



الجمهورية العربية السورية
هيئة الطاقة الذرية

هـ ط ذ س - و / ت ع خ 453
تموز 2011

تقرير عن عمل خدماتي
قسم الوقاية و الأمان

تقصي سوية التعرض للحقول الكهرطيسية في برج مراقبة حركة الطيران في مطار
دمشق الدولي

الدكتور عصام أبو قاسم

هـ ط ذ س - و / ت ع خ 453

قائمة المحتويات

- 2.....مقدمة العمل
- 3.....1- العمل المنجز
- 4.....2- نتائج القياس
- 4.....1-2- قياس طيف الحقول الكهرطيسية وشدات الحقول الكهربية الموافقة
- 8.....2-2- قياس سوية الحقول الكهرطيسية
- 8.....2-3- قياس الحقول الكهربية والمغناطيسية منخفضة التردد
- 9.....3- مناقشة النتائج والتوصيات

مقدمة العمل

تعد مصادر الحقول الكهرومغناطيسية المستخدمة في تقنيات الاتصال المختلفة من مصادر التلوث الحقيقي الجديد في العالم المعاصر، ويمكن القول أنه حتى الآن لم تعرف المخاطر الحقيقية لهذا التلوث وآلياتها على الصحة العامة، وحتى الآن، تؤكد جهات بحثية عالمية على أن تلك المخاطر تصبح مهمة في حالة الاستخدام الصحيح. وهنا لا بد من إبراز عدد من النقاط الهامة التي تساهم في تخمين وتوضيح عملية التأثير المتبادل بين الحقول الكهرومغناطيسية والمادة الحية؛ فقد تم تصنيف الحقول الكهرومغناطيسية ذات الترددات الأصغر من 300 غيغاهرتز على أنها تقع ضمن الأشعة غير المؤينة، أنظر الجدول (1)، والأشعة غير المؤينة هي الأشعة التي لا تمتلك الطاقة الكمونية الكافية لتحويل الذرات أو الجزيئات إلى أيونات (شوارد سالبة أو موجبة)، وبالتالي، لا تستطيع هذه الأشعة بشكل عام كسر الروابط الكيميائية في المادة الحية وإحداث تحولات جذرية في بنية الخلية الحية من خلال التأثير المباشر على الحمض النووي وحدوث طفرات وراثية على سبيل المثال.

الجدول (1)، أهم تقسيمات مجالات الحقول الكهرومغناطيسية المعتمدة عالمياً.

تسمية حزمة الترددات	مجال حزمة الترددات	مصادر عامة
الحقول الساكنة	0 Hz	طبيعية وصناعية
تحت الحدية المنخفضة جداً	< 30 Hz	دوائر التغذية الكهربائية المستمرة
الحدية المنخفضة جداً	30 – 300 Hz	خطوط نقل الطاقة
الصوتية	300 – 3000 Hz	السخانات التحريضية
المنخفضة جداً	3 – 30 kHz	شاشات العرض الإلكترونية
المنخفضة	30 – 300 kHz	الراديو (تعديل السعة)
المتوسطة	300 – 3000 kHz	السخانات التحريضية
العالية	3 – 30 MHz	حجرات التسخين
العالية جداً	30 – 300 MHz	الراديو (تعديل التردد)
الحدية العالية جداً	300 – 3000 MHz	هوائيات الجوال والتلفزيون
فوق الحدية العالية جداً	3 – 30 GHz	الرادار والأقمار الصناعية
الخاصة فوق الحدية العالية جداً	30 – 300 GHz	وسائل الاتصال نقطة-نقطة

إن الأثر الحيوي للحقول الكهرومغناطيسية موجود ومثبت ويمكن شرحه ضمن محورين أساسيين: الأول هو التأثير الحراري والثاني هو التأثير اللاحراري. فالأثر الحراري يكون نتيجة زيادة الاحتكاك بين مكونات الوسط التي تمتص الحقل الكهربائي للحقول الكهرومغناطيسية وتهتز معه بنفس التردد مما يؤدي إلى زيادة

