Available online at www.ejournals.uofk.edu

UofKEJ Vol.5 Issue 1 pp. 53-59 (February -2015)

UNIVERSITY OF KHARTOUM ENGINEERING JOURNAL (UOFKEJ)

تأثير محطات الهاتف السَّيّار القاعدية على صحة الإنسان ومعايير السلامة

سامي محمد شريف

قسم الهندسه الكهربائيه، كلية الهندسه – جامعة الخرطوم
الخرطوم – السودان (البريد الإلكتروني: msmsharif@uofk.edu)

مستخلص: تستعرض هذه الورقة الآثار الصحية لنظم اتصالات الهاتف السَّيّار ومعايير السلامة والتدابير الضرورية لحماية الإنسان، وكيفية تحديد مواقع محطات الهاتف السَّيّار القاعدية وذلك للتوافق مع مطلوبات معايير السلامة. تلخص الورقة تجارب بعد الدول في مختلف أنحاء العالم، كما تعرض المعايير المستخدمة في تلك الدول. تلخص الورقة التأثيرات الصحية والبيولوجية للإشعاعات الكهرمغنطيسية و أشعاع نظم الاتصالات اللاسلكية على الإنسان. توصي الورقة على العمل على إيجاد معايير وطنية لتحديد حد السلامة الذي على أساسه تقام المحطات القاعدية للهاتف السَّيّار.

الكلمات المفتاحيه: *الهاتف السَّيّار؛المجالات كهرمغنطيسية؛ المحطات القاعدية؛ معايير السلامة للترددات الراديوية.*

1. مقدمة

تتعرض كُلُّ المخلوقات على سطح الأرض الى مجالات كهرمغنطيسية (ترددات راديوية) طبيعية ذات تردُّدات منخفضة. تنتج هذه المجالات الكهرمغنطيسية عن مصدرين أساسين وهما: الشَّمس و النُّجوم الأخرى والزَّوابع الرعدية. كما قد تنتج أيضا عن المصادر الاصطناعية التي تولّد الطاقة الكهربائية أو التي تُسير بالتيار الكهربائي. من بين أهم المصادر الاصطناعية لانبعاث المجالات الكهرمغنطيسية: أجهزة الاتصالات المزودة بهوائيات البثّ والاستقبال، والأجهزة التي تنطلق منها هذه الموجات أثناء تشغيلها، مثل: شاشات العرض التلفزيوني والحاسوب والمحوِّلات الكهربائية وغيرها . واتَّسمت هذه المجالات المضافة بأنَّ لها كثافة أعلى بكثير من كثافة المجالات المغنطيسية الطبيعية كما أنَّ لديها توزيع طيف مختلف.

تستخدم الموجات الراديوية في تطبيقات مختلفة منذ أكثر من مائة عام، وذلك منذ أنَّ صمم العالم ماركوني أول مُرسِل تردُّدات راديوية في العام 1895م. بعد حين بدأ اهتمام العلماء والدارسين بآثار الموجات الراديوية على صحة الإنسان. إنَّ تأثير هذه المجالات الكهرمغنطيسية على صحة الإنسان لم يفهم بعد بصورة كاملة ودقيقة رغم العديد من الدراسات الإحصائية والمعملية التي أجريت [1].

أصبح الهاتف السَّيّار من سمات العصر الحديث حيث يشكل جزءاً لا يتجزأ من تقنيات الاتصالات الحديثة فى كل أنحاء العالم، وتعدُّ نظم اتصالات الهاتف السَّيّار من أكثر وسائل الاتصالات انتشاراً فى عصرنا الحالى. فقد تطور استخدام الهاتف السَّيّار من أداة للصوت فقط ليصبح أداة متعددة الأغراض لها القدرة على إرسال واستقبال الصوت والصورة وتلقي البيانات ممَّا يفتح عهداً جديداً لنظم الاتصال الشخصي. إن الزيادة في استخدام الهاتف السَّيّار زادت من إنشاء المحطات القاعدية اللازمة لها، والتي عادة ما توضع فوق أسطح المباني السكنية، أو فوق أبراج خاصة بها. مما يؤدي إلى قلق الأفراد من التوسع في إقامة أبراج الاتصالات اللاسلكية . سنتعرض في هذه الورقة للآثار الصحية لنظم اتصالات الهاتف السَّيّار ومعايير السلامة والتدابير الضرورية لحماية الإنسان، وكيفية تحديد مواقع الأبراج للتوافق مع مطلوبات معايير السلامة.

