alanların güvenlik analizlerini ve çevresel ölçümlerini yapmaya yarayan elde taşınarak kullanılabilen Narda marka, SRM-3006 model Selektif Radyasyon Metre (Selective Radiation Meter) ölçüm cihazı ile yapılmıştır.

### 3.2. Ölçüm Sonuçları

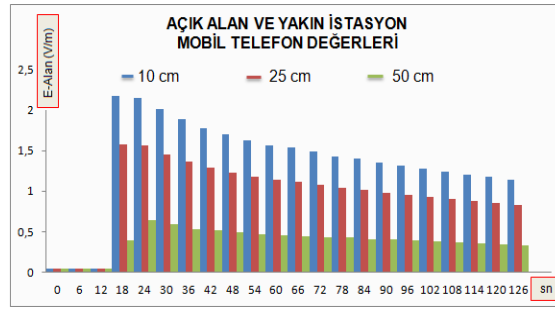
Ölçümlerde aynı anda mobil telefondan baz istasyonuna doğru (yukarı yönlü) frekanslarda, baz istasyonundan mobil telefona doğru (aşağı yönlü) frekanslarda, bunların dışındaki frekanslarda (diğer olarak) ve ortamın toplam değeri olarak değerler kaydedilmiştir. Ölçümler ikişer dakika süreli ve her 6 saniyede kayıt alınarak gerçekleştirilmiştir. Mobil telefonunun baz istasyondan alınan sinyal seviyesine bağlı olarak gücünü otomatik olarak ayarladığını göstermek için baz istasyonuna 3 farklı mesafede ölçümler yapılmıştır. Birinci ve ikinci ölçüm açık alanda her 3 operatörün kulelerinin bulunduğu alandan sırasıyla yaklaşık 100 mt ve 2 km mesafeden alınmıştır. Üçüncü ölçüm her üç operatörün Dağıtık Anten Sistemleri uygulaması olduğu kapalı alanda antene yaklaşık 10 mt mesafeden alınmıştır. Her üç ölçüm noktasında aynı telefon ile üçer ölçüm yapılmıştır. İlk ölçüm mobil telefonun ölçüm cihazının antenine 10 cm mesafeden, ikincisi 25 cm mesafeden ve üçüncü ölçüm 50 cm mesafeden gerçekleştirilmiştir. Ölçüm sonuçları incelendiğinde mobil telefon antenden uzaklaştıkça EM alan şiddeti değerleri önemli ölçüde azaldığı görülmektedir. Aynı şekilde ölçüm noktası ile baz istasyonu arasında mesafe azaldıkça mobil telefondan kaynaklı EM alan şiddeti değerlerinin de azaldığı görülmektedir. Baz istasyonu değerlerinin mobil telefon değerlerine oranla çok düşük kaldığı tespit edilmiştir. Açık alan ve yakın istasyon değerleri Şekil 4'te sunulmaktadır.



Şekil 4. Açık alan ve yakın istasyon değerleri

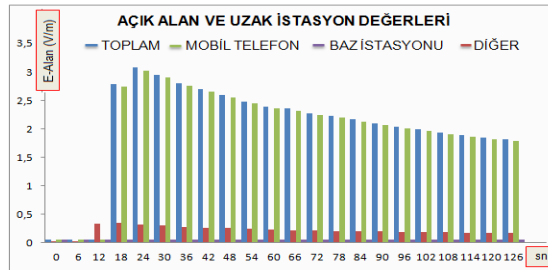
Verilerden mobil telefon çalıştığında ortamın ölçüm değerinin %99'unun mobil telefondan kaynaklandığı tespit edilmiştir. Mobil telefon ve baz istasyonu değerlerini kıyasladığımızda en yüksek mobil telefon değerinin en yüksek baz istasyonu değerinden 43,46 kat daha yüksek

olduğu tespit edilmiştir. Açık alan ve yakın istasyon mobil telefon değerleri Şekil 5'te sunulmaktadır.

