



ספקטרום אנלייזר – בדיקות ופתרונות קרינה

דוח בדיקת קרינה בלתי מייננת מדידת שדות חשמליים/מגנטיים

למגזר הפרטי/העסקי/הממשלתי

תל צור 16, אבן יהודה



תוכן עיניינים

3	פרטי הבודק והחברה
4	פרטי הבדיקה
5	כללי
6	מכבי מרכז רפואי קריית מוצקין
7	תמונות האתר (תמונות של חלק מהאזורים בהם נמדדה הקרינה)
10	מפוי האזורים כפי שנלקח ע"י המודד
12	טבלת תוצאות מדידה ELF
14	נספחים
14	פקטור כיול ELF
15	פקטור כיול RF
16	נתונים כלליים
18	בדיקת ELF - מוצרי חשמל ומתח הרשת
20	נוסחאות חישוב ELF, RF
22	גורמי שגיאה במדידות RF
23	הנחיות המשרד להגנת הסביבה



פרטי הבודק והחברה

שם החברה:			ספקטרום אנלייזר - בדיקות ופתרונות קרינה
שם הבודק:			דדי מצא
מכשיר בדיקה RF ומס סידורי:	דגם	מספר סידורי	מספר ותוקף היתר
	TM-196	200600114 כיול 18.11.2020 24 חודשים	5252-01-06 25.11.2025
מכשיר בדיקה ELF ומס סידורי:	דגם	מספר סידורי	מספר ותוקף היתר
	TM-192	190801273 כיול 18.11.2020 24 חודשים	5252-01-04 25.11.2025
כתובת החברה:			שפירא 15 רמת גן



פרטי הבדיקה

שם מזמין הבדיקה:	איציק דאהן
תאריך הבקשה:	25.07.2021
כתובת הפונה:	שדרות בן גוריון 80 א', קריית מוצקין
טלפון/פקס:	054-4328309
דוא"ל:	izikdahan@motzkin.org
שם האתר:	מכבי מרכז רפואי קריית מוצקין שדרות בן גוריון 80 א', קריית מוצקין
טענת הלקוח:	בדיקת קרינה מחדר חשמל במכבי שרותי בריאות – אזור של העיריה המושכר.
שעת תחילת הבדיקה:	9:30
משך הבדיקה:	55 דקות
תאריך הבדיקה:	02.08.2021
הבדיקות שהוזמנו:	<input checked="" type="checkbox"/> בדיקת ELF : <input type="checkbox"/> בדיקת RF : מיקוד אזורים הגובלים בחדר חשמל _____
רשות מקומית:	כנ
נוכחים בזמן הבדיקה:	משה – אב בית מכבי
מס הזמנה/משלם:	



<p>לאחר מעבר על השטחים מסביב הוחלט לבדוק במכבי – השוכן מעל חדר חשמל. בוצעה בדיקה בממד בבנק שם התגלתה קרינה – החדר סגור וללא שימוש והוחלט עם המזמין לא לכלול בדו"ח זה. כמו כן שטחי מעבר סמוך לחדר השמל על מדרכה בחניון לא תועדו. המטרה הוגדרה לבדוק את משרדי מכבי.</p>	<p>הערות מיוחדות:</p>
---	-----------------------

כללי

הבדיקה נערכה בשעה 09:30. מכיוון שמדובר במרכז מסחרי ההנחה היא שבשעה זו העומס הוא גדול, האתר פעיל, מזגנים וחשמל.

בדו"ח זה ניתן למצוא את תמונות מהאתר ומפת האתר כפי שנלקחה ע"י המודד בשעת המדידה ובמקומות המדידה שהוגדרו.

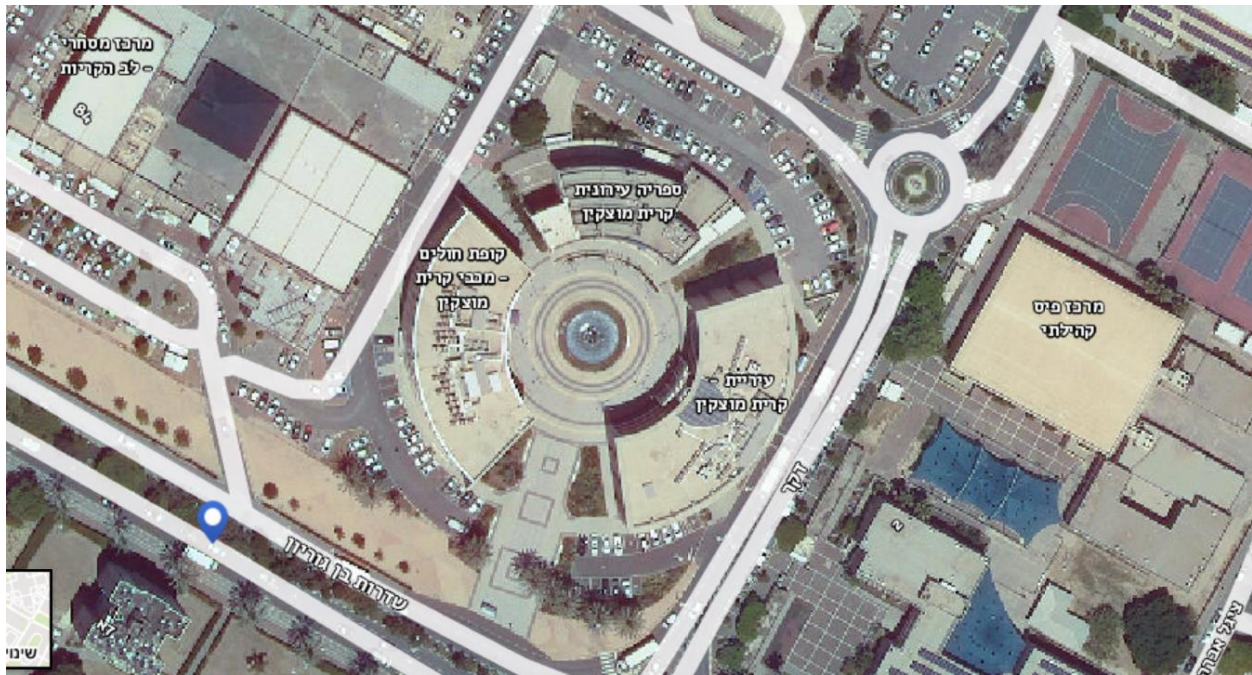
הבדיקה שהוזמנה הייתה עבור מיקוד קרינת ELF באזורים שהוגדרו מראש. האזורים הינם עונים על ההגדרה של אזורי מקום עבודה וחלקם שהיה לא רציפה ולכן הספים המיוחדים בדו"ח, הינם בהתאם לרמות קרינה המומלצות לחשיפה בהתאם להמלצות המשרד להגנת הסביבה.