2. التأثيرات الصحية للإشعاعات الكهرمغنطيسية

من المتفق عليه أنَّ لكل المجالات الكهرمغنطيسية تأثيراً بيولوجياً على جسم الإنسان، ويعتمد هذا التأثير بدرجة كبيرة على شدة المجال وقيمة التَّردد [1]. وقد يصنَّف التأثير البيولوجي للمجالات الكهرمغنطيسية إلى تأثير حراري و تأثير غير حراري. ومن المعروف منذ زمن بعيد أن طاقة الترددات الراديوية قد تسبب بعض الأضرار بتسخين الأنسجة في جسم الإنسان، وفى الحالات القصوى قد تؤدى الحرارة المستحدثة بواسطة المجال الكهرمغنطيسى داخل جسم الإنسان إلى فقدان البصر أو العقم أو إلى مشاكل صحية أخرى، وتعرف هذه الخطورة المرتبطة بالتسخين بالتأثير الحراري. ويعتمد التأثير الحراري للمجال الكهرمغنطيسى على التردد، وعلى كثافة المجال بالإضافة إلى عوامل أخرى مثل استقطاب الموجة.

التأثير غير الحراري عادة ينتج من التفاعل بين المجال الكهرمغنطيسى و الكائن الحي. توجد الكثير من التقارير عن التأثيرات البيولوجية غير الحرارية للمجالات الكهرمغنطيسية غير المؤيّنة، وإن كانت آليات التأثير غير الحراري غير معروفة كلياً حتى الآن ذلك لأن من الصعب التمييز قطعياً بين آليات التأثير الحراري وغير الحراري.

تتركز شكوى التَّعرُّض للإشعاعات الكهرمغنطيسية في الصداع المزمن والتوتر والرعب والانفعالات غير السوية والإحباط وزيادة الحساسية بالجلد والصدر والعين والتهاب المفاصل وهشاشة العظام والعجز الجنسي واضطرابات القلب وأعراض الشيخوخة المبكرة . تتفق العديد من البحوث العلمية الإكلينيكية على أنه لم يستدل على أضرار صحية مؤكدة نتيجة التَّعرُّض الى الإشعاعات الكهرمغنطيسية بمستويات أقل من 0.5 ملى واط/سم ^{2}، إلا أن التَّعرُّض الى مستويات أعلى من هذه الإشعاعات وبجرعات تراكمية قد يتسبب في ظهور العديد من الأعراض المرضية [1-7]

نتيجة لتوزع الترددات الراديوية على مدى واسع يقوم الباحثون بتقسيمها إلى مجموعات فرعية، ويختلف معيار الأمان، والذي يعرف بأنه درجة التلوث المسموح بها أو الجرعة المسموح التَّعرُّض لها، من مجموعة إلي أخرى كما يلي:

أ. الترددات الراديوية أقل من 1 ميقا هيرز ذات القيم المنخفضة: قد تسبب نتج هذه الترددات ارتفاعا في درجة الحرارة ولكن الجلد البشري يعمل كمنظم حرارة طبيعي لذا يتم التخلص من الحرارة الزائدة عبر الجلد. كما أنَّها تسبب سريان تيَّار كهربي داخل الأنسجة. وتحسب جرعة الإشعاع المسموح بها في هذه الحالة من خلال ما يعرف بكثافة التَّيار التي تعرف بالتيار الكهربي الذي يمر عمودياً في وحدة المساحة. ووحدة قياسها أمبير لكل متر مربع.

ب. الترددات أكبر من 1 ميقا هيرز: تسبب هذه الترددات ارتفاعاً في درجة حرارة الجسم لأنها تخترق الجلد وتعمل على تحريك الأيونات وجزيئات الماء خلال الجسم. ويعتمد عمق الاختراق على تردد المجال، فكلما كان التردد صغيراً زاد عمق الاختراق. وقد وضع معيار الأمان لهذا المدى من الترددات من خلال ما يعرف بمعدل الامتصاص النوعي، ويعرف بأنه كمية الطاقة التي تمتصها وحدة الكتلة خلال زمن قدره ثانية واحدة، وبالتالي فإن وحدة القياس لها هي واط لكل كيلو جرام. ويختلف معيار الأمان من بلد لآخر ففي حين تعتمد ألمانيا معدل امتصاص قيمته 2 واط لكل كيلو جرام، فإن لجنة الرقابة الأمريكية تعتمد معدل امتصاص لا يتعدي 1.6 واط لكل كيلو جرام.

ج. الترددات الأعلى من 10 ميقا هيرز ذات كثافة طاقة أكبر من 1000 واط لكل متر مربع: تتسبّب هذه الترددات في الاصابة بمرض عتامة العين (المياه البيضاء)، كما قد تسبب حروقا في الجلد. وهذه الكثافة أمر يكاد يكون غير موجود في الطبيعة إلا بالقرب من بعض محطات الرادارات القوية. وقد وضع معيار الأمان هنا من خلال كثافة الطاقة ووحدة القياس هي واط لكل متر مربع.