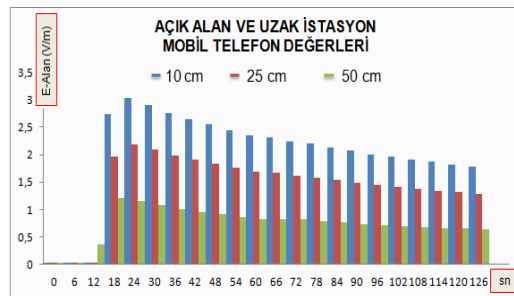


Şekil 5. Açık alan ve yakın istasyon mobil telefon değerleri  
Mobil telefon değerlerini karşılaştırdığımızda mobil telefondan 10 cm uzaklıkta değer 50 cm uzaklıktaki değerden 3,38 kat daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

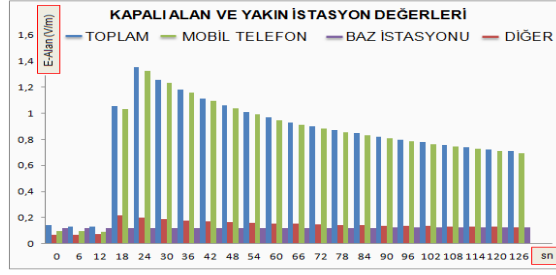
Açık alan ve uzak istasyon değerleri Şekil 6'da sunulmaktadır.



Şekil 6. Açık alan ve uzak istasyon değerleri  
Açık alan ve uzak istasyon verileri incelendiğinde mobil telefon çalıştığında ortamın toplam değerinin %98'inin mobil telefondan kaynaklandığı tespit edilmiştir. Mobil telefon ve baz istasyonu değerlerini kıyasladığımızda en yüksek mobil telefon değerinin baz istasyonu değerinden 120,8 kat daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Açık alan ve uzak istasyon mobil telefon değerleri Şekil 7'de sunulmaktadır.

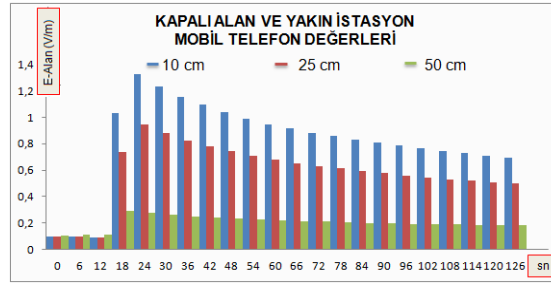


Şekil 7. Açık alan ve uzak istasyon mobil telefon değerleri  
Mobil telefon değerlerini karşılaştırdığımızda mobil telefondan 10 cm uzaklıkta değer 50 cm uzaklıktaki değerden 2,60 kat daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Kapalı alan ve yakın istasyon değerleri Şekil 8'de sunulmaktadır.



Şekil 8. Kapalı alan ve yakın istasyon değerleri

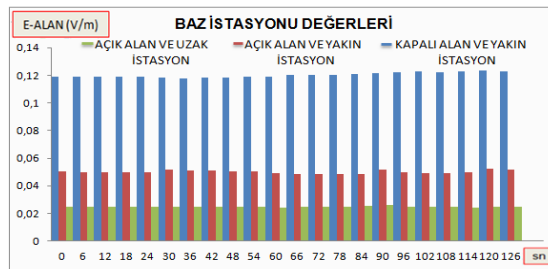
Kapalı alan ve yakın istasyon verilerinden mobil telefon çalıştığında ortamın değerinin %99'unun mobil telefondan kaynaklandığı tespit edilmiştir. En yüksek mobil telefon değerinin baz istasyonu değerinden 11,2 kat daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Kapalı alan ve yakın istasyon mobil telefon değerleri Şekil 9'da sunulmaktadır.



Şekil 9. Mobil telefon değerleri

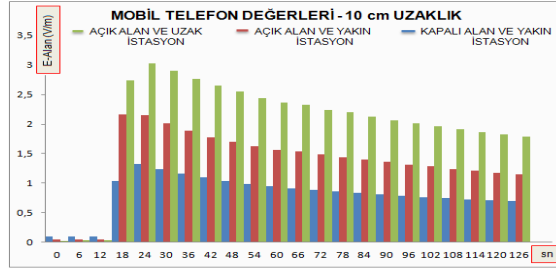
Mobil telefon değerlerini karşılaştırdığımızda mobil telefondan 10 cm uzaklıkta değer 50 cm uzaklıktaki değerden 4,78 kat daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Baz istasyonu ve mobil telefon değerleri Şekil 10, Şekil 11, Şekil 12 ve Şekil 13'te sunulmaktadır.

