

30 ינואר 2007

עדכון אחרון: 26 לינואר 2011

בטיחות קרינה – השפעה מסרטנת של קרינת רדיו ומכ"ם

סיכום נושאים הרלוונטיים לצה"ל ולתעשייה

מיכאל פלג

1 כללי

סיכום זה מציג מדגם של המחקרים והכתבות המעלות חשד כבד של השפעה מסרטנת של קרינת רדיו ומכ"ם. חומר זה מחייב נקיטת צעדי זהירות, במיוחד ביישומים צבאיים החושפים חיילים ועובדים לרמות קרינה וסוגי קרינה שלא מקובלים במגזר האזרחי. סיכום זה מתמקד בסיכוני קרינה בצה"ל ובתעשייה ומסתיים בהצעה לצעדי שיפור רצויים, חלקם למיטב הבנתי מחוייבים ע"י החוקים בישראל שעדיין ממתינים ליישום בצה"ל ובתעשייה (נכון ל-2011).

המאמרים אליהם מפנה מסמך זה נגישים ע"י קישורים בפורמט [x].

עצם ההשפעה המסרטנת נמצאת במחלוקת מדעית ופוליטית בעולם. עם זאת החשד הכבד העולה מהמחקרים מחייב צעדי תיקון גם ללא הכרעה של הנושא עם ביטחון מדעי מושלם.

החומר הקיים בארץ ובעולם הוא עצום ולכן סיכום זה מהווה במקרה הטוב דגימה של המידע הקיים. סיכום שלם מחייב השקעה של חדשים של עבודה של צוות רב-תחומי. ראה לדוגמה סיכום של וועדה מדעית של ממשלת שוויץ [48] המוצאת שקרינת רדיו היא גורם מסרטן אפשרי. דוגמאות של סקירות נוספות הזמינות בעולם רשומות בסוף מסמך זה.

המומחיות הנדרשת להבנה מקצועית של נושא זה הינה בתחום הביולוגיה, אפידמיולוגיה ורפואה. מומלץ על כן לקרא את מאמרי הסקירה של מומחים ישראלים ב- [29], [29a] (דר' זמיר שליט"א) ובסוף של [30] (פרופסור אליהו ריכטר) המנתחים את הנושא מנקודת מבט מקצועית הרבה יותר מסקירה זו. מסקנתם החד- משמעית היא שיש להקטין בדחיפות את רמות החשיפה לקרינת רדיו בגלל חשד כבד מאוד להשפעה מסרטנת.

לסקירה נרחבת של נושא קרינת רדיו וטלפון סלולארי הכוללת מחקרים בעולם ובישראל, רמות קרינה מותרות במקומות שונים בעולם, סיכומי דיון של ועדות הכנסת, מסמכים הקשורים לחקיקה בנושא ועוד, נא ראו את [הדף של דורון טל](#). ראיונות איתי בתוכנית "בדרך אל הטבע" של מיכאל מירו בקול ישראל נמצאים [כאן](#) (2008) ו**כאן** (2007).

2 מבוא-תקנים ועוצמות

פרק זה מציג מספר תקני קרינה בארץ ובעולם. ההבדלים העצומים בין התקנים מדגימים את ההתייחסות השונה מאוד במקומות שונים גם לסיכוני הקרינה וגם לערך חיי אדם. הספים תקפים לתדר של 1GHz.

2.1 ICNIRP Occupational threshold, 2500 microwatts/cm²

סף תעסוקתי זה [2] נקבע על בסיס עוצמות קרינה המעלות את הטמפרטורה של גוף האדם הנמצא במנוחה במעלת צלזיוס אחת למרות פעולת מנגנוני הוויסות של הגוף המתאמצים למנוע עליית טמפרטורה זו. העוצמה בתקן מונמכת ביחס של 2 עד 10 כדי לאפשר פעילות גופנית של החייל, שרידות במזג אוויר חם, חימום לא אחיד של רקמות וכדומה. סף קרינה גבוה זה תקף היום לקבוצות של חיילי צה"ל החשופים לקרינה חזקה במסגרת תפקידם. ראה גם [15].

2.2 ICNIRP_General public threshold, 500 microwatts/cm²

סף זה, המיועד לציבור הרחב, מונמך פי 5 ביחס לסף התעסוקתי. ההנמכה מוסברת ב[2] ע"י היות האדם לא מודע לסכנה ולא נזהר להימנע ממנה ואולי משתמש באלכוהול ולא בתרופות.