3. أشعاع نظم الاتصالات اللاسلكية

يتعرض الجميع لإشعاع المجالات الكهرمغنطيسية من هوائيات إرسال نظم الاتصالات والبث المختلفة مثل إذاعات تضمين التردد FM radio في النطاق من 88 إلى 108 ميقاهيرز والإرسال التلفزيوني في نطاق ترددات VHF و UHF ومن المحطات القاعدية في نظام الهاتف السَّيّار والتي تعمل في النطاق من 400 إلى 2400 ميقاهيرز. لقد واكب الثورة الصناعية بصفة عامة وثورة المعلومات والاتصالات بصفة خاصة، انتشار واسع لأجهزة التلفاز والمرئي والحاسوب والألعاب الإلكترونية والهاتف اللاسلكي والهاتف السَّيّار وأجهزة الليزر والميكروويف، كما تضاعفت أبراج البث الإذاعي والتلفزيوني ومحطات استقبال بث الأقمار الاصطناعية (السواتيل) ومحطات الاتصالات اللاسلكية ومحطات الرادار والمحطات القاعدية بشبكات الهاتف السَّيّار.

تعتمد تغطية نظم الاتصالات اللاسلكية بدرجة كبيرة على ارتفاع الهوائي والقدرة الفعلية المشعّة Effective Radiated Power (ERP). تنصب هوائيات الإرسال الإذاعي والتلفزيوني في أبراج عالية وتشع قدرات عالية نسبيا (الحد الأقصى لمحطات التلفزة في معاير FCC 316 كيلوواط للنطاق العالي من VHF و 5 ميقاواط للنطاق UHF). وتنصب هوائيات المحطات القاعدية في نظم الهاتف السَّيّار عادة على ارتفاع بتراوح بين 15 و 50 متر فوق سطح الأرض، وترسل هذه المحطات قدرات منخفضة نسبيا، بحد أقصى يساوي 500 واط لكل قناة وفق معايير FCC . تتطلّب الزيادة في أعداد المشتركين في نظم اتصالات الهاتف السَّيّار تحسين وتعزيز سعة هذه النظم. كما تتطلّب استخدام محطات قاعدية أكثر، التي عادة ما تنصب في أسطح المباني وفي مناطق ذات كثافة سكانية عالية. يبث هوائي المحطة القاعدية حزماً من الإشعاع تكون ضيقة في الاتجاه الرأسي، بينما تكون متسعة في الاتجاه الأفقي، لذلك تكون درجة التلوث الكهرمغنطيسي أسفل الهوائي مباشرة عند سطح الأرض ضعيفة جدا وتتزايد كلما تحركنا بعيدا عن المحطة، ثم تتناقص بعد مدى معين [10].

نتيجة للتوسع في تركيب محطات القاعدية، تزايد القلق بين المواطنين من تهدد صحة الإنسان للمخاطر نتيجة لتعرضه للموجات الكهرمغنطيسية المشعة من هوائيات أبراج محطات نظم اتصالات الهاتف السَّيّار. يجب أن يؤخذ بعين الاعتبار عدد من العوامل عند تقدير الآثار الصحية لأشعة الترددات الراديوية المستخدمة في نظم الهاتف السَّيّار [9] ، منها:

- تردد الموجات المستخدمة والذى يتراوح من 400 الى 2400 ميقاهيرز.
- عدم الخلط بين الإشعاعات المستخدمة والإشعاع المؤين مثل الأشعة السينية وأشعة جاما.

رغم المخاوف التي يثيرها العلماء من مخاطر الهاتف السَّيّار والمحطات القاعدية، إلا أن تقارير الأبحاث والدراسات المستفيضة التي أجريت منذ ما يزيد عن 20 عاما في العديد من الدول [2-9] ، أشارت إلى عدم وجود أثار صحية ضارة يمكن أن تنتج عن تعرض الإنسان للموجات الصادرة من هذه المحطات. وتشير نتائج الدراسات إلى أن التأثير الوحيد الممكن لهذا النوع من الموجات

الكهرومغناطيسية التي يستخدمها الهاتف السَّيّار وهوائياته هو تأثير حراري ولا يختلف كثيراً عن التأثير الحراري الذي تسببه الأشعة تحت الحمراء. وعادة ما يراعى في تصميم الهوائيات أن التَّعرُّض لها لا يؤدى إلى رفع درجة الحرارة داخل الجسم لأكثر من 0.1 درجة مئوية، علما بأن الجسم يستطيع التأقلم مع ارتفاع درجة حرارته الداخلية حتى 3درجات مئوية دون أن يتسبب هذا في أضرار صحية [10] .

قامت العديد من المنظمات العالمية، مثل منظمة الصحة العالمية، بمسوحات لنتائج العشرات من الدراسات والأبحاث التي قام بها باحثون في مجال الترددات الراديوية المستخدمة فى نظم الهاتف السَّيّار لتحديد آثارها في الصحة العامة وصحة الإنسان. إنَّ إحدى النتائج التي اتفقت عليها الدراسات المختلفة هي: أنه لا يوجد حتى الآن دليل علمي يثبت أن هناك أي أخطار تنجم من التواجد قرب أجهزة الهاتف السَّيّار أو هوائيات المحطات القاعدية. كما اثبتت المسوحات أن الطاقة الصادرة عن هذه الهوائيات أقل بكثير من أن تسبب أي أضرار صحية ما دام أنه لا يوجد اتصال مباشر بالهوائي، وما دامت المواصفات المقررة في المواصفات القياسية العالمية يتم التقيد بها.