כל תוצאות המדידה במילי גאוס (mG) וכן ב ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$) אלא אם כן צויין אחרת



מכבי מרכז רפואי קריית מוצקין

קופת חולים מכבי קריית מוצקין – על שטח העיריה ממוקם בניין משרדים. בניין זה יש חדר חשמל וטרפו אשר נמצאים בחלקו המערבי של הבניין. מעל חדר השנאים שוכנת מרפאת מכבי – נצפה מיגון בתוך חדר החשמל – חדר הטרפו נעול. המטרה לבדוק את הקרינה המועברת למרפאות מכבי הגובלות בחדר הטרפו והחשמל. הבדיקה נערכה בתוך המרפאות של מכבי באזורים הגובלים.



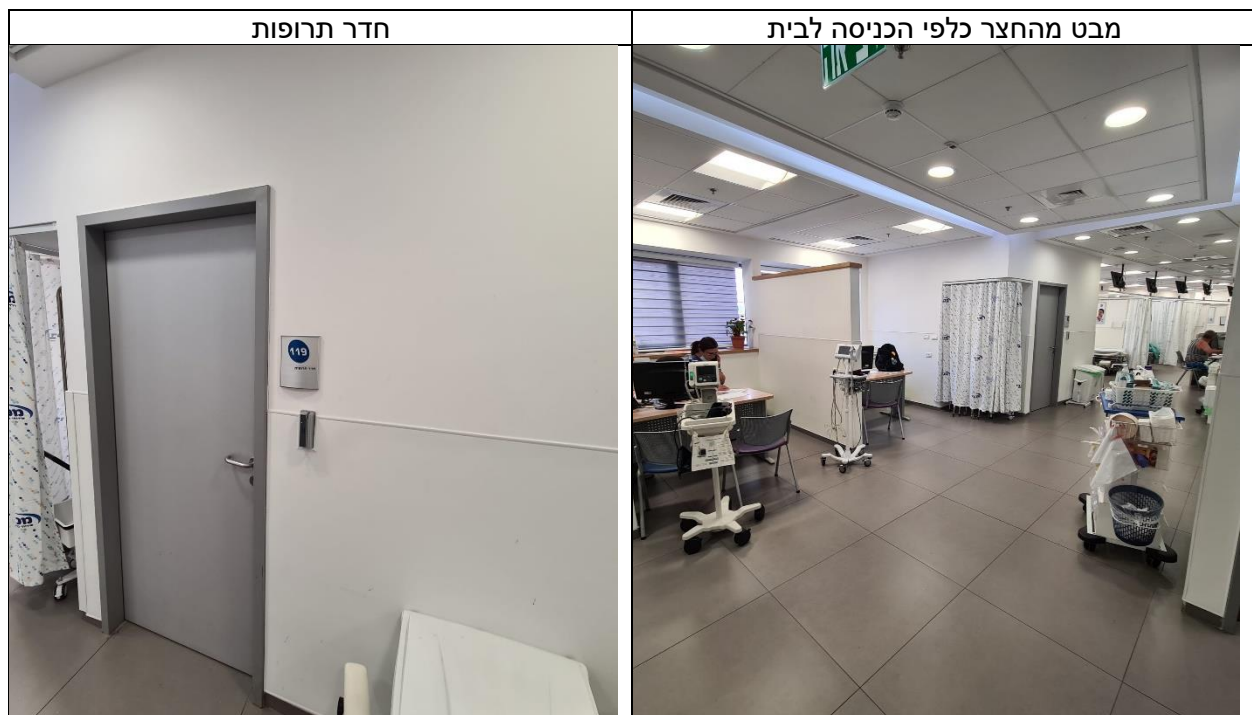
תמונות האתר (תמונות של חלק מהאזורים בהם נמדדה הקרינה)