الاحتكاك بين مكونات الوسط وبالتالي رفع حرارة الوسط. أما التأثير اللاحراري فهو ناتج عن تأثير الحقول الكهرومغناطيسية على الأيونات والمواد القطبية الموجودة في المادة الحية المعرضة لهذه الحقول سواء من حيث تقيد حركتها أو توجيه مسارها. وبسبب مساهمة هذه الشوارد بشكل مباشر في العمليات الحيوية واستقلاب في الخلايا الحية ينعكس التأثير اللاحراري على بنية الخلية وأدائها. بالإضافة إلى دور التلوث الكهرومغناطيسي في التأثير على الصحة العامة للكائنات الحية إلا أن لهذه الحقول تأثير على التجهيزات الإلكترونية الحساسة وعملها فعند وجود مثل هذه الأجهزة أو أي دارة كهربائية في جوار مصدر للحقول الكهرومغناطيسية كهوائيات الإرسال المختلفة يحصل تداخل في الحقول الكهرومغناطيسية ويظهر تشويش على عمل تلك التجهيزات وخاصة غير المحمية منها. وبالتالي، يجب مراعاة خصوصية المنطقة المجاورة للمواقع التي يراد أن يوضع فيها هوائيات محطات الإرسال وطبيعة التجهيزات الإلكترونية التي من الممكن أن تتعرض للحقول الكهرومغناطيسية المرسله.

1- العمل المنجز

حرصاً على الصحة العامة والفائدة المتكاملة وتحقيق شروط عمل مناسبة، وبناءً على طلب إدارة المؤسسة العامة للطيران المدني فقد قامت مجموعة الوقاية من الأشعة غير المؤينة في هيئة الطاقة الذرية بدراسة التعرض للحقول الكهرومغناطيسية في موقع برج مراقبة الحركة في مطار دمشق الدولي بهدف تحديد سوية تعرض العاملين للحقول الكهرومغناطيسية عند مختلف الترددات الموجودة من جهة، وتحديد إمكانية وجود تأثير على التجهيزات الإلكترونية المستخدمة. من جهة أخرى، لقد تم مسح الحقول الكهرومغناطيسية الناتجة عن هوائيات الإرسال والحقول الكهربائية والمغناطيسية الناتجة عن التجهيزات الإلكترونية وعند خطوط التغذية الكهربائية.

تضمن العمل القيام بمسح شامل للحقول الكهرومغناطيسية (أمواج مكروية) الناتجة عن المحطات الموجودة في الجوار وذلك من خلال إجراء مسح الطيف الترددي وسوية الأمواج المكروية في الموقع المطلوب. تم تحديد الطيف الترددي بواسطة الجهاز NARDA (SRM-3000) وقيست سوية الأمواج المكروية بواسطة الجهاز NARDA (EMR-300). أخذت في كل نقطة قياس مطلوبة القيم الوسطية لشدة كل من الحقلين الكهربائي والمغناطيسي وكثافة الاستطاعة واعتبر الارتياح النسبي في جمع القياسات المنجزة 10%. بينما سجل الطيف الترددي الأعظمي في كل نقطة قياس مختارة، يوجد العديد من المصادر الخاصة بالحقول الكهرومغناطيسية في جوار موقع الدراسة كهوائيات محطة تقوية للهاتف الخليوي، وهوائيات خاصة بشركة الاتصال (نترا) بالإضافة إلى الرادار الخاص بالمطار الذي يبعد أكثر من 1 كم عن موقع البرج. ولقد تمت مقارنة النتائج مع الحدود الموصى بها عالمياً المبينة في الجدول (2). ومن

جهة أخرى، فقد تم قياس الحقول الكهربية والمغناطيسية الناتجة عن خطوط التغذية الكهربية والتجهيزات الإلكترونية في موقع الدراسة باستخدام المقاييس الخاصة بالترددات المنخفضة: المقياس (HI-3604) أحادي المحور و المقياس (HI-3627) ثلاثي المحاور.

الجدول (2)، السويات المرجعية لتعرض الجمهور للحقول الكهربية والمغناطيسية المتغيرة مع الزمن.