نال وضع أبراج لاتصالات فوق مباني المستشفيات اهتماما خاصا، حيث قامت العديد من المنظمات العالمية بدراسات لمعرفة مدى تأثير ذلك على المرضى والأجهزة الطبية بالمستشفيات. حيث اجريت العديد من القياسات، قادت الى بالنتائج التالية:

- ليس هناك أي تأثير سلبي على صحة المرضى الموجودين بالمستشفيات.
- ليس لهوائيات شبكة الهاتف السَّيّار أي تأثير على أداء الأجهزة الطبية ودقة القراءات المستخرجة منها.
- وُجد أن وجود أجهزة الهاتف السَّيّار بجوار الأجهزة الطبية وبمسافة أقل من متر واحد يؤثر على عمل وأداء 4% من الأجهزة الطبية التي أجريت عليها الدراسات.

تتوقف كمية امتصاص الإشعاع الكهرمغنطيسي على نوع الكائن الحي وحجمه وعمره، فالأشعة الصادرة عن الهاتف السَّيّار تتركز في منطقة رأس الإنسان [9] ، حيث يتوقف مقدار ضرر هذه الأشعة المتمركزة على هذه المنطقة من الرأس على عدة عوامل، أهمها شدة الأشعة وترددها والفترة التعرض لها. ولكن نظراً للتعرض لهذا الإشعاع بشكل متقطع وعلى فترات زمنية متباعدة نسبياً فإن التأثير الصحي له يكون تراكمياً، ولا تنجم عنه أضرار فورية أو لحظية؛ ومما يثير القلق في هذه الحالة هو مدى التأثير الفعلي لهذه الطاقة الإشعاعية على ما يسمى بالحاجز الدموي الدماغي Blood-Brain-Barrier. حيث أنه عند حدوث تغير لحظي على درجة نفاذية هذا الحاجز يمكن أن تنتج أضراراً بالغة الخطورة، مما يؤدي إلى استحالة الحصول على تركيز فعال للأجسام البروتينية المضادة في السائل النخاعي في الرأس، حيث من المعروف أن هذا الحاجز الدموي الدماغي يعتبر بمثابة حاجزٍ بيولوجي يحيط بالرأس ليمنع دخول بعض الجزيئات الضارة بالدورة الدموية العامة والجهاز العصبي المركزي.

أكدت الدراسات والأبحاث أنه يوجد تأثير ضار علي الصحة العامة في حالة تجاوز حد الأمان طبقاً للمعايير المعتمدة دولياً لاستخدام الهاتف السَّيّار، وأوصت بإجراء المزيد من الدراسات لمعرفة ما إذا كانت هناك تأثيرات ضارة أكثر عند استخدام الهاتف السَّيّار علي المدى الطويل. حيث أن مرض السرطان في الإنسان والناتجه من تأثير مخاطر البيئة لا يمكن اكتشافه إلا بعد مرور العديد من السنوات منذ بداية التَّعرُّض، ولذلك نري ضرورة استمرار الدراسات والأبحاث على المدى الطويل.

4. معايير السلامة لاستخدام المحطات القاعدية

يحدث أقصى معدل امتصاص لطاقة الترددات الراديوية من قِبل جسم الإنسان عندما يكون التردد بين 30 و 300 ميقاهيرز. مما جعل كل معايير السلامة عند استخدام الترددات الرداوية أو التَّعرُّض لها، تركز على هذا النطاق ويمتص جسم الإنسان طاقة الترددات الراديوية نتيجة لظاهرة الرنين resonance phenomenon. هناك كثير من المؤسسات والمنظمات المهتمة بمعايير السلامة عند التَّعرُّض للترددات الراديوية، ولعل من أهمها معهد مهندسي الإلكترونيات والكهرباء Institute of Electrical and Electronic Engineering (IEEE) [10] والوكالة الدولية للحماية من الإشعاع غير المؤين International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) [12]، والمكتب الوطني للحماية من الإشعاع National Radiation Protection Board5 (NRPB) والوكالة الفدرالية للاتصالات الأمريكية Federal Communications Commission (FCC) [13]. تتفاوت مستويات الأمان من التلوث الكهرمغنطيسي المسموح بها من بلد إلي آخر وقد يصل هذا التفاوت إلى المائة ضعف. ويلاحظ هنا عدم وجود معايير وطنية (سودانية) للسلامة عند استخدام الترددات الراديوية أو التَّعرُّض لها، لهذا فمن الضروري العمل على سن التشريعات في هذا المجال.