מבט על חדר טרפו וחדר חשמל – מרפאות מכבי מעליהם



מבט על חדר טרפו וחדר חשמל – מרפאות מכבי מעליהם







מבט מחיצות טיפול – חלונמל חדר החשמל וטרפו



חדר רופאים

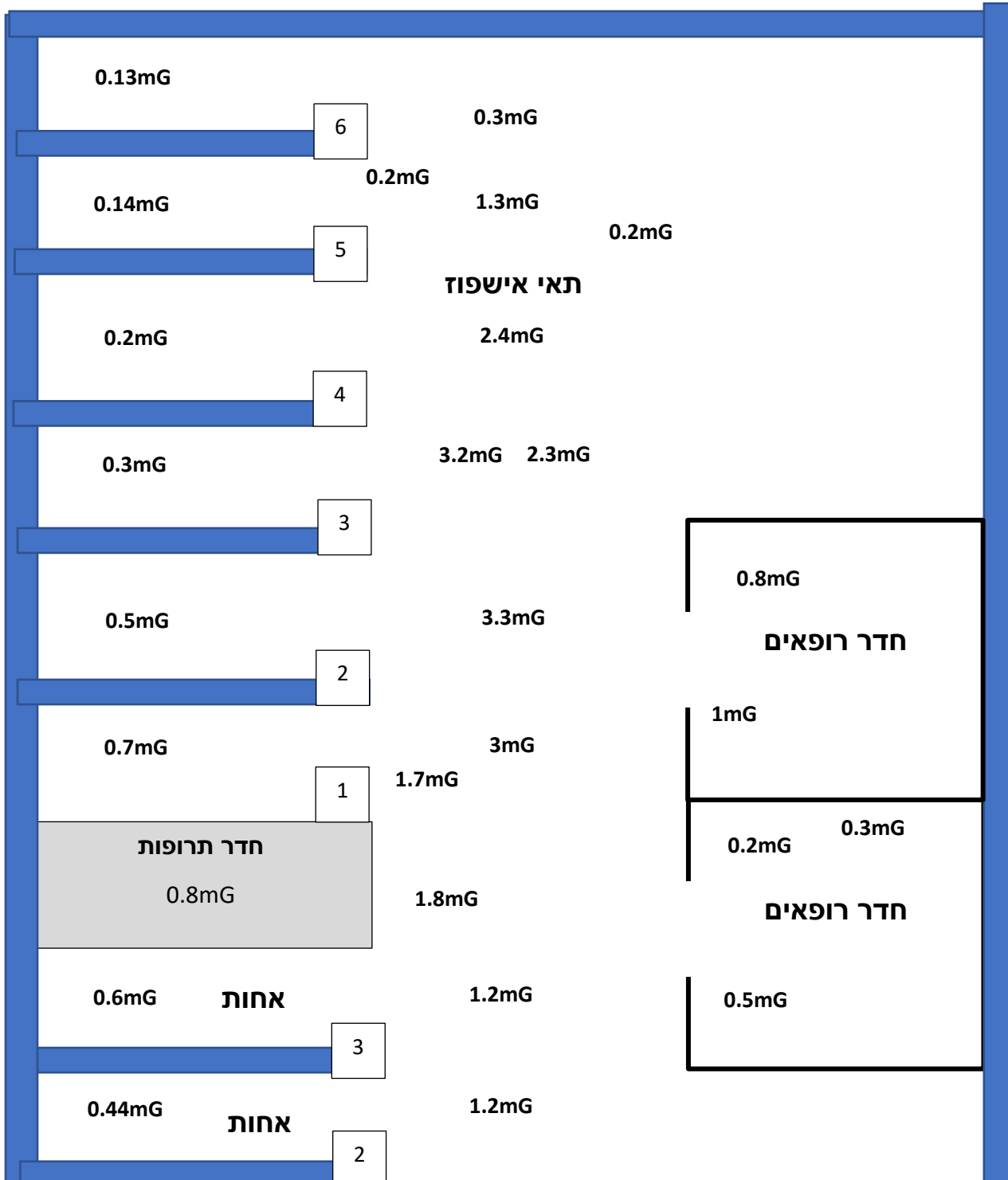


חדר תרופות ומעבר





מפוי האזורים כפי שנלקח ע"י המודד





הממצאים באתר הם כדלקמן:

1. מרפאת הקופת חולים הכוללת חדרי אישפוז (וילונות) וכן שני חדרי רופאים ומעבר ביניהם, הנם גובלים עם תיקרת חדר החשמל וחדר הטרפו.
2. רמות הקרינה באתר הינם מתאימות להמלצת המשרד להגנת הסביבה ולא נמצאו חריגות על פי שיהיה בזמן נתון – ההמלצה למקומות עבודה המשקללת זמן חשיפה מול רמת חשיפה..
3. נצפו עוצמות מעט יותר גבוהות לאורך המסדרון שכן יתכן ששם החפיפה עם חדר החשמל הינה מרבית.
4. באתר נלקחום מספר מדידות והגבוהות יותר צוינו בדו"ח.
5. הרמות בתמונה למעלה הן הרמות שנמדדו לפני התחשבות בשני גורמים (פקטור כיוול ועומס מירבי על הפאזות) כך שהרמות בפועל שונות במעט על פי מה שיוצג בטבלה בהמשך.
6. הרמות המוצגות בשרטוט מייצגות את הקרינה בגובה 180 ו 59 סמ - הגבוה מביניהם. במקרה זה הקרבה לריצפה ייצגה רמה גבוה יותר.



טבלת תוצאות מדידה ELF

צפיפות השטף המגנטי לאחר נרמול (mG) פקטור	צפיפות השטף המגנטי (mG)	***גובה נקודת המדידה (m)	** מרחק ממקור הקרינה (m)	* איכולוס	מיקום מדוייק	מקום מדידה
1.25						
0.55	0.44	0.3-1.8		מקום עבודה	חדר אישפוז 2	מכבי קומה 1
0.75	0.6	0.3-1.8		מקום עבודה	חדר אישפוז 3	מכבי קומה 1
0.875	0.7	0.3-1.8		מקום עבודה	חדר אישפוז 1	מכבי קומה 1
0.625	0.5	0.3-1.8		מקום עבודה	חדר אישפוז 2	מכבי קומה 1
0.375	0.3	0.3-1.8		מקום עבודה	חדר אישפוז 3	מכבי קומה 1
0.25	0.2	0.3-1.8		מקום עבודה	חדר אישפוז 4	מכבי קומה 1
0.175	0.14	0.3-1.8		מקום עבודה	חדר אישפוז 5	מכבי קומה 1
0.1625	0.13	0.3-1.8		מקום עבודה	חדר אישפוז 6	מכבי קומה 1
0.375	0.3	0.3-1.8		מקום עבודה	מסדרון	מכבי קומה 1
0.25	0.2	0.3-1.8		מקום עבודה	מסדרון	מכבי קומה 1
1.625	1.3	0.3-1.8		מקום עבודה	מסדרון	מכבי קומה 1
0.25	0.2	0.3-1.8		מקום עבודה	מסדרון	מכבי קומה 1
3	2.4	0.3-1.8		מקום עבודה	מסדרון	מכבי קומה 1
4	3.2	0.3-1.8		מקום עבודה	מסדרון	מכבי קומה 1
2.875	2.3	0.3-1.8		מקום עבודה	מסדרון	מכבי קומה 1
4.125	3.3	0.3-1.8		מקום עבודה	מסדרון	מכבי קומה 1
3.75	3	0.3-1.8		מקום עבודה	מסדרון	מכבי קומה 1
2.125	1.7	0.3-1.8		מקום עבודה	מסדרון	מכבי קומה 1
2.25	1.8	0.3-1.8		מקום עבודה	מסדרון	מכבי קומה 1
1.5	1.2	0.3-1.8		מקום עבודה	מסדרון	מכבי קומה 1
1.5	1.2	0.3-1.8		מקום עבודה	מסדרון	מכבי קומה 1
1	0.8	0.3-1.8		מקום עבודה	חדר תרופות	מכבי קומה 1
1	0.8	0.3-1.8		מקום עבודה	חדר רופאים	מכבי קומה 1
1.25	1	0.3-1.8		מקום עבודה	חדר רופאים	מכבי קומה 1
0.375	0.3	0.3-1.8		מקום עבודה	חדר רופאים	מכבי קומה 1
0.25	0.2	0.3-1.8		מקום עבודה	חדר רופאים	מכבי קומה 1
0.625	0.5	0.3-1.8		מקום עבודה	חדר רופאים	מכבי קומה 1



Microsoft Excel
2003 Worksheet



הערות למדידת ELF:

- הרמות שניצפו באזורים השונים על פי סוג השהייה אינן חורגות מהמלצת המלג"ס.
- בתוך האתר לא נמצאו חריגות מהמלצות
- לאורך המסדרון נצפו רמות קרינה גבוהות יותר, אם זאת אינו חורגות מהמלצות המשרד להגנת הסביבה.

$$T < \frac{72}{B_w - 1}$$

- התוצאות המסומנות בירוק הן מתחת לסף והאדומות הינן מעל הסף המומלץ של המשרד.
- התוצאות מייצגות את הערכים המקסימלים שנקראו בעת המדידה.
- המדידה נערכה לכל אורך הקירות הפונים לקורן וכן במרכז החצר החדרים התמקדות מקסימלית באזורי החפיפה לדריים הקורנים מלמטה.
- הסבר לפקטור הנלקח 1.25:

- על פי נספח הכיול המצורף לדו"ח זה, יש להוסיף את הפקטורים המתאימים לפי תוצאות המדידה. הפקטור בתוצאות הגבוהות שואף למעט מעל 1 (בממוצע 1.1-1.133).
- כמו כן יש להתחשב בעומס באתר שכן לא נמצא שעון זרם היכול להציג רמה כלשהי של צריכה ולכן ההנחה היא שהאתר מועמס. יום המדידה הינו אחד הימים החמים בשנה ולכן ההנחה היא שפקטור נירמול החשמל הינו 0.95.
- בהתאם לזאת ובשיקול דעת נלקח פקטור של 1.25.