2.3 עוצמות קרינה עליהם מיוחסת השפעה מסרטנת בדיווחים ובמחקרים שונים. החל מ 3 עד

10 microwatts/cm²

יפורט בסעיפים בהמשך.
במחקר ברמת התא הבודד [54] יש אינדיקציה לסיכון ברמה נמוכה עוד יותר של 2.4 מיקרו-ווט לס"מ מרובע.

2.4 השפעות לא תרמיות אחרות

השפעות מזיקות נוספות על בני אדם דווחו במקורות רבים. הם לא נושא של סקירה זו.

2.5 הסף הסביבתי של המשרד להגנת הסביבה בישראל, 50 microwatts/cm².

סף זה [33] נקבע ע"י הפעלת עקרון הזהירות המונעת בגלל חשש להשפעות לא תרמיות של קרינת רדיו. בישראל הוא משמש להגבלת חשיפת הציבור לקרינת רדיו ממקורות שונים. סף זה כלול בתקנות הקרינה הבלתי מייננת בישראל שהותקנו ע"י המשרד להגנת הסביבה מתוקף [חוק הקרינה הבלתי מייננת](#) בישראל, אושרו ע"י וועדת הכנסת ונאכפות בפועל ע"י המשרד להגנת הסביבה למרות שגירסת התקנות החלקית שפורסמה בתחילת 2009 מחיבות השלמה והספים החסרים בתקנות [מפורסמים בנפרד ע"י המשרד להגנת הסביבה](#), ראה את [דו"ח מבקר המדינה ממאי 2009](#).

2.6 תקנות בטיחות קרינה בשוויץ [47a], איטליה [47] ומדינות נוספות,

מכתיבות ערכי סף נמוכים לחשיפה, בתחום: 2.5 to 10 microwatts/cm²

ארצות אלו דואגות לשלום אזרחיהן יותר מאיתנו. ראה תקנות מתאימות [47], [47a].

ראה גם [44] המציין שהתקנים במזרח אירופה מכתיבים ערכי סף לחשיפה נמוכים בהרבה ביחס למערה אירופה. מאמר זה, [44], אינו מאזכר במפורש את התקנים בשוויץ, איטליה, בלגיה ועוד.

[החלטה של הפרלמנט האירופאי](#) מ-2008 להחליף את תקנות הקרינה המיושנות (obsolete) באירופה בתקנות בטוחות יותר בעיקבות [דו"ח bioinitiative](#) הינה תחילת הדרך לקטנה משמעותית של רמות הקרינה המותרות ביתר מדינות האיחוד האירופאי.

בית המחוקקים של ליכטנשטיין קיבל [החלטה](#) לצמצם עד 2013 את חשיפת אזרחי המדינה ל-0.1 microwatts/cm².

, הרמה המומלצת ע"י [דו"ח Bioinitiative](#).

2.7 חשיפה אופיינית מאנטנות ממסר סלולריות ברחובות תל-אביב - יפו, $1 \text{ microwatts/cm}^2$

נמדד ב- 2003 ודווח ב"הארץ". יש בכך כדי להסביר מדוע ניתן להקטין את ערכי הסף לרמות המקובלות באירופה ומדוע טלפונים סלולאריים פועלים כל כך טוב בשווייץ, חרף התקנות המחמירות.

2.8 מחאה ציבורית, ירידת ערך זירות ושריפת אנטנות בישראל, $3 \text{ to } 50 \text{ microwatts/cm}^2$

זה מבהיר מה ישראלים חושבים על השפעה של קרינת רדיו על בריאותם ומדגיש את חוסר המוסריות ואת חוסר ההיגיון בחשיפת חיילים לעוצמות קרינה שמעל 5 מיקרו-וואט לסנטימטר מרובע.

2.9 תדרים אחרים וצורות גל מיוחדות

לפי ההנחיות של [2] ICNIRP ניתן לחשוף אנשים לרמות קרינה גבוהות בהרבה מאלו שצוינו במקרים הבאים:

1. תדרים נמוכים. זה מנומק ב[2] ע"י מעבר אנרגיית הקרינה דרך גוף האדם בלי לחממו.
2. תדרים גבוהים. זה מנומק ע"י החזרה של חלק מהקרינה ע"י השכבות העליונות של גוף האדם תוך הקטנת החימום הממוצע.
3. אחוזי זמן שידור נמוכים. זה מנומק ע"י הקטנת החימום ומוביל לאישור עוצמות חשיפה רגעיות גבוהות באופן קיצוני במקרה של מכ"ם פולסים.