بمثلما تتفاوت معايير الأمان من بلد إلى آخر، يتفاوت الاهتمام بالآثار الصحية التي يمكن أن يسببها التَّعرُّض لمجال الترددات الراديوية فوق حدود الأمان. فبينما تهتم دول مثل روسيا وكوبا وإيطاليا بموضوع الترددات المنخفضة جدا (أقل من 300 هيرتز)، والتي ترتبط أساسا بشبكات نقل وتوزيع الكهرباء، تهتم دول أخرى بمحطات الإذاعة والتليفزيون والمحطات القاعدية، بينما لا تعير بلاد أخرى هذا الموضوع أدنى اهتمام. كانت اللجنة الدولية للحماية من الإشعاعات غير المؤينة - وهي منظمة غير حكومية معترف بها من قبل منظمة الصحة العالمية -قد طوَّرت في البداية معايير أمان تشمل التأثيرات الحرارية ثم فيما بعد شملت التأثيرات الحرارية وغير الحرارية. وطبقاً للجنة الدولية ومنظمة الصحة العالمية فإن حد الأمان هو 0.4 ملي واط/سم^2. وفي بعض الدول العربية يعتمد معيار الأمان 0.4 ملي واط/سم ^{2}، وهو الحد المقرر طبقا للجنة الدولية للحماية من الإشعاعات غير المؤينة ومعهد مهندسي الكهرباء والإلكترونيات ولكنه يظل أكبر بكثير من تلك المعايير المتبعة في روسيا وشرق أوروبا وسويسرا واستراليا ونيوزيلندا. تستخدم معايير السلامة من الترددات الراديوية كثافة قدرة الموجة المستوية plane wave power density والتي تقاس بالوحدة ملى واط لكل سم مربع. يعتبر استخدام بنية ثنائية المستويات، من

السمات المميزة لمعايير السلامة بالوكالة الدولية للحماية من الإشعاع غير المؤين. وكغيرها من المعايير الدولية الأخرى، وكما سبق ذكره، إن الآثار البيولوجية والصحية للترددات الراديوية تعتمد على العديد من العوامل التي تميز التَّعرُّض لهذه الترددات. تحدد القيود الأساسية بدلالة كميات بيولوجية فعالة، وتكون قيمتها أقل من القيم التي قد تؤدى إلى الآثار الصحية الحرجة والخطرة. ونسبة للصعوبات العملية في قياس أو حساب بعض الكميات البيولوجية الفعالة، عادة ما تشتق هذه الكميات من مستويات مرجعية للقيود الأساسية، ويعبر عن هذه المستويات المرجعية باستخدام عوامل مقاسة مباشرة من التَّعرُّض للإشعاع غير المؤين. يتم التناظر بين المستويات المرجعية والآثار البيولوجية والصحية عادة باستخدام أسلوب قياس الجرعة عملياً أو حسابياً. هذا الإجراء يجعل المبادئ التوجيهية للسلامة عملية ومرنة. وفي حين أن القيود الأساسية ترتبط ارتباطا وثيقا بالآليات البيولوجية ، فإن المستويات المرجعية تُقَيَّم وتُربط بسهولة بمستويات الانبعاثات من مصادر مختلفة. إن استخدام المستويات المرجعية يؤكد في الواقع الامتثال للقيود الأساسية، حيث أن العلاقات بينهما طوِّرت تحت فرضية أسوأ الحالات، أي لشروط الحد الأقصى للربط بين المجالات الخارجية والشخص المعرض لها. وعلى الجانب الآخر، فإن تجاوز المستويات المرجعية لا يعني بالضرورة تجاوز القيود الأساسية (حدوث هذا أو عدمه مكانه دراسة أكثر تفصيلا).

تتأثر كل من القيود الأساسية والقيم المرجعية بعدم اليقين، وذلك نظراً للتباين الجوهري في البيانات البيولوجية، والأخطاء المعملية، وأوجه عدم اليقين في استخدام البيانات المتحصل عليها من الحيوان على الإنسان، والمحدودية في قياس الجرعات والتحيز والإرباك. عليه عادة ما تستخدم عوامل تخفيض لتقليل هذا التأثير. تتفاوت قيم هذه العوامل تبعا لدرجة الشك. إنَّ عوامل التخفيض لا يُقصَد بها التعويض عن القصور في المعرفة، بل تستخدم كإجراء وقائي احتياطي.
في الجداول 1 عرض للقيود الأساسية التي توصى بها الوكالة الدولية للحماية من الإشعاع غير المؤين للترددات أقل من 10 قيقا هيرز. أما الجدول 2 فيعطي المستويات المرجعية للتعرض العرضى وتعرض الجمهور.