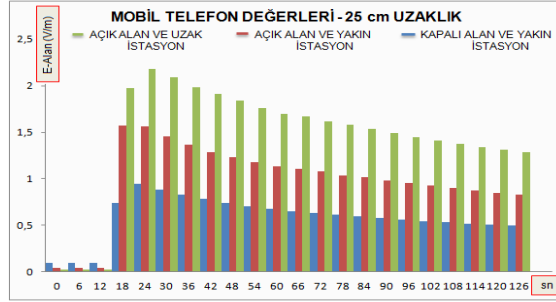


Şekil 10. Baz istasyonu değerleri

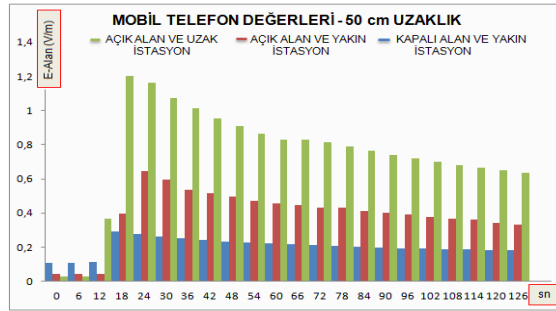




Şekil 11. Mobil telefon değerleri



Şekil 12. Mobil telefon değerleri



Şekil 13. Mobil telefon değerleri

Ölçüm değerlerini incelediğimizde ortamda baz istasyonu değerleri ne kadar yüksek ise mobil telefon değerleri o kadar düşük oluşmakta, baz istasyonu değerleri düştükçe mobil telefon değerleri artış gösterdiği tespit edilmiştir.

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Baz istasyonuna farklı mesafelerden alınan baz istasyonu ve mobil telefon verilerini karşılaştırdığımızda ise baz istasyonuna uzak mesafede baz istasyonu verilerinin en düşük değerde olduğu buna mukabil mobil telefon değerlerinin en yüksek seviyede olduğu tespit edilmiştir. Baz istasyonuna yaklaşıldığında baz istasyonu değerleri artmakta buna mukabil mobil telefon değerleri azalmaktadır. DAS uygulaması olan kapalı alanlarda baz istasyonu değerlerinin en yüksek, mobil telefonların en düşük değerleri ölçülmüştür. Açık alan ve uzak

istasyon mobil telefon değerleri kapalı alanlardaki değerlerden 4,09 kat daha yüksek tespit edilmiştir.

#### **KAYNAKLAR:**

[1] BTK Yönetmelięi, 2011, Elektronik Haberleşme Cihazlarından Kaynaklanan Elektromanyetik Alan Şiddetinin Uluslararası Standartlara Göre Maruziyet Limit Değerlerinin Belirlenmesi, Kontrolü ve Denetimi Hakkında Yönetmelik, Ankara

[2] GOLDSMITH Andrea, 2005, Wireless Communications, Stanford Üniversitesi, copyright 2005 by Cambridge Universities Press <http://www.scribd.com/doc/7294448/Wireless-Communications-Andrea-Goldsmith-Stanford-University>, (18.07.2012)

[3] ISOTALO Tero vd., 2008, Improving HSDPA Indoor Coverage and Throughput by Repeater and Dedicated Indoor System <http://jwcn.eurasipjournals.com/content/2008/1/951481>, (05.09.2012)

[4] MOLISCH Andreas F., 2011, Wireless Communications 2nd ed., John Wiley&Sons Ltd. <http://www.scribd.com/doc/59515957/Wireless-Communications-2nd-Edition-Andreas-Molisch>, (05.12.2012)

[5] OFCOM, Mobile Phones: Jargon Explained <http://stakeholders.ofcom.org.uk/sitefinder/glossary/jargon/>, (05.12.2012)

[6] PAGTZIS Theodoros, Cellular Systems <http://www0.cs.ucl.ac.uk/staff/t.pagtzis/wireless/gsm/cellular.html>, (05.12.2012)

[7] PEREZ-ROMERO Jordi vd., 2005, Radio Resource Management Strategies in UMTS, John Wiley and Sons Ltd., The Atrium, Southern Gate, Chistester, West Sussex PO19, England

[8] RAHMENA Moe, 1993, Overview of the GSM System and Protokol Architecture, IEEE Communications Magazine <http://repository.binus.ac.id/content/H0252/H025215675.pdf>, (05.12.2012)

[9] RAPPAPORT Theodore S., 2001, Wireless Communications: Principles And Practice 2nd ed., Pearson Education