נספחים

פקטור כיוול ELF

CALIBRATION DATA

No.	Calibrated item orientation	Applied magnetic field			Measured magnetic field ¹⁾	Correction factor ²⁾	Measurement Uncertainty
		50 Hz	mG	μ T			
1	X	50 Hz	1.000 mG	0.1000 μ T	0.755 mG	1.33	\pm 18.4 %
2	X	50 Hz	2.00 mG	0.200 μ T	1.615 mG	1.24	\pm 13.2 %
3	X	50 Hz	4.00 mG	0.400 μ T	3.568 mG	1.12	\pm 7.3 %
4	X	50 Hz	10.00 mG	1.000 μ T	9.498 mG	1.05	\pm 3.1 %
5	X	50 Hz	100.0 mG	10.00 μ T	97.79 mG	1.02	\pm 2.4 %
6	X	50 Hz	500 mG	50.0 μ T	492.2 mG	1.02	\pm 2.4 %
7	X	50 Hz	1000 mG	100.0 μ T	983.6 mG	1.02	\pm 2.4 %
8	X	50 Hz	2022 mG	202.2 μ T	1989 mG	1.02	\pm 2.4 %
9	Y	50 Hz	1.000 mG	0.1000 μ T	0.556 mG	1.80	\pm 28.8 %
10	Y	50 Hz	2.00 mG	0.200 μ T	1.380 mG	1.45	\pm 11.2 %
11	Y	50 Hz	4.00 mG	0.400 μ T	3.384 mG	1.18	\pm 4.8 %
12	Y	50 Hz	10.00 mG	1.000 μ T	9.525 mG	1.05	\pm 3.2 %
13	Y	50 Hz	100.0 mG	10.00 μ T	98.45 mG	1.02	\pm 2.4 %
14	Y	50 Hz	500 mG	50.0 μ T	495.4 mG	1.01	\pm 2.4 %
15	Y	50 Hz	1000 mG	100.0 μ T	988.4 mG	1.01	\pm 2.4 %
16	Y	50 Hz	1982 mG	198.2 μ T	1967 mG	1.01	\pm 2.4 %
17	Z	50 Hz	1.000 mG	0.1000 μ T	0.670 mG	1.49	\pm 10.9 %
18	Z	50 Hz	2.00 mG	0.200 μ T	1.548 mG	1.29	\pm 8.4 %
19	Z	50 Hz	4.00 mG	0.400 μ T	3.509 mG	1.14	\pm 5.8 %
20	Z	50 Hz	10.00 mG	1.000 μ T	9.621 mG	1.04	\pm 3.4 %
21	Z	50 Hz	100.0 mG	10.00 μ T	98.48 mG	1.02	\pm 2.4 %
22	Z	50 Hz	500 mG	50.0 μ T	492.4 mG	1.02	\pm 2.4 %
23	Z	50 Hz	1000 mG	100.0 μ T	985.5 mG	1.01	\pm 2.4 %
24	Z	50 Hz	1978 mG	197.8 μ T	1967 mG	1.01	\pm 2.4 %

No.	Calibrated item orientation	Applied magnetic field			Measured magnetic field ¹⁾	Correction factor ²⁾	Measurement Uncertainty
		16 Hz	30 Hz	300 Hz			
25	X	16 Hz	100.0 mG	10.00 μ T	44.83 mG	2.23	\pm 2.4 %
26	X	30 Hz	100.0 mG	10.00 μ T	111.65 mG	0.90	\pm 2.4 %
27	X	300 Hz	100.0 mG	10.00 μ T	78.58 mG	1.27	\pm 2.4 %
28	Y	16 Hz	100.0 mG	10.00 μ T	45.11 mG	2.22	\pm 2.4 %
29	Y	30 Hz	100.0 mG	10.00 μ T	112.50 mG	0.89	\pm 2.4 %
30	Y	300 Hz	100.0 mG	10.00 μ T	79.07 mG	1.27	\pm 2.4 %
31	Z	16 Hz	100.0 mG	10.00 μ T	44.84 mG	2.23	\pm 2.4 %
32	Z	30 Hz	100.0 mG	10.00 μ T	112.10 mG	0.89	\pm 2.4 %
33	Z	300 Hz	100.0 mG	10.00 μ T	79.18 mG	1.26	\pm 2.4 %

¹⁾ Average value.

²⁾ Multiply the monitor reading by correction factor.



CALIBRATION DATA

Frequency response and linearity

Frequency, MHz	Applied field, V/m	Measured field, V/m	Deviation, dB	Correction factor ¹⁾	Measurement uncertainty, dB
400	6.00	3.01	-5.99	1.99	±1.40
800	6.01	3.78	-4.04	1.59	±1.40
1800	6.00	6.53	0.73	0.92	±1.40
1800	3.00	3.39	1.06	0.89	±1.40
1800	10.01	9.28	-0.65	1.08	±1.40
2100	6.00	6.79	1.07	0.88	±1.40
2450	6.00	9.78	4.24	0.61	±1.40
5000	6.00	10.47	4.83	0.57	±1.40
7000	6.00	2.93	-6.22	2.05	±1.40

¹⁾ Multiply the monitor reading by correction factor.