كما ذكر أعلاه، تختلف التأثيرات البيولوجية نتيجة التَّعرُّض للمجالات الكهرومغناطيسية باختلاف مصدر وتردد الإشعاع الكهرومغناطيسي. ففي حالة الهاتف السَّيَّار نجد أن مصدر الإشعاع إما أن يكون من الجهاز نفسه أو محطته القاعدية، فالإشعاعات المنبعثة منهما تكون في حدود 900 ميقا هيرز و 1.8 ميقا هيرز. وتقاس شدة الإشعاع الكهرمغنطيسي المنبعثة من الهاتف السَّيَّار في الوسط المحيط بوحدة ملي واط لكل سنتيمتر مربع. ولكن شدة الإشعاع لا تبين أي معلومات عن مدى التأثير البيولوجي له إلا إذا عرفت قيمة الطاقة الممتصة بالجسم المعرض للإشعاع، والتي تقاس بمعدل الامتصاص النوعي SAR ، وهو الطاقة الممتصة لوحدة الكتلة من الجسم ووحداتها واط لكل جرام، كما ذكر سابقاً. فقد حدّد معهد مهندسي الإلكترونيات والكهرباء في الولايات المتحدة الأمريكية المواصفات القياسية الخاصة بالحد المأمون لمستوى كثافة الطاقة الكهرمغنطيسية المسموح التعرض اليها عند الترددات المختلفة التي تبدأ من 3 كيلو هرتز إلى 300 قيقا هرتز. وبالنظر في هذه المواصفات وفي ما حددته الهيئة الفيدرالية للاتصالات الأمريكية؛ فإن المستوى الآمن عند تردد 900 ميقا هيرز الذي يعمل في نطاقه الهواتف السَّيَّارة في بعض الدول الآن يمكن تصنيفه بالمستوى الأول وقيمته 3 ملي واط/ سم ^{2} لمدة لا تزيد على 6 دقائق، أما المستوى الثاني وقيمته 0.6 ملي واط/سم^2 فهو في حدود 30 دقيقة، وذلك بالنسبة للأشخاص غير المدركين لوجود الإشعاع، وقد وضع هذا المقياس باعتبار التَّعرُّض لمعدل امتصاص لا يزيد على 1.6ملي واط/جرام من أنسجة الجسم في مكان التَّعرُّض للإشعاع.

الجدول 3 يوضح أقصى تعرض مسموح به Maximum Permissible Exposure وفق معايير سلامة الهيئة الفيدرالية للاتصالات الأمريكية.

جدول 1. القيود الأساسية للمجالات الكهربائية والمغنطيسية المتغيرة مع الزمن عند الترددات حتى 10 قيقا هيرز ICNIRP

نوع التَّعرُّض	نطاق التردد	كثافة التيار للرأس والجسم (ملى أمبير/متر مربع)	متوسط SAR لكل الجسم (واط/كلجم)	قيمة SAR الموضعية فى الرأس والجسم (واط/كلجم)	قيمة SAR الموضعية فى الوُصْل (واط/كلجم)
	حتى 1 هيرز	40	--	--	--
	1-4 هيرز	40/f	--	--	--
تعرض	4 هيرز-1 كيلوهيرز	10	--	--	--
عرضي	1-100 كيلوهيرز	f/100	--	--	--
	100 كيلو هيرز-10 ميقا هيرز	f/100	0.4	10	20
	10 ميقا هيرز- 10 قيقا هيرز	--	0.4	10	20
	حتى 1 هيرز	8	--	--	--
	1-4 هيرز	8/f	--	--	--
تعرض	4 هيرز-1 كيلوهيرز	2	--	--	--
الجمهور	1-100 كيلوهيرز	f/500	--	--	--
	100 كيلو هيرز-10 ميقا هيرز	f/500	0.08	2	4
	10 ميقا هيرز- 10 قيقا هيرز	--	0.08	2	4

f =التردد مُقاسا بوحدة الموضحة فى نطاق التردد.

جدول 2. المستويات المرجعية للمجالات الكهربائية والمغنطيسية المتغيرة مع الزمن عند الترددات المختلفة ICNIRP

نوع التَّعرُّض	نطاق التردد	شدة المجال الكهربائي (فولت/متر)	شدة المجال المغنطيسي (أمبير/متر)	شدة الانسياب المغنطيسي (μT)	كثافة القدرة (ملى واط/سم^2)
	حتى 1 هيرز	--	$1.63x10^5$	$2x10^5$	--
	هيرز18-	20000	$1.63x10^5/f^2$	$1.63x10^5/f^2$	--
تعرض	25-8 هيرز	20000	$2x10^4/f$	$2x10^4/f$	--
عرضي	0.82-0.025 كيلوهيرز	500/f	20/f	25/f	--
	65-0.82 كيلوهيرز	610	24.4	30.7	--
	1-0.065 ميقاهيرز	610	1.6/f	2.0/f	--
	10-1 ميقا هيرز	610/f	1.6/f	2.0/f	--
	400-10 ميقا هيرز	61	0.16	0.02	10
	2000-400 ميقا هيرز	$3f^{1/2}$	$0.008f^{1/2}$	$0.1f^{1/2}$	f/40
	300-2 قيقا هيرز	137	0.36	0.45	50
	حتى 1 هيرز	--	$3.2x10^4$	$4x10^4$	--
	هيرز18-	10000	$3.2x10^4/f^2$	$43x10^4/f^2$	--
	25-8 هيرز	10000	4000/f	5000/f	--
	0.8-0.025 كيلوهيرز	250/f	4/f	5/f	--
	3-0.8 كيلوهيرز	250/f	5	6.25	--
تعرض الجمهور	150-3 كيلوهيرز	87	5	6.25	--
	1-0.15 ميقاهيرز	87	0.73/f	0.92/f	--
	10-1 ميقا هيرز	$87/f^{1/2}$	0.73/f	0.92/f	--
	400-10 ميقا هيرز	28	0.73	0.92	2
	2000-400 ميقا هيرز	$1375/f^{1/2}$	$0.0037/f^{1/2}$	$0.0046/f^{1/2}$	f/200
	300-2 قيقا هيرز	61	0.16	0.20	10