העלאות הנ"ל של החשיפה המותרת אינם מוצדקות כאשר נשקלת השפעה מסרטנת, הן תקפות אך ורק לגבי שיקולי חימום.

3 עמדת השלטונות בישראל

עמדת השלטונות בישראל (הכוונה היא למוסדות השלטון הדמוקרטי כגון כנסת, ממשלה ובתי משפט) היתה עד 2007 כי קרינת רדיו ומכ"ם חשודה כמסרטנת מבלי להכריז על כך במפורש. עמדה זו משתקפת מתוך מגוון החלטות ופעולות של מוסדות השלטון. בפרט הותקנו תקנות המקטינות את החשיפה מקרינה מתחנות בסיס על פי שיקול זה, פונו אנטנות של צה"ל שהיו בקרבה מסוכנת מבחינה זו ליישובים מאוכלסים ויש התחלה של חקיקה לפיצוי על הקטנת ערך זירות שמולם הוקמו אנטנות המסכנות את דייריהם. עמדה זו גם בולטת בדיונים של וועדות הכנסת הדנות מידי פעם בנושא, ראה למשל [50], [50a].

ב-2008 פרסם משרד הבריאות המלצה מפורשת [58] [58a] לצמצם את החשיפה מקרינת טלפונים סלולרים בגלל ממצאים מובהקים של השפעה

מסרטנת. זאת בעיקבות המלצה דומה קודמת של האגודה למלחמה בסרטן [55]. שלושה משרדי ממשלה פרסמו ביחד [המלצה](#) לצמצם חשיפה מקרינת רדיו בבתי הספר בישראל. יוצא דופן הכמעט יחיד היא הגישה כלפי חיילי צה"ל לגביהם עד 2009 לא נעשה מאמץ כלשהו להגביל את רמת ההחשיפה אלא אם זו מסכנת אותם ע"י חימום יתר. ב-2010 צה"ל משתמש בתקינה האזרחית לחלק מהחיילים אבל מרשה לעצמו להגדיר קבוצות חיילים החשופים לקרינה עקב תפקידם, המכונות בהנחיות צה"ל "אוכלוסייה תעסוקתית" ולהפעיל עליהם את ספי הקרינה הישנים הגבוהים והמסוכנים של ICNIRP התעסוקתי.

התקינה במגזר האזרחי בישראל עדיין מאפשרת חשיפת בני אדם לרמות קרינה החזקות פי הרבה מהמותר במקומות אחרים כמו איטליה, שווייץ ועוד.

[חוק הקרינה הבלתי מייננת](#) בישראל אמור להגן על אזרחי ישראל, בין היתר, ע"י תקנות של המשרד לאיכות הסביבה. חוק זה (סעיף 31 וסעיף 14) מחייב את צה"ל לנהוג ככל האפשר לפי חוק זה ע"י התקנת תקנות עצמאיות ולא מגן על עובדים המפעילים ציוד קורן במקומות עבודתם. החוקים המגינים גם על העובדים הם חוקי הבטיחות למיניהם המחייבים לקחת בחשבון פל מידע על סיכוני בטיחות כולל למשל גם את המידע בסקירה זו.

4 מחקרים אפידמיולוגים הקשורים לתקשורת תאית

שימוש נרחב בעולם בטלפון תאי מאפשר איסוף מידע אפידמיולוגי על מקרים רבים והסקת מסקנות סטטיסטיות. זה מצב ייחודי ושונה מאוד משימושים צבאיים ברדיו ובמכ"ם.

חלק מהמחקרים מזהים השפעה מסרטנת ומעלים חשד משמעותי של השפעה מסרטנת על המשתמשים בטלפון תאי או הטלפון אלחוטי. המאפיינים העיקריים הם:

- התחלואה היא בדרך כלל רק אחרי 5 או 10 שנים ויותר אחרי תחילת החשיפה. זה מאפיין גם גורמים מסרטנים סביבתיים אחרים המאופיינים ע"י זמן מתחילת החשיפה לתחלואה של 10 עד 30 שנה. על כן מחקרים הבודקים תקופות הקצרות מ-10 שנים לא צפויים להניב תוצאות ורובם אכן לא מניבים תוצאות.
- רוב המחקרים מתרכזים בסרטן המוח ובגידולים בעצבים הקרובים לאוזן כי אלו האזורים המוקרנים ביותר. היות וסרטן המוח אינו נפוץ, מחקר משמעותי חייב להקיף אוכלוסייה גדולה.