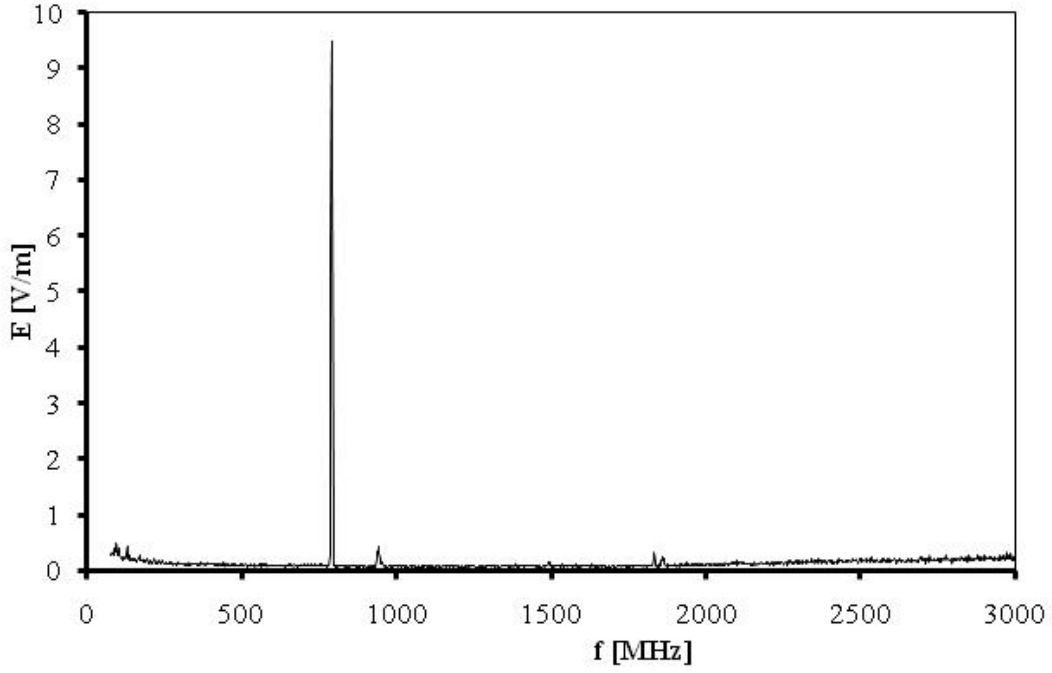
كثافة الاستطاعة في المستوي S [W/m ²]	كثافة التدفق المغناطيسي B [μT]	شدة الحقل المغناطيسي H [A/m]	شدة الحقل الكهربي E [V/m]	المجال الترددي
---	40,000	32,000	---	حتى 1 Hz
---	40,000/f ²	32,000/f ²	10,000	1- 8 Hz
---	5,000/f	4,000/f	10,000	8 - 25 Hz
---	5/f	4/f	250/f	0.025 -0.8 kHz
---	6.25	5	250/f	0.8 - 3 kHz
---	6.25	5	87	3 - 150 kHz
---	0.92/f	0.73/f	87	0.15 - 1 MHz
---	0.92/f	0.73/f	87/f ^{1/2}	1 - 10 MHz
2	0.092	0.073	28	10 - 400 MHz
f/200	0.0046f ^{1/2}	0.0037f ^{1/2}	1.375f ^{1/2}	400 - 2000 MHz
10	0.20	0.16	61	2 - 300 GHz