f =التردد مُقاسا بالوحدة الموضحة فى نطاق التردد

* =كثافة القدرة المكافئة للموجة المنبسطة

جدول 3. الحدود القصوى للتعرض المسموح به وفقا لمعايير الهيئة الفدرالية للإتصالات الأمريكية

أ. الحدود للتعرض العرضي والمراقب

مجال التردد (ميقاهرز)	شدة المجال الكهربائي (فولت/متر)	شدة المجال المغنطيسي (أمبير/متر)	كثافة القدرة (ملى واط/سم^2)	متوسط الفترة الزمنية (دقيقة)
3.0-0.3	614	1.63	$(100)^*$	6
30-3.0	1842/f	4.89/f	$(900/f^2)^*$	6
300-30	61.4	0.163	1.0	6
300-1500	--	--	f/300	6
100,000-1500	--	--	5	6

ب. الحدود للتعرض العام وغير المراقب

مجال التردد (ميقاهرز)	شدة المجال الكهربائي (فولت/متر)	شدة المجال المغنطيسي (أمبير/متر)	كثافة القدرة (ملى واط/سم^2)	متوسط الفترة الزمنية (دقيقة)
3.0-0.3	614	1.63	$(100)^*$	30
30-3.0	824/f	2.19/f	$(180/f^2)^*$	30
300-30	27.5	0.073	0.2	30
300-1500	--	--	f/1500	30
100,000-1500	--	--	1.0	30

f =التردد مُقاسا بالوحدة ميقاهيرز

* =كثافة القدرة المكافئة للموجة المنبسطة.

5. اختيار مواقع المحطات القاعدية

يجب تحديد مواقع محطات الهاتف السَّيّار القاعدية بحيث يتوافق مع معايير السلامة للترددات الراديوية التي نوقشت أعلاه. لتحقيق ذلك يجب مراعاة الآتي:

أ - أن يصمم الموقع بحيث لا يسمح بدخول الأفراد إلى المنطقة التي قد يتعرضون فيها إلى طاقة الترددات الرادوية التي تفوق الحد الأقصى المسموح به في معايير السلامة. وعادة ما تحدد هذه المنطقة بدائرة (كرة) لا يقل قطرها عن 6 أمتار مركزها الهوائي.

ب - تحديد المنطقة العالية الإشعاع للعاملين وتحديد مطلوبات السلامة الضرورية التي يجب اتباعها عند دخولهم لهذه المنطقة. وعادة ما تحدد هذه المنطقة بدائرة (كرة) لا يقل قطرها عن 3 أمتار ومركزها الهوائي.

وللإجابة عن السؤال هل هناك خطورة على صحة الناس المقيمين بالقرب من سطح مبنى به برج اتصالات، يجب الأخذ في الاعتبار النقاط التالية:

أ - يحدد نوع ونمط الهوائيات المستخدمة في أبراج الاتصالات طبيعة وشدة الاشعاع.

ب - يمتص سطح المبنى كمية كبيرة من الطاقة الرادوية المشعة. حيث تقل الطاقة المشعة بحوالي 5 إلى 10 مرات، ويزيد معدل الامتصاص في السقوف الخراسانية والمعدنية.

ت - أوضحت الحسابات أنه وفى أسوأ الاحتمالات، يجب توافق كثافة القدرة على السطح وتحت الهوائي مع مطلوبات معايير السلامة، كما أكدت القياسات الفعلية هذا في كثير من البلدان. مع ملاحظة عدم وجود مثل هذه قياسات في السودان.

يجب اتخاذ المحاذير التالية عند تحديد وتركيب أبراج الاتصالات اللاسلكية:

أ - يجب رفع الهوائي إلى ارتفاع يجعل مستوى القدرة على السطح متوافقا مع مطلوبات معايير السلامة، بحيث يكون ارتفاع المبني المراد إقامة المحطة فوق سطحه في حدود 15-50 متر، و أن يكون ارتفاع الهوائي أعلى من المباني المجاورة في دائرة نصف قطرها 10 أمتار.

ب - وضع الهوائي بعيداً عن مناطق تواجد الإنسان مثل مداخل السطح ونقاط خدمات الهاتف الخ. حيث لا تقل المسافة بين الهوائي والجسم البشري عن 6 أمتار في اتجاه الشعاع الرئيسي.

ت - وضع الهوائي بالقرب من حافة السطح وبعيداً عن مبانى المدارس والمستشفيات.