מחקרים משמעותיים בתחום זה:

Hardell [3] 2006 מוצא במחקר רב-היקף בשוודיה הגדלת סיכון של עד בערך פי 3 של סרטן מוח אחרי 10 שנים של שימוש כבד בטלפון תאי או אלחוטי.

Hardell [4] 2005 מוצא קשר חזק בין עוצמת השידור ובין הסיכון לגידול ממאיר במוח. (המחבר מציין את הצורך להמשך המחקר על אוכלוסייה גדולה יותר)

Hardell [5] 2005 מוצא קשר סטטיסטי בין תחלואה בסוג של לימפומה ובין שימוש בטלפון תאי. (המחבר מציין את הצורך להמשך המחקר על אוכלוסייה גדולה יותר)

Schuz [7] 2006 מצא קשר בין Glioma ובין שימוש בטלפון תאי אחרי יותר מ-10 שנות שימוש. המחבר טוען שאין להוציא מכך מסקנות. המאמר [9] מציג את התוצאה כבעלת משמעות (מספר מקרים הלא גדול לא מאפשר הסקה בטוחה). [8] Schoemaker, Swerdlow ואחרים מצאו קשר בין שימוש בטלפון תאי ובין גידול בראש המשתמש אחרי 10 שנות שימוש (בערך הכפלת סיכון פי 2). היה ניסיון להמעט במשמעות של תוצאות של מחקר בריטי ענק זה במסגרת interphone ע"י החוקרים עצמם, ראה קבצים שמתחת ל-[8a], [8b]. . (מספר מקרים לא גדול)

Lonn [10] 2005, שבדיה, מוצא קשר בין הגידול Acoustic Neuroma ובין שימוש בטלפון תאי אחרי 10 שנות שימוש ויותר. (מספר מקרים לא גדול)

Sadetzki, 2007, ושותפים [51] זיהו קשר מובהק בין גידולים בבלוטות הרוק ובין שימוש בתלפון סלולארי, כולל עליה בסיכון של עד פי 2 וקשר ברור ומפורט בין מידת החשיפה לסיכון. ראה גם [סקירה בעברית](#).

ב-2009 פורסם בישראל [61] parotid על עליה של פי 3 בתחלואה בסרטן בלוטת הרוק parotid, בלוטת רוק הנמצאת מתחת לאוזן בקירבה למיקום טיפוסי של טלפון נייד. היות ולא נמצאה עליה דומה בסיכון בבלוטות רוק הרחוקות יותר מהאוזן, עליה בשימוש הטלפונים ניידים היא ההסבר הסביר ביותר לעליה בתחלואה. העליה של פי 3 היא לגבי כלל האוכלוסייה, סיכון למשתמש כבד יכול להיות מן הסתם גבוה הרבה יותר.

Hardell פרסם ב-2009 סקירה וניתוח [Hardell meta analysis 2009-62] של מאמרים רבים בנושא. המסקנה שלו הינה עליה עקבית בתחלואה בסוגי סרטן מסויימים בעקבות שימוש בטלפון נייד ובטלפון אלחוטי וסיכון מוגבר לאוכלוסייה הצעירה.

[מאמר נוסף של Hardell מ-2009](#) מדווח על סיכון הגדל עד פי 5 לחלות בסרטן ראש מסויים כתוצאה משימוש ארוך בטלפון אלחוטי וטלפון סלולארי.

[ניתוח של Hardell של תוצאות מחקר interphone](#) מראה שהנתונים המשמשים את interphone היו מניבים מסקנה של השפעה מסרטנת אילו נותחו בשיטות הדומות לאלה של Hardell.

[מחקר יפני מ-2010](#) מדווח על הגדלת סיכון לסרטן מוח מסוים ביחס של כפי-3 כתוצאה משימוש ארוך בטלפון סלולארי.