2- نتائج القياس

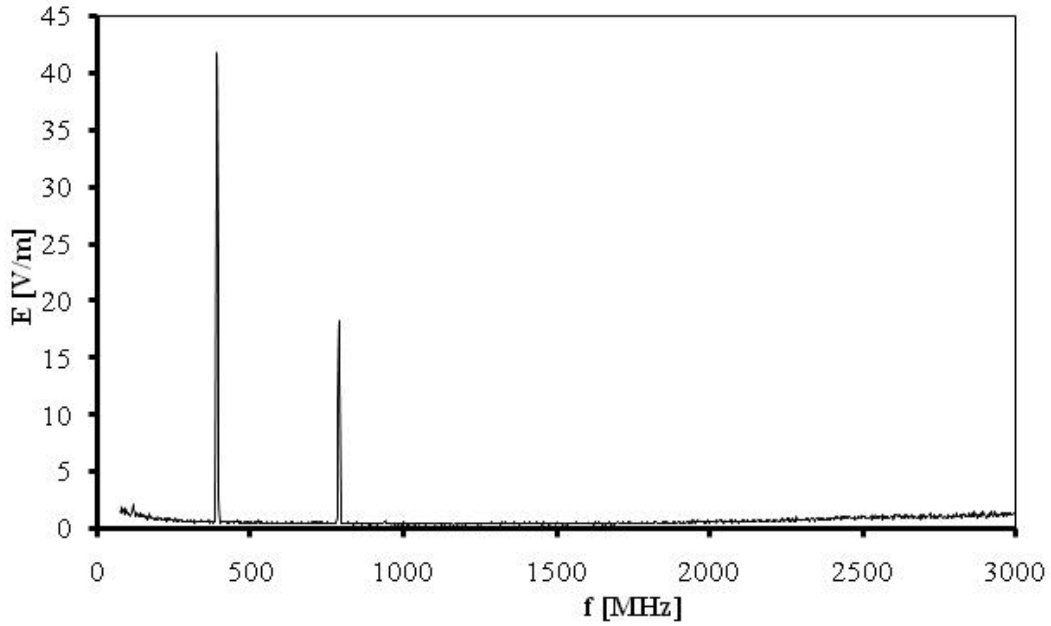
2-1- قياس طيف الحقول الكهربية وشدة الحقول الكهربية الموافقة

أجريت القياسات في عدد من النقاط الهامة في الموقع المدروس في محيط غرفة المراقبة في جوار هوائيات الإرسال، وداخل غرفة المراقبة. وقد تمت القياسات على مرحلتين، الأولى في حال عدم تشغيل هوائيات الإرسال الخاصة بشركة نترا، والثانية عند تشغيل هوائيات شركة نترا. يبين الشكل (1) الطيف الترددي في المرحلة الأولى، ويبين الشكل (2) الطيف الترددي في المرحلة الثانية.

نلاحظ في الشكل (1) وجود قمة واحدة معتبرة عند التردد 790 ميغاهرتز حيث كانت قيمة شدة الحقل الكهربي الموافقة تساوي 9.488 فولت/م، وهذا التردد يوافق تردد الإرسال الخاص بشبكة الهاتف الخليوي، وقيمة شدة الحقل الكهربي أصغر من الحد الموصى به عالمياً وفق الجدول (2). بينما نلاحظ في الشكل (2) وجود قمتين: الأولى عند التردد 790 ميغاهرتز الموافقة لشبكة الهاتف الخليوي (E = 18.21 V/m)، والثانية قمة جديدة، ناتجة عن شبكة نترا للاتصال عند التردد 392.5 ميغاهرتز، والتي توافق شدة حقل كهربي قدرها 41.67 فولت/م، وقيمة الحقل الكهربي الناتج عم هوائيات نترا عالية وتزيد عن حد التعرض الموصى به لنفس التردد بقيمة تقارب 50%.