נתונים כלליים

"חשיפה רצופה וממושכת" – חשיפה של אדם לקרינה למשך 4 שעות לפחות ביממה, במהלך 5 ימים בשבוע, בכל מקום שהוא נמצא בו, ובכלל זה בדירת מגורים, מוסד חינוך, מוסד לקשישים, בית חולים, משרד או שטח ציבורי פתוח המשמש כגן משחקים ;

"סף חשיפה בריאותי" – רמות חשיפה מרביות מותרות לחשיפה קצרת מועד של בני אדם לשדות חשמליים, מגנטיים או אלקטרומגנטיים משתנים, כאמור בטבלה 7 בהנחיות של הוועדה הבין-לאומית להגנה מקרינה בלתי מייננת לעניין רמות הייחוס לחשיפת הציבור הרחב ; לעניין זה, "הנחיות הוועדה הבינלאומית להגנה מקרינה בלתי מייננת" (The International Commission on Non Ionizing Radiation Protection - ICNIRP), כפי שאימץ ארגון הבריאות העולמי (WHO - World Health Organization) במהדורה המעודכנת ביותר, ושהעתק מהן ומעדכוניהן יופקד לעיון הציבור במשרדי ממונה ובאתר האינטרנט של המשרד להגנת הסביבה ;

"קרינה" - קרינה אלקטרומגנטית בתדרי רדיו (RF- Radio Frequency), מ-100 קילוהרץ עד 300 גיגה הרץ ;

לא יקים אדם ולא יפעיל מקור קרינה שעקב הפעלתו נוצרת או עלולה להיווצר קרינה בתחום התדרים כמפורט בטור א' בטבלה **שבתוספת הראשונה**, באופן שיגרום, לרבות בעת תקלה, לחשיפה של בני אדם לקרינה, כמפורט להלן :

- (א) לרמות קרינה העולות על שלושים אחוזים (30%) מסף החשיפה הבריאותי, המפורטות בטורים ב' ו-ג' בטבלה האמורה לגבי תחום התדרים שבין 100 kHz ל-10 MHz, ובטור ד' בטבלה האמורה לגבי תחום התדרים שמעל 10 MHz.
- (ב) לרמות קרינה העולות על עשרה אחוזים (10%) מסף החשיפה הבריאותי, המפורטות בטורים ה' ו-ו' בטבלה האמורה לגבי תחום התדרים שבין 100 kHz ל-10 MHz, ובטור ז' בטבלה האמורה לגבי תחום התדרים שמעל 10 MHz, במקרה של חשיפה רצופה וממושכת.

רמות חשיפה מרביות מותרות



(ג) במקום שמאוחסנים, מעובדים או מונפקים בו חומרים מסוכנים דליקים - לרמות קרינה העולות על הרמות הקבועות במהדורה האחרונה של התקן הבריטי בדבר הערכת התנאים להצתה בלתי רצויה של אוויר נפיץ על ידי קרינת רדיו – Assessment of inadvertent ignition of flammable atmospheres by radio-frequency radiation – BS 6656, שהעתק ממנו ומעדכוניו יופקד לעיון הציבור במשרדי ממונה ובאתר האינטרנט של המשרד להגנת הסביבה.

רמות חשיפה מרביות מותרות לקרינה

רמות חשיפה מרביות מותרות לחשיפה רצופה וממושכת (10% מסף החשיפה הבריאותי)			רמות חשיפה מרביות מותרות (30% מסף החשיפה הבריאותי)			
ז' צפיפות הספק (W/m ²)	ח' שדה מגנטי (A/m)	ה' שדה חשמלי (V/m)	ד' צפיפות הספק (W/m ²)	ג' שדה מגנטי (A/m)	ב' שדה חשמלי (V/m)	א' הקרינה הנוצרת ממקור הקרינה תחום התדרים
-	0.5	8.7	-	1.5	26.1	100kHz – 150kHz
-	0.073/f	8.7	-	0.219/f	26.1	0.15MHz – 1MHz
-	0.073/f	8.7/√f	-	0.219/f	26.1/√f	1MHz – 10MHz
0.2	0.023	8.85	0.6	0.04	15.33	10MHz – 400MHz
f/2000	0.00115√f	0.435√f	3f/2000	0.002√f	0.753√f	400MHz–2000MHz
1	0.051	19.29	3	0.0885	33.37	2GHz– 300GHz



בדיקת ELF - מוצרי חשמל ומתח הרשת.

הגדרות :

- תחום ה- ELF שדות חשמליים ומגנטיים משתנים בתחום התדר. $4 \text{ Hz} - 000,1 \text{ Hz}$
- שטח פתוח - אזור בו אין מקום מאוכלס ברציפות בטווח של 100 מטר סביב נקודת המדידה
- אזור מאוכלס ברציפות - מקום שתיתכן בו שהייה דרך קבע של בני אדם במשך 4 שעות רצופות לפחות ביממה, במהלך 5 ימים רצופים לפחות בשבוע.
- אזור מאוכלס לא ברציפות - מקום שתיתכן בו שהייה של בני אדם, שאינו עולה כדי אזור מאוכלס ברציפות.
- מתקן חשמל - מתקן הפועל בתחום תדרי ה- ELF .
- קווי מתח על - קווי חשמל שהמתח החשמלי הוא 400 kV
- קווי מתח עליון - קווי חשמל שהמתח החשמלי בהם עולה על 50 kV
- קווי מתח גבוה - קווי חשמל שהמתח החשמלי בהם הוא בין 1 kV ועד 50 kV
- קווי מתח נמוך - קווי חשמל שהמתח החשמלי בהם הוא עד 1 kV



הגבלת החשיפה לשדה מגנטי כתלות במשך החשיפה סביב מתקני חשמל נוצר שדה מגנטי. סוג זה של קרינה הוגדר על ידי ארגון הבריאות העולמי כ"מסרטן אפשרי". ככל שהזרם העובר במתקן גבוה יותר כן גדל השדה המגנטי הנוצר סביב המתקן.

בישראל, כמו במדינות רבות אחרות, לא נקבע עדיין בחקיקה סף מחייב לחשיפה כרונית לשדה מגנטי שמקורו במתקני חשמל. חשיפה כרונית, או חשיפה רצופה וממושכת, מוגדרת כחשיפה של מעל 4 שעות בכל יממה ומעל 5 ימים בשבוע. מגורים, משרדים, מוסדות חינוך, מבני מסחר ותעשייה וכדומה נחשבים מקומות שהחשיפה בקרבם היא חשיפה כרונית.

לצורך תכנון הנדסי של מערכות חשמל בסביבת שימושי קרקע לשהות ממושכת, לצורך מתן היתרי הקמה והפעלה למתקני חשמל, לצורך פרשנות של תוצאות מדידות סביב מתקני חשמל וכו', יש לקבוע מדד כמותי.

בהתחשב במידע הקיים, בפרקטיקה במדינות מפותחות ובסף הקרינה שחברות החשמל במדינות המפותחות מתחייבות לו באופן וולונטרי, הציעו משרדי הבריאות והגנת הסביבה את הערך של **4mG** כסף לממוצע ביממה בתנאים של צריכת חשמל אופיינית מרבית.