בחלק מהמחקרים שבוצעו לא נמצא קשר בין סרטן ובין שימוש בטלפונים תאיים. מאמר סקירה [6] מ-2004 מגיע למסקנה שמצד אחד כל מחקר אפידמיולוגי שבחן תקופות של יותר מ-10 שנים מצא השפעה מסרטנת הקשורה לשימוש בטלפון תאי ושמצד שני המחקרים עד 2004 אינם מקיפים מספיק כדי להגיע למסקנה ברורה מספיק. מאמר סקירה [36] מ-2007 באותו נושא כבר ממליץ על נקיטת צעדי זהירות בהקשר לקרינת רדיו בגלל השפעה מסרטנת המסתמנת מרוב המאמרים הבודקים חשיפה של 10 שנים ויותר. בחלק מהמאמרים ההשפעה שנמצאה היא בקשר בין צד הראש בו הופיע הגידול והעדפת צד הראש בזמן השימוש בטלפון סלולארי. זה הקשר המחייב שיטת מחקר זהירות בגלל אפשרות של recall bias של הנשאלים, מה שמבסס אותו הוא אי-הופעתו אחרי מספר שנות שימוש קצר יותר (פחות מ-4 שנים) והעדר זיהוי של הקטנת הסיכון באותו ההפרש בצד השני של הראש [40]. [40] Morgan 2009 מציג נימוקים לאי-זיהוי השפעה מסרטנת בחלק מהמחקרים.

יש סיכום [41] מטעם גוף ארופאי רשמי הסוקר את המידע הקיים שכולל מחקרים שלא מזהים וכן מזהים השפעה מסרטנת. סיכום זה טוען שהקשר

שנתגלה מתרכז רק בהקשר של צד הראש ולכן הוא חלש, אך עיון בטבלאות שבתוך אותו הסיכום לא היה מביא אותי למסקנה זו. ב[41] מופיע הטענה שהסיכון קטן עם התקדמות הטכנולוגיה (מעבר מאנלוגי לספרתי תוך הקטנת הספק שידור ובקרת הספק אוטומטית). , טענה זו תקפה לדיבור בטלפון תאי אך בטח שלא לשימושים צבאיים ולדור השלישי. סקירה של [bioinitiative](#) מציגה ממצעים כבדי משקל על השפעה מסרטנת. [2009 Kundi](#) מגיע למסקנה שסיכום המחקרים עד 2009 נוטה למסקנה של קיום השפעה מסרטנת.

מחקר Interphone הבין לאומי שתוצאותיו פורסמו חלקית ב-2010 מכיל נתונים שלדעת חוקרים רבים מצביעים על השפעה מסרטנת הגדלה פי 1.4 עד פי 2 אחרי 10 שנים של שימוש כבד בסוגי סרטן מוח האיזור הקרוב לטלפון הנייד. ראה את [הסקירה בהארץ](#), את [מאמר INTERPHONE](#) ואת [הניתוח הנוסף](#). בסיכום של המאמר עצמו נכתב שתוצאות המחקר הענק שכלל קבוצות חוקרים במדינות שונות לא בטוחות בגלל שגיאות אפשריות.

לסיכום: מחקרים רבים ומגוונים הבודקים קשר בין סיכון לגידולים בחלק הראש הנחשף לקרינה חזקה ממכשיר טלפון תאי אחרי 10 שנות שימוש מוצאים קשר ברור ועליה **בסיכון מסדר גודל של פי 2** לכמעט כל איבר באיזור זה של הראש שנחקר. (הם עדיין לא מהוים הוכחה מדעית מחלטת).

בעיקבות תוצאות אלו, האגודה למלחמה בסרטן ממליצה בפברואר 2008 [55] לצמצם את החשיפה מטלפונים סלולארים ומשרד הבריאות מפרסם המלצה רשמית דומה [58] [58a] תוך ציון הממצאים המובהקים סטטיסטית על ההשפעה המסרטנת שהובילו להמלצות.

5 השפעת משדרים קבועים על האזרחים השוהים בקרבתם.

יש כתבות ומאמרים המדווחים על תחלואה מוגברת בסרטן בסביבה של משדרים קבועים (רדיו, טלביזיה, תחנות בסיס של תקשורת תאית).

אירוע בולט מהעולם הוא בוטיקן. לאחר מחקר אפידמיולוגי מעמיק, הורשעו אנשי דת בכירים, ראה כתבה [20] ב-IEEE Spectrum.

דוגמאות נוספות הן ב [24a], [24b].

דוגמאות מישראל הם חשד להשפעה מסרטנת מאנטנות ליד נען, צורן, פורת, חיפה, עוספיא (תיאור ב-[29]) וכנראה עוד. ראה לדוגמה את [31].