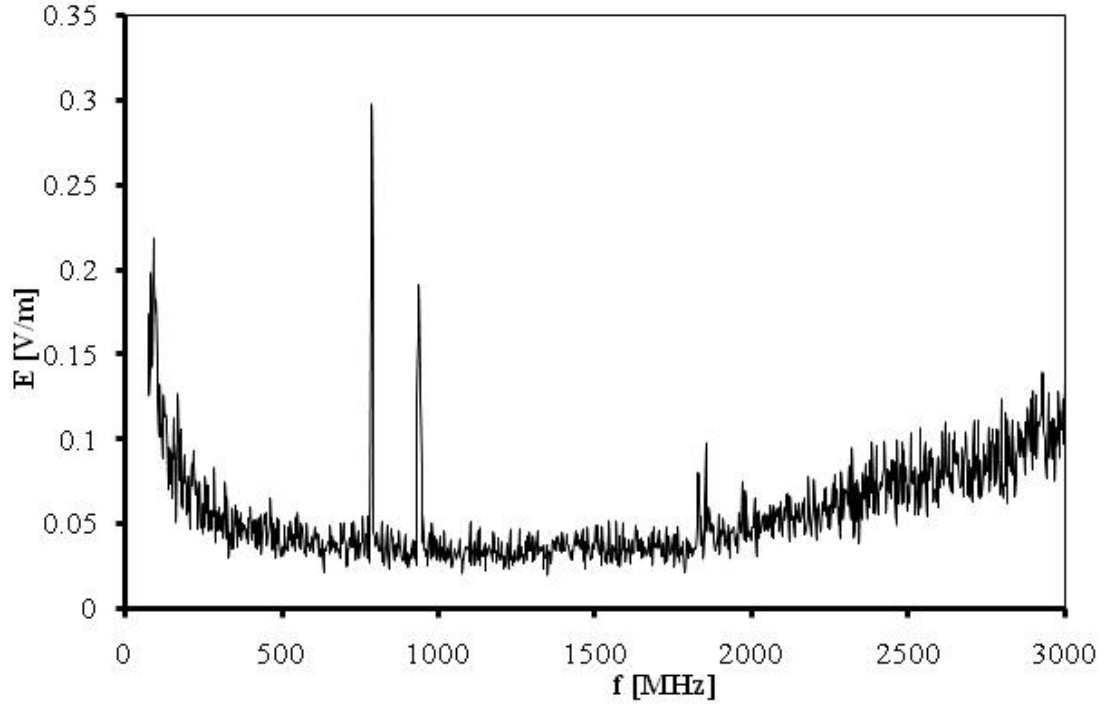


الشكل (1)، الطيف الترددي خارج غرفة المراقبة في حال توقف هوائيات نترا عن العمل.

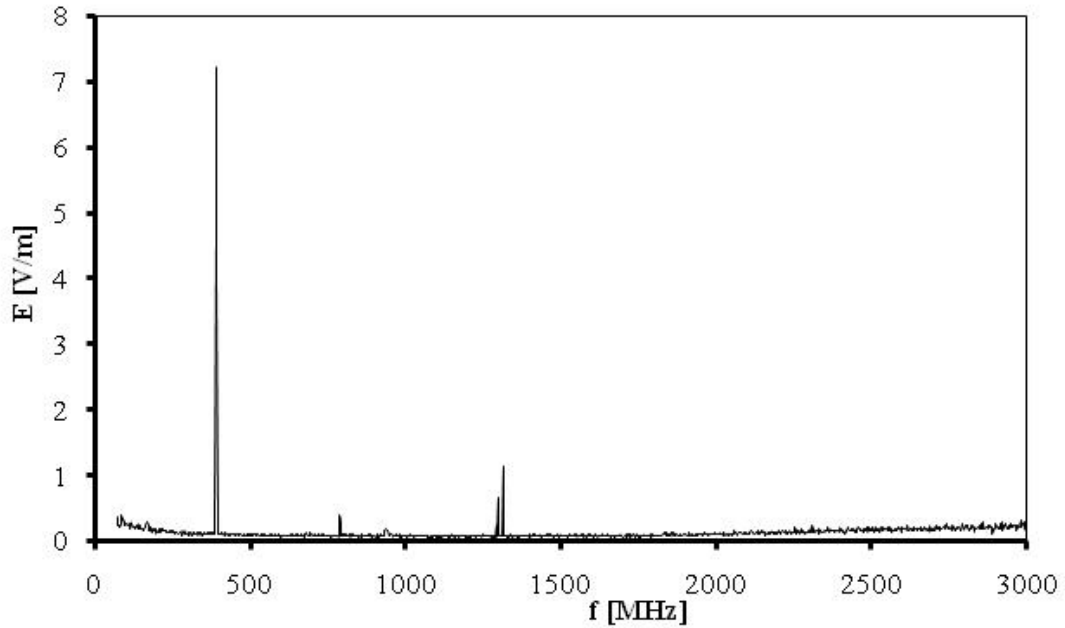


الشكل (2)، الطيف الترددي خارج غرفة المراقبة في حال تشغيل هوائيات نترا.

ويبين الشكلان (3) و (4) الطيف الترددي لشدة الحقل الكهربائي المقاس داخل غرفة التحكم عند عدم تشغيل هوائيات نترا وعند تشغيلها على الترتيب.