הערך הזה מתבסס על העדר חשש לתחלואה בחשיפה לשדה מגנטי שבממוצע שנתי אינו עולה על 2 מיליגאוס והסטטיסטיקה המראה שהיחס בין הזרם הממוצע ביום בשעת צריכת שיא הוא גבוה פי 2 מזרם בממוצע השנתי. ביום של צריכת שיא טיפוסית קיים ניצול של 60% מיכולת מערכת החשמל (יש מתקנים שהאחוז בהם שונה). אם זרם החשמל בזמן המדידה ידוע או נמדד, יש לנרמל את התוצאה של מדידת

החשיפה לפי היחס בין הזרם המרבי היכול לעבור דרך המתקן, לזרם שעבר בו בזמן המדידה. לא תמיד אפשר למדוד או להעריך את הזרם העובר במתקן בזמן ביצוע מדידה של החשיפה לשדה מגנטי. בהעדר נתון זה, כאשר מקור החשיפה הוא מתקן בתוך בניין, הפעלת כל מתקני החשמל העיקריים בבניין, כגון מערכת מיזוג האוויר, תהווה ייצוג מספיק לקיום התנאי של עומס מרבי בעת המדידה.

יש מקומות שהחשיפה בהם היא בהגדרה חשיפה על פני 24 שעות ביממה, כמו החשיפה בבית. עם זאת, יש מקומות שהחשיפה בהם היא מוגבלת וזמן החשיפה מוגדר, כמו מקומות עבודה, אמצעי תחבורה ציבורית ופרטית, אזורי מעבר וכו'. למרות שאין עדות מובהקת לסוג הקשר בין זמן החשיפה להשפעת החשיפה על הבריאות, מוצע לנקוט את עקרון הזהירות המונעת ולהניח שקיים קשר ישיר וליניארי בין משך החשיפה לעצמתה. בהנחה זו ניתן להשתמש במדד של **4mG** בממוצע ביממה בה הצריכה מרבית, לצורך הערכת רמת החשיפה כתלות במשך החשיפה.

ההצעה להלן משמשת מידע מנחה, תוך הפעלת שיקול דעת של כל מי שמתכנן קרבה בין אזור מאוכלס למתקן חשמל, בכל מקרה לגופו. לדוגמה, מומלץ לא להשתמש בסוג זה של ממוצע בכל הקשור לחשיפה במוסדות חינוך שלומדים בהם ילדים מתחת לגיל 15. במקרה זה יש לתכנן כך שבכיתות הלימוד הקרינה לא תעלה באף מקום ישיבה על 4 מיליגאוס.



נוסחאות הישוב RF, ELF

הנתון המבוקש	הנוסחה RF (100KHz-300GHz)	הסברים
מ-ל-אורך גל בתוך תמיד כבר יותר מאורך הגל בויק	$\lambda = c/f \quad \lambda_n = \lambda/n \quad f = 1/T \quad v = c/n$	f- תדר, v- מהירות התקדמות בתוך c- מהירות האור $3 \cdot 10^8$ מטר בשנייה
אנרגיה של פוטון	$e = h \cdot f$ (אנרגיה לקרינה בלתי מייננת $e < 12.4 \text{ ev}$)	f- תדר h- קבוע פלאנק $h = 6.626 \cdot 10^{-34}$
צפיפות הספק גל אלקטרומגנטי	$S (W/m^2) = E (V/m) \cdot H (A/m)$	E: שדה חשמלי ביחידות וולט למטר H: שדה מגנטי ביחידות אמפר למטר
שדה חשמלי או שדה מגנטי	$E/H = 377 = 120\pi$	מציבים את הידוע ומוצאים את השני במרחב החופשי בשדה רחוק
מציאת הספק גל אלקטרומגנטי כאשר ידוע השדה החשמלי או המגנטי	$S_D = E \cdot H = E^2/377 = H^2 \cdot 377$	E: שדה חשמלי (V/m) H: שדה מגנטי (A/m) S: צפיפות הספק (W/m ²) נכון בשדה רחוק
EIRP (בדציבלים)	$E.I.R.P (dBm) = P_{in} (dBm) + G (dB)$	הכל בדציבלים P _{in} : הספק בכניסת האנטנה G: שטח אנטנה סומך כמספרת הכוזביות ביחידות האנטנה
EIRP (במספר רגיל)	$E.I.R.P (w) = P_{in} (w) \cdot G$	הכל במספרים רגילים
הקשר בין שטח אנטנה להספק כניסה ויציאה מהאנטנה	$G = 10 \log \left[\frac{P_{out}}{P_{in}} \right] \quad P_{out} = P_{in} \cdot 10^{0.1G}$ $G_{[dB]} = 10 \log(G) \quad EIRP - P_{in} \cdot 10^{0.1G_{[dB]}}$	P _{out} : הספק במוצא האנטנה (EIRP). P _{in} : הספק בכניסת האנטנה G – שטח אנטנה
מציאת צפיפות הספק גל אלקטרומגנטי במרחק r מאנטנה	$S = EIRP/4\pi r^2 = P \cdot G/4\pi r^2 = P_{in} \cdot 10^{0.1G}/4\pi r^2$	צפיפות הספק-תוצאה ביחידות W/m ²
מציאת הספק בדב"מ כאשר ידוע הספק בואט	$G(dBi) = G(dBd) + 2.15 \text{ dB}$ $P [dBm] = 10 \log (P [mW])$	יחס בין אנטנת דיפול לעומת אנטנה איזוטרופית הקשר בין יחידות של הספק. P הוא במילי ואט ז"א
מציאת הספק בואט מציאת הספק במיליווט	$P_W = 0.001 \cdot 10^{0.1 \cdot P(dBm)}$ $P_{mw} = 1000 \cdot P_w$	הקשר התמוך לנוסחה קודמת
מציאת שדה חשמלי כולל משלושה רכיבים	$E = (E_X^2 + E_Y^2 + E_Z^2)^{1/2}$	כל שלושת השדות מאונכים זה לזה
מציאת שדה מגנטי כולל משלושה רכיבים	$H = (H_X^2 + H_Y^2 + H_Z^2)^{1/2}$	כל שלושת השדות מאונכים זה לזה
מציאת הספק גל אלקטרומגנטי משלושה רכיבים	$S = (E_X^2 + E_Y^2 + E_Z^2)/377\Omega$	כל שלושת השדות מאונכים זה לזה
סכום הספקי גל בנקודה ספציפית	$S_{\Sigma} = (S_1 + S_2 + \dots + S_n)$	חוק סופרפוזיציה
מציאת אחוז % המצרפי מרחק בטיחות מאנטנה	$\Sigma \% = (S_1/Ls_1 + S_2/Ls_2 + \dots + S_n/Ls_n) < 1$ $R = (EIRP/4\pi L)^{1/2}$ $R = (P_{in} \cdot 10^{0.1G}/4\pi S_0)^{1/2}$	סך החשיפות לאדם באחוזים %, מצרפי L או S: סף חשיפה מותר על פי התדר המדובר [W/m ²]
סכום מרחקי בטיחות	$R_{1+2+3} = \sqrt{R_1^2 + R_2^2 + R_3^2}$	כאשר יש הפיפה בין אנטנות
מרחק "שדה רחוק" עבור אנטנה כללית	$R = \frac{2 \cdot D^2}{\lambda}$	המקום ממנו מתחיל שדה רחוק. לאנטנות גדולות מחצי אורך גל D: מימד גדול של האנטנה
מרחק "שדה רחוק" עבור אנטנות פאנל	$R = \frac{2 \cdot A}{\lambda}$	המקום ממנו מתחיל שדה רחוק. לאנטנות גדולות מחצי אורך גל A: שטח האנטנה
משוואת השידור של Friis	$P_r/P_t = G_t \cdot G_r \cdot (\lambda/4\pi R)^2$	P _t הספק ניקלט, P _r הספק משודר, G _t , שטח אנטנה מושדרת, G _r שטח אנטנה קולטת, R מרחק בין האנטנות