דוגמה נוספת מנתניה שזכתה לניתוח סטטיסטי משמעותי מדווחת ב-[22] ע"י שני רופאים ישראלים.

דווחים אלו מובילים למסקנה שיש לאמץ את תקני הקרינה המחמירים הנהוגים בשווייץ ובמדינות נוספות כדי להבטיח את שלום התושבים.

6 מנגנונים לתחלואה בסרטן בגלל קרינת רדיו ומכ"ם

הטיעון שהיות וקרינת רדיו אינה מייננת היא אינה מסרטנת הינו אבסורדי ושווה ערך לטיעון שקרינה רדיואקטיבית אינה הורגת כי היא אינה מכילה כדורי רובה. מנגנונים אפשריים להיווצרות סרטן הקשורים לקרינת רדיו ומכ"ם שונים מאלה של קרינה רדיואקטיבית.

בניגוד לפרסומים מסויימים אין שום חוק פיזיקאלי הקובע שקרינת רדיו לא יכולה ליינן, ראה את [ההסבר שלי באנגלית](#), זה לא משנה לצורך סקירה זו כי

קרינת רדיו בעוצמות המקובלות ככל הנראה לא מייננת רקמות חיות והמנגנונים הנחקרים כגורמים לסרטן לא קשורים ליינון.

המנגנונים אינם ידועים בוודאות. יש מגוון רחב של מנגנונים אפשריים הנחקרים עיונית וניסיונית ב[3], [6], [16], [17], [18], [19], [21], [25] וברבים אחרים. קובץ של תקצירים של מספר גדול של מחקרים ומאמרים בנושא השפעת קרינת רדיו על התא החי נמצאת ב-[34]. Friedman. זיהה מנגנון משמעותי מסויים של השפעת הקרינה מפורט ברמת התא הבודד [56].

דוגמאות:

השפעה חזקה על המערכת החיסונית בבני אדם החשופים במסגרת עבודתם הכוללת שינוי בכמויות של כדוריות לבנות ושל תוצרי מערכת החיסון בדם מדווחת ב-[25]. המערכת החיסונית מגיבה ל**חשיפה** לקרינה ע"י שינוי משמעותי בתפקודה.

שינויים ב-DNA (החומר הגנטי של התא) כתוצאה מקרינת רדיו ושל שדות בתדר נמוך יותר מדווחים למשל ב-[21] ובמקורות של [21]. גם Marinelli מצא השפעה על DNA ברמות קרינה נמוכות [53].

המאמרים ב-[17] מדווחים על העצמה ניכרת של השפעות על התא החי, כולל גם על המנגנונים הגנטיים שלו, כאשר קרינה רגילה מוחלפת בפולסים רבי עוצמה (מכ"ם, EMP) בלי להגיע לעוצמות המחממות את התא.

[43] מדווח על בדיקות דם של כ-20 משתמשים בטלפון תאי. נמצאו שינויים גנטיים משמעותיים המראים סיכון בריאותי ביחס לקבוצת הביקורת שלא השתמשה בטלפון תאי.

המאמר של Werner טוען ששינוי מקום של כרומוזום בתוך גרעין התא יכול לגרום לסרטן. המחקר הבא של קורנשטיין מראה השפעה הרבה יותר דרסטית על הכרומוזומים של קרינת רדיו מאשר רק שינוי מקום:

מחקרים של פרופסור רפי קורנשטיין (Korenstein) [26] מראים שברים במבנה הכרומוזומים (Aneuploidy) בתרביות של תאים אנושיים החשופים קצת מעל לתקן בלי לחמם. זה מעורר חשד להשפעה מסרטנת בבני אדם, בייחוד אם נעשה שימוש במיצוע כדי להרשות עוצמת שדה גדולה יותר, ראה סעיף [\[מיצוע העוצמה בזמן\]](#) בהמשך. גם ב-[37] מוצגת הסברה כי-Aneuploidy הינו הגורם הישיר להיווצרות סרטן ללא קשר לקרינת רדיו.

מחקר ישראלי נוסף [46] מזהה מנגנון מולקולארי מפורט ומשמעותי ברמת התא הבודד המופעל באופן ברור ע"י גלי רדיו.

יש מאמרים הבודקים השפעה של איפנון אמפליטודה של הגל המשודר (AM, Amplitude Modulation). שידורי פולסים במכ"ם הינם מקרה קיצוני של AM.

אוסף גדול של מאמרים הדנים על מנגנונים נוספים, חלקם מרכיבים מאוד, נמצא [בסקירה של ICEMS](#).