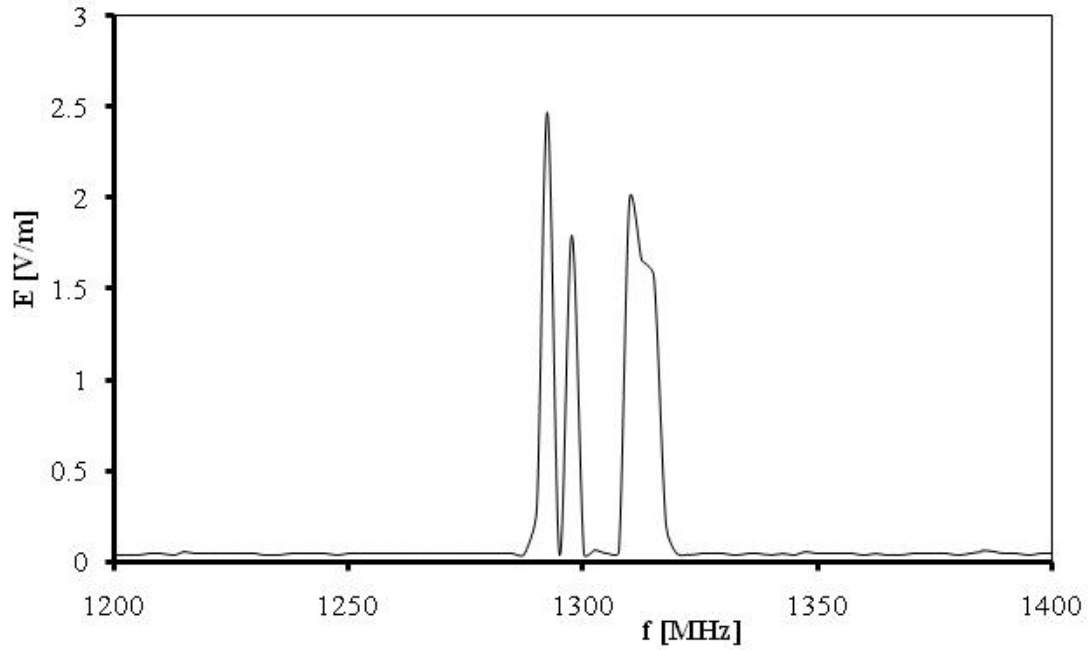
الشكل (3)، الطيف الترددي داخل غرفة المراقبة في حال توقف هوائيات تنترا عن العمل.



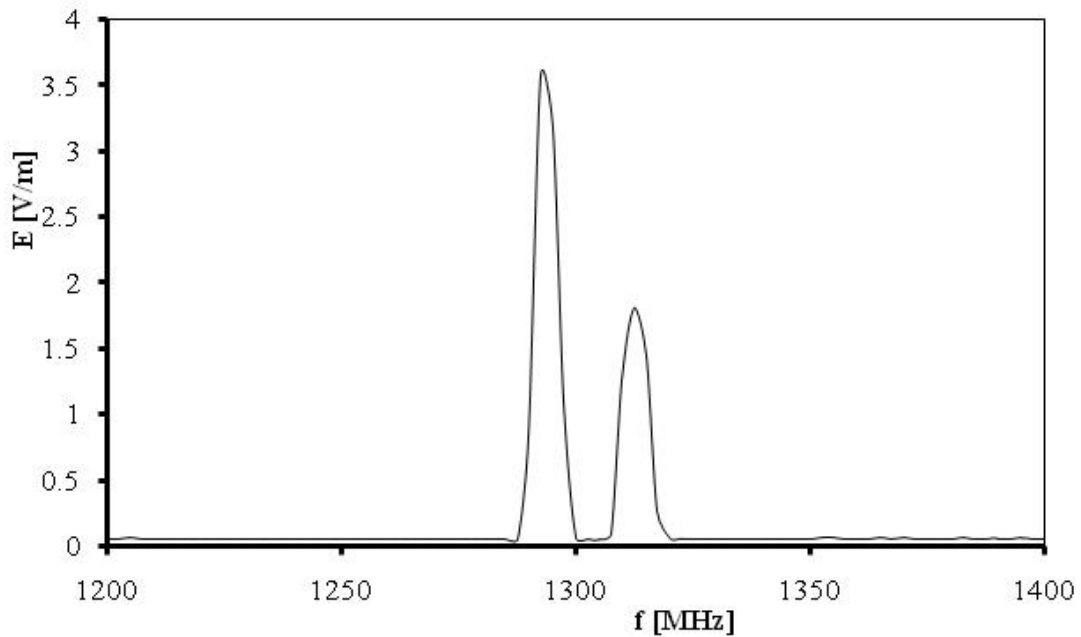
الشكل (4)، الطيف الترددي داخل غرفة المراقبة في حال تشغيل هوائيات تنترا العمل.