$1w=30db, 5w=37db$ $, 10w=40db, 20w=43db,$ $40w=46db$	$10 \frac{W}{m^2} = 10 \frac{10^3 mW}{10^4 cm^2} = 1 \frac{mW}{cm^2}$ $1 \frac{W}{m^2} = \frac{10^6 \mu W}{10^4 cm^2} = 100 \frac{\mu W}{cm^2}$	קשר בין יחידות
n- מקדם השבירה של החומר c-מהירות האור בריק	$V=c/n \quad n \geq 1$	מהירות התקדמות הגל בתווך
	$n = \sqrt{\epsilon_r \mu_r}$	מקדם השבירה n
(0.1-300Hz) ELF		
$1T=1web/m^2, 1G=10^{-4}T,$ $1T=10,000G=10^4G, 1G=80A/m$ $1A/m=1N/web$ $1T=1Web/m^2=10^4G$	$1mG = 80 \frac{mA}{m} \quad 1G=80A/m$ $10mG = 10^{-6}T = 1\mu T$ $1mG = 0.1\mu T$	קשר בין יחידות
מקדם המגנטיות $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ ביחידות טסלה כל משוואת עם μ_0 ביחידות טסלה	$\vec{B}[r] = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \quad \vec{B}[mG] = \frac{2I}{r}$	השדה סביב תיל אינסופי בעל זרם I ובמרחק r ממנו (בהנחה שמרחק המרווח קטן מאוד מאורך התיל)
תוצאה ביחידות mG	$\vec{B}[mG] = 2I \frac{L}{r\sqrt{L^2 + r^2}}$	השדה מתיל סופי בעל אורך L, זרם I ובמרחק r ממנו
N מס' ליפופים, R=רדיוס הטבעת הזרם I B=השראות מגנטית ביחידות טסלה	$B[T] = \mu_0 NI / 2R$	השדה המגנטי במרכז טבעת דקה- השדה בשטח התך של טבעת דקה אינו אחיד
אורך הסליל - L (מספר הליפופים - N זרם - I לפעמים יחליפו את הנתון N/L בנתון משולב שהוא צפיפות הליפופים או מס ליפופים ליחידת אורך	$B = \mu_0 I \frac{N}{L}$	שדה מגנטי בתוך סילונית-כאן השדה הוא אחיד לאורך התך ולכל אורך הסלילית בתנאי שאנו רחוקים מקצוות הסלילית.
תוצאה ביחידות mG d: מרחק בין הגידים r: מרחק נקודת הבוחן מהגידים	$r \gg d \Rightarrow \vec{B}[mG] = \frac{2I}{r^2} \cdot d$	השדה משני תילים בעלי זרמים זהים ובכיוונים מנוגדים, המרחק ביניהם d, זרם I, ובמרחק r מהם
תוצאה ביחידות mG	$\vec{B}[mG] \dots \sim \sqrt{6} \frac{I \cdot d}{r^2} \rightarrow \dots$ $\vec{B}[mG] \dots \sim \sqrt{12} \frac{I \cdot d}{r^2} \rightarrow \dots$	שדה מגנטי כתוצאה ממערכת תלת פאזית בסידור משולש או ישר
$B_1 = 1mG \quad B_{max} < 4mG$ B_w - חשיפה כעבודה, החשיפה בסמוך למהקן B_0 =חשיפה בשאר הזמן ביממה	$B_{24שעות} = \frac{B_w \cdot T + B_0 \cdot (24 - T)}{24}$	רמת החשיפה הממוצעת על פני 24 שעות, סך החשיפה המומלצת ביממה
T- זמן בשעות. אין להשתמש בנוסחאות אלו כאשר זמן השהיה קטן משעה ועבור חשיפה קטנה מ-1mG	$T < \frac{72}{B_w - 1}$	זמני שהייה מומלצים לחשיפה ממושכת, אם ידוע רמת החשיפה Bw יש להגביל את זמן השהיה ל-T
שדה השראות D מתאר אך שדה חשמלי E משפיע על סידור המטענים החשמליים בתווך נתון.	$D = \epsilon \cdot E$	השראות חשמלית D שווה למקדם הדיאלקטרי של החומר ϵ כפול השדה חשמלי E
כאשר ווקטור השדה מקביל לווקטור המשטח המכפלה סקלרית. במעגל - $A = \pi R^2$	$\Phi_{[web]} = A \cdot B \cdot \cos\theta$	שטף מגנטי Φ הוא מכפלה ווקטורית בין המשטח A לבין השדה המגנטי העובר דרכו B.
B עוצמת שדה השראות המגנטית H עוצמת שדה המגנטי	$B[T] = \mu_0 \cdot H \quad \mu_0 = B/H$	מקדם המגנטיות של הריק מוגדר כחס בן עוצמת שדה השראות המגנטית לעוצמת השדה המגנטי בריק



גורמי שגיאה במדידות RF

1. בנוסף לשגיאות שעלולים להעשות בבדיקה עם נתח
2. ספקטרום, יש בעיות נוספות במדידה עם המכשיר הפשוט:
3. אינטרקציה בין הפרוב (אנטנת המדידה) למקור הנמדד ואו
4. להחזרות (השתקפויות).
5. אינטרקציה בין הכבל ואו מוליכים אחרים למכשיר המדידה.
6. חוסר ידיעה של תדרי המערכות הפועלות בסביבה.
7. התייחסות המכשיר לסוג השידור [איפנון רציף או פרצים].
8. השפעות של גלים עומדים ותופעות רב נתיב.
9. חוסר יציבות (תזזיתיות) של השדות הנמדדים.
10. סחיפה מאיפוס ובעיות של איפוס.
11. שריפת החיישן (האנטנה).
12. תגובות מחוץ לטווח המדידה.