ث - أن يكون سطح المبني الذي يُركَّب الهوائي فوقه من الخرسانة المسلحة.

ج - أن يكون الهوائي من النوعية التي لا تقل نسبة الكسب الأمامي فيها -مقارنة بالكسب الخلفي- عن 20 ديسبل.

ح - لا يسمح بتركيب الهوائي فوق أسطح المباني المستقلة بالكامل كالمستشفيات.

6. خاتمة

من النقاش السابق والمتعلق بالهاتف السَّيّار ومحطاته القاعدية ودورهما في تلوث الوسط المحيط بالمجالات الكهرومغناطيسية وتأثيرهما على صحة الإنسان ومعايير السلامة الضرورية نخلص إلى النقاط التالية:

- لا يوجد حتى الآن دليل علمي يثبت أن هناك مخاطر من التواجد بالقرب من أجهزة الهاتف السَّيّار أو هوائيات المحطات القاعدية الخاصة بها. وأنَّ الطاقة الصادرة عن هذه الهوائيات أقل بكثير من أن تسبب أي أضرار صحية فى ظل عدم وجود اتصال مباشر بالهوائي، وما دامت المواصفات المقررة في المواصفات القياسية العالمية متَّبعَة، وتقدر المسافة الآمنة التي حددتها المواصفات القياسية بالنسبة للأشخاص بستة أمتار وللعاملين بثلاثة أمتار.
- من دواعي السلامة والأمان عدم استخدام الهاتف السَّيّار لفترات زمنية طويلة و حظر استخدام الأطفال له، وتجنب الحوامل لاستخدام الهاتف السَّيّار أو التَّعرُّض للترددات الراديوية من محطات التَّقوية.
- العمل على إيجاد معايير وطنية لتحديد حد السلامة الذي على أساسه تقام المحطات القاعدية للهاتف السَّيّار. وإجراء مزيد من الدراسات لتوحيد حدود السلامة والاشتراطات اللازمة لإقامة محطات الهاتف السَّيّار، والتعامل مع التلوث الكهرمغنطيسى بصورة عامة.
- إبعاد محطات الهاتف السَّيّار عن المدارس ورياض الأطفال وعدم توجيهها نحو تلك الأماكن.
- اتباع سياسة الفحص الدوري لمحطات الهاتف السَّيّار القاعدية.

المراجع:

[1] Röösli M. *Radiofrequency electromagnetic field exposure and nonspecific symptoms of ill health: a systematic review*. Environ Res 2008; 107(2), pp. 277-287.

[2] Hardell L, Carlberg M, Söderqvist F, Hansson Mild K. *Meta-analysis of long-term mobile phone use and the association with brain tumours.* Int J Oncol 2008;32(5):1097-103.

[3] Anke Huss, Matthias Egger, Kerstin Hug, Karin Huwiler-Müntener, and Martin Röösli, *Source of Funding and Results of Studies of Health Effects of Mobile Phone Use: Systematic Review of Experimental Studies*, Environ Health Perspect. 2007 January; 115(1): 1–4.

[4] Michael Siegrist, Timothy C. Earle , Heinz Gutscher , and Carmen Keller, *Perception of Mobile Phone and Base Station Risks*, Int. J of Risk Analysis, Volume 25 Issue 5, Pages 1253 – 1264, 2005.

electromagnetic fields. Available at: http:// www.icnirp.de/PubEMF.htm [Last accessed October 16, 2008]

[13] United States Federal Communications Commission (US FCC) safety guidelines. Available at: http://www.fcc.gov/oet/rfsafety/rf-faqs.html [Last accessed October 16, 2008].

[5] JE Moulder, LS Erdreich, RS Malyapa, J Merritt, WF Pickard, Vijayalaxmi: Cell phones and cancer: What is the evidence for a connection? Radiat. Res., 151:513-531, 1999.

[6] KR Foster, JE Moulder: Are mobile phones safe? IEEE Spectrum, August 2000, pp 23-28.

[7] Tommi Alanko, Maila Hietanen, Patrick von and Nandelstadh ' Occupational exposure to RF fields from base station antennas on rooftops, Annals of Telecommunications, Volume 63, Numbers 1-2 / February, 2008, 125-132.

[8] R.C. Petersen, P.A. Testagrosa, Radio frequency electromagnetic fields associated with cellular radio cell-site antennas, Bioelectromagnetics ; 1992;13 : 527-42.

[9] SM Mann, TG Cooper et al: Exposure to radio waves near mobile phone base stations. Natl Radiol Protec Board (U.K.), June 2000.

[10] Keow MA, Radiman S (2006) Assessment of radiofrequency/microwave radiation emitted by the antennas of rooftop-mounted mobile phone base stations. Radiat Prot Dosimetry 121:122–127.

[11] IEEE Std. C95.1-1999, *IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 3kHz to 300GHz*, Institute of Electrical and Electronic Engineers, Inc., New York, 1999

[12] International Commission on Non-Ionising Radiation Protection (ICNIRP) guidelines for