نلاحظ من خلال الشكلين (3) و (4) وجود عدد من الإشارات المقاسة ذات مستويات منخفضة جداً (أقل من 1 فولت/م) بينما تظهر على الشكل (4) قمة واحدة عند التردد 392.5 ميغاهرتز والتي توافق تردد شبكة تنترا، وتصل قيمة شدة الحقل الكهربائي عندها إلى 7.193 فولت/م وهذه القيمة أقل بعدة مرات من الحد الموصى به عالمياً.

تم خلال الدراسة إجراء مسح الحقول الكهرومغناطيسية في موقع رادار التوجيه والمراقبة في المطار بغية تحديد سوية تعرض العاملين على صيانة الرادار ووحدات التغذية. ولقد بينت القياسات عدم وجود أي تسريب يذكر ضمن مجموعة توليد الإشارة وتوجيه الحزمة، كما تبين أن سوية حزمة الأمواج الثانوية الصادرة عن المرسل هي ذات قيمة منخفضة تحت الرادار مباشرةً في موقع تواجد العمال أثناء أعمال الصيانة الدورية وغيرها. يبين الشكل (5) مثال توضيحي عن الطيف الترددي داخل محطة تغذية الرادار، ويبين الشكل (6) الطيف الترددي تحت مرسل الرادار مباشرةً.



الشكل (5)، الطيف الترددي داخل محطة تغذية الرادار.



الشكل (6)، الطيف الترددي تحت الرادار مباشرةً في موقع تواجد العمال أثناء إجراء الصيانة.

نلاحظ وجود عدد من القمم الترددية في جوار التردد 1300 ميغاهرتز التي تكون قيمة شدة الحقل الكهربائي العظمى المقاسة أقل من 4 فولت/م وهذه القيمة أقل بكثير من حدود التعرض الموصى بها عالمياً الموافقة لنفس التردد والمعطية وفقاً للجدول (2).

2-2- قياس سوية الحقول الكهرومغناطيسية

تم قياس سوية الحقول الكهرومغناطيسية في جميع النقاط المطلوبة وتم تحديد القيمة العظمى المقاسة كما يبين الجدول (3). ونلاحظ من خلال هذا الجدول وجود قيمة واحدة تزيد عن الحدود الموصى بها عالمياً وذلك في موقع القياس خارج البرج بالقرب من هوائيات شركة نترا في حالة تشغيلها حيث كانت قيمة شدة الحقل الكهربائي (36.63 فولت/م). كما أن القيمة العظمى المقاسة داخل برج المراقبة في نفس الشروط (تشغيل هوائيات نترا) هي قيمة هامة ولكنها أقل من حدود التعرض الموصى بها.

الجدول (3)، القيم العظمى المقاسة لسويات التعرض للحقول الكهرومغناطيسية في مواقع القياس.

الموقع	شدة الحق الكهربائي E [V/m]	شدة الحقل المغناطيسي H [A/m]	كثافة الاستطاعة S [W/m]
خارج البرج (شبكة نترا لا تعمل)	11.16	0.030	0.267
خارج البرج (شبكة نترا تعمل)	36.63	0.070	2.845
داخل البرج (شبكة نترا لا تعمل)	1.24	0.003	0.003
داخل البرج (شبكة نترا تعمل)	8.93	0.024	0.169
داخل محطة الرادار	2.29	0.004	0.012
تحت الرادار	1.70	0.005	0.006