בבדיקה בתחום התדרים 100 קה"ץ עד 3 מה"ץ (גלים ארוכים ובינוניים), יש לבודד חשמלית את המכשיר מבחון המדידה (הפרוב =אנטנת המדידה) למקור הנמדד:

1. להשתמש בסיב אופטי במקום מוליכי מתכת.
2. להעמיד את הפרוב על מעמד (חצובה) מחומר לא מתכתי.
3. בכדי למנוע אינטרקציה בין הכבל ואו מוליכים אחרים
4. למכשיר המדידה.
5. ביצוע המדידה הרחק ממתכות ומבנים המכילים מתכות.
6. שים לב כי מרבית מכשירי המדידה אינם מותאמים לתחומי
7. תדרים אלו. נדרשת הכנה וחישובים מראש בבדיקות
8. בתחומים אלו.
9. בבדיקות אלו אפילו ספק הכח אסור בשימוש כי הוא אנטנה!

• בבדיקה בתחום התדרים 50 מה"ץ עד 300 יש לבודד חשמלית את הבחון במדידה (הפרוב =אנטנת המדידה) מגוף המודד, והמודד צריך להתרחק בגופו ככל האפשר מן האלמנט הנמדד על כן מומלץ:

1. להעמיד את הפרוב והמודד על מעמד לא מתכתי.
2. בכדי למנוע אינטרקציה בין הכבל ואו מוליכים
3. אחרים למכשיר המדידה.
4. גוף האדם מהווה רפלקטור המשפיע על תוצאות
5. המדידה.
7. המדידה משתנה במהירות עם תזוזה של הגוף.
8. גוף האדם מהווה רפלקטור או מחולל מחדש,
9. המשפיע על תוצאות המדידה.
10. מדידה משתנה עקב הזזת האנטנה, בגלל שיוצרים
11. שינוי בשדות הסטאטיים. שינוי זה מתווסף וקטורית למדידה.
12. המערכת מגיבה לא נכון בגלל שהבחון והמכשיר אינם באותו פוטנציאל.



הנחיות המשרד להגנת הסביבה

הנחיות 2006 המשרד להג"ס לביצוע מדידות קרינה RF

ציוד נדרש: מד קרינה רחב סרט, נתח תדרים, סט אנטנות מכווילות (עם טבלת K פקטור), מד נ"צ, מד מרחק. מצלמה..

תדרי RF גבוהים מ GHz40	תדרי RF גבוהים עד 10MHz G40		תדרי RF נמוכים עד 10MHz K	הרכיב
	מעל 30 מה"ץ	מתחת 30 מה"ץ		
איזוטרופי				חיישן 1
חובה				חצובה מבודדת
מהקרקע 1.80 מטר				גובה חיישן בחוץ
מהקרקע 0.5 עד 1.80 מטר או בגובה ציוד מציל חיים, בגובה מיטה, בגובה שולחן עבודה				גובה חיישן במבנה
מרחקי בטיחות ושדה קרוב				עיון במפה והערכה
במקומות בהן לפי חישוב תיאורטי עלולה להיות חריגה לפי ICNIRP, בעיקר מקומות מאוכלסים קבוע ונגישים.		במקומות בהן צפויה חשיפה יותר מ-6 דקות ברציפות.		קביעת נקודות מדידה
להתרחק ככל האפשר מגופים מתכתיים כגון גדרות, מכוניות, קווי תקשורת ומתח נמוך. כאשר אין ברירה ובדקים בקרבת קווים יש לשלול את השפעתם. לפחות 35 מ' מקווי מתח על או מתח גבוה.		להתרחק לפחות 10 מ' מגופים מתכתיים כגון גדרות, מכוניות, קווי תקשורת ומתח נמוך. לפחות 35 מ' מקווי מתח על או מתח גבוה.		בשטח פתוח נקודות מדידה
מקומות בהן יש שהייה ממושכת כגון חלונות ומרפסות. מול פתחים, בנקודה הקרובה ביותר למקור השידור				בשטח מאוכלס נקודות מדידה
למקור השידור או בנקודה בה נמצא ממצא מכסימלי.				
קו ראייה למקור השידור		לפחות 10 ס"מ מקירות וחצי מטר מפניות החדרים		בכל נקודות המדידה
למצוא נקודת מכסימום ליד חלון או פתח בדרך כלל		נקודה הנגישה הקרובה ביותר לציבור הרחב, למתקן השידור.		
ככל האפשר בשדה רחוק.				
חיישן 1 - בעת ביצוע המדידה להתרחק עם הגוף מהאנטנה				
מדידת שדה חשמלי E וולט למטר.		מדידת שדה מגנטי H אמפר למטר		שילבי ביצוע המדידה
עוצמת שדה אלקטרומגנטי S ואט למ"ר לצורך הערכה מהירה ניתן למדוד רק את השדה החשמלי ולאחר מכן להשלים המדידה כנדרש.				
אם יש צורך לפי התוצאות לעבור לחיישן 2				
אם התוצאה עד 1% מהסף הבריאותי של ICNIRP = תוצאה מעל 1% תירשם כערך				
תוצאה מעל 2% לבצע מיצוע של דקה במקום המחמיר ותירשם כערך				
תוצאה מעל 9% לבצע מיצוע של 6 דקות במקום המחמיר ותירשם כערך, אפשר להחליף חיישן לחיישן 2				
תוצאה גבוהה מ 200 מיקרו ואט לסמ"ר (=20אט למ"ר) יש לזהות את מקור השידור וחלקו היחסי מתוך התוצאה שנמדדה בחיישן 1				תוצאות מדידה חיישן 1
אנטנה מכווילת (עם טבלת K פקטור) כיוונית שמטרתה לזהות בעזרת נתח הספקטרום תדר ועוצמת שדה ממקור שידור ספציפי.				
מזהים את מקור השידור, כיוונו והעוצמות אותן הוא פולט.				
אם יש כמה מקורות הבדיקה תתבצע למכסימום של כל מקור.				חיישן 2 (3, 4, או 5)

אם התוצאה חריגה באופן קיצוני לדווח למשרד להגנת הסביבה