2-3- قياس الحقول الكهربائية والمغناطيسية منخفضة التردد

تم قياس سوية الحقول الكهربائية والمغناطيسية وحقول التحريض المغناطيسي الناتجة عن خطوط نقل الطاقة والتجهيزات الكهربائية والتي تعمل بشكل عام عند 50 هرتز. يبين الجدول (4) مجالات قيم نتائج القياس التي تم الحصول عليها خلال الدراسة بحسب المواقع المدروسة. إن جميع القيم المقاسة والمعطية في الجدول (4) هي أقل من حدود التعرض الموصى بها عالمياً والموضحة في الجدول ذاته. وتجدر الإشارة هنا إلى أنه قد بينت أحدث الدراسات المتعلقة أن معامل الخطر على السلامة العامة يزداد عند زيادة شدة حقل التحريض المغناطيسي عن القيمة 4 ميلي غوص (4 [mG]).

الجدول (4)، مجال القيم المقاسة لسويات الحقول الكهربائية والمغناطيسية منخفضة التردد (50 هرتز).

الموقع	شدة الحقل الكهربائي E [V/m]	شدة الحقل المغنطيسي H [A/m]	شدة حقل التحريض المغنطيسي B [mG]
داخل برج المراقبة	5 - 1	1.5 - 0.01	5 - 1
داخل محطة الرادار	6 - 4	4 - 1	30 - 3
حدود التعرض الموصى بها عالمياً	5000	80	1000

3- مناقشة النتائج والتوصيات

تم خلال هذا العمل دراسة سوية تعرض العاملين في برج المراقبة في مطار دمشق الدولي للحقول الكهرطيسية الناتجة عن هوائيات الإرسال المتواجدة على البرج وفي الجوار، كما تمت دراسة موقع محطة الرادار حيث يمكن تواجد العاملين أثناء عمليات الصيانة الدورية والإصلاح. تبين من خلال النتائج وجود حالة واحدة يكون فيها احتمال زيادة تعرض العاملين عن الحدود الموصى بها عالمياً والمعتمدة في سورية، وهذه الحالة هي عند حالة تشغيل هوائيات شركة تنزا المركبة على برج المراقبة. كما تبين أنه عند حالة تشغيل هوائيات شركة تنزا قد ارتفعت سوية الإشارة داخل البرج إلى حدود معتبرة. فيما عدا ذلك، تبين أن سوية التعرض في جميع المواقع المدروسة، وفي شروط العمل النظامية أي عند توقف هوائيات شركة تنزا عن العمل، ذات قيم أقل من الحدود الموصى بها عالمياً والمعتمدة في سورية سواء فيما يتعلق بالتعرض للحقول عالية التردد (المكروية) أو منخفضة التردد (50 هرتز). وبناءً على نتائج هذه الدراسة يمكن استخلاص عدد من التوصيات الهامة وهي:

1. إن تشغيل هوائيات شركة تنزا في موقعها الحالي على البرج يشكل مصدر للحقول الكهرطيسية ذو سوية عالية ويسبب تعرض العاملين لقيمة أعلى من الحد الموصى به عالمياً عند تواجدهم بالقرب من موقع الهوائيات بهدف الصيانة الدورية أو غير ذلك من الأعمال.
2. إن تشغيل هوائيات شركة تنزا في موقعها الحالي على البرج يرفع من سوية تعرض العاملين للحقول الكهرطيسية داخل برج المراقبة إلى حدود معتبرة بالرغم من أنها أقل بعدة مرات (ضمن شروط هذه الدراسة) من حدود التعرض الموصى بها عالمياً.
3. قد يسبب تشغيل هوائيات شركة تنزا في موقعها الحالي على البرج حدوث تداخلات مع التجهيزات الإلكترونية الحساسة وظهور تشويش في عملها وخاصةً تلك التي لا تكون محمية ذاتياً بالشكل المناسب.
4. ينصح من أجل الحفاظ على استخدام هوائيات شركة تنزا القيام بنقل هذه الهوائيات من موقعها الحالي على البرج ووضعها على برج خاص بها في موقع آخر لا يؤثر على عمل برج المراقبة الخاص بالمطار ولا يزيد من التعرض الكهرطيسي للعاملين فيه وفي جواره.