מחקרים אחרים

בוצעו מספר מחקרים בעכברי מעבדה. חלקם, למשל, [59] מראים השפעה מסרטנת ברורה.

7 הבדלים בין קרינה מתקשורת תאית לקרינה בצהל

המחקרים על תקשורת תאית מראים חשד להשפעה מסרטנת שיכולה לגרום לנפגעים רבים מאוד בגלל מספר המשתמשים הגדול, אך הסיכון האישי למשתמש בודד ממכשיר הטלפון התאי שלו אינו בהכרח גדול מגורמים מסרטנים אחרים (זיהום אוויר ומים, אסבסט, עישון ועוד). לגבי חיילים ביחידות מסוימות ועובדים בתפקידים מסוימים בתעשייה הסיכון יכול להיות קטסטרופאלי (מסדר גודל של 10 אחוז נפגעים) בגלל ההבדלים העצומים בין טלפון תאי לקורנים צבאיים:

1. עוצמת החשיפה לקרינה מקורנים צבאיים קרובה במקרים רבים לתקן ICNIRP הצבאי. חשיפה מתחנות הבסיס של טלפון תאי נמוכה בדך כלל פי 100 עד פי 1000 מערך זה (מלבד לגבי אזרחים חסרי מזל הגרים בסמיכות לתחנות בסיס). התקן הצבאי והתעסוקתי מרשה חשיפה הגבוהה פי 50 מאשר התקנות החלות על יתר האזרחים, ראה [סעיף קודם](#).
 2. חשיפה משידור של טלפון של המנוי שלא משתמש בדיבורית גבוהה רק בחלק קטן מראש המשתמש, בערך החלק ה- $1/50$ מגופן, ראה חישוב ב- [60], והולכת וקטנה עם התפתחות הטכנולוגיה ועם הקטנת מרחקים בין תחנות הבסיס. לפי המחקרים [בסעיף קודם על מחקרים אפידמיולוגיים](#), סיכון להווצרות סרטן באיבר הנחשף באופן זה עולה באופן משמעותי, מסדר גודל של פי 2. הסיכוי המוערך של חייל החשוף לרמת קרינה זו בכל גופן וללא הגבלת זמן לחלות בסרטן כתוצאה מכך גבוה לפחות פי 2 ואולי הרבה יותר מאשר אזרח רגיל. נסכם: משרד הבריאות מזהיר מהשפעה מסרטנת גם כאשר היא הבחלק ה- $1/50$ מגופו של המשתמש, צה"ל לא מנסה להקטין את החשיפה גם כאשר כל גופו של החייל נחשף לקרינה ברמה דומה או גבוהה יותר.
 3. תחום תדרים של הקורנים הצבאיים הוא מאוד רחב, מאוד ייתכן שההשפעה המסרטנת חזקה במיוחד בתחום תדרים כלשהו בו טלפון תאי עדיין לא משתמש.
 4. פולסים רבי עוצמה, כפי שתואר קודם, קיימים בציווד צבאי ולא קיימים בטלפון תאי. יש חשד להשפעה מוגברת של פולסים אלה, התקן של ICNIRP מרשה הגדלת עוצמה שיאית עד פי 1000 ביחס לעוצמה הממוצעת הגבוהה ממילא. ראה הפנייה למקורות בהמשך.
 5. בקורנים הצבאיים נחשף לקרינה חזקה מגוון רחב הרבה יותר של סוגי רקמות. כך שלמשל רקמות מח עצם הקשורות לסרטני המערכת החיסונית והדם נחשפים אצל משתמשים צבאיים הרבה יותר מאשר אצל המדברים בטלפון תאי.
 6. שידור בעוצמה גבוהה מאוד המותרת בתדרים נמוכים משיקולים תרמיים קיים בקורנים צבאיים ולא בטלפון תאי.
- לסיכום:** חיילים ועובדים בתפקידים מסוימים נחשפים לסיכוני קרינה הגבוהים פי הרבה מאלה הנחשבים למסוכנים לכלל האזרחים. היחס הוא פי 50 על פי התקנים והרבה יותר מכך בהתחשב בפולסי מכ"ם וביתר השיקולים שצוינו.

8 האירוע במטווחי אנטנות בישראל

לפחות 5 עובדים צעירים מתוך קבוצה של כ-30 עובדים במטווחי אנטנות חלו בסרטן בין 1982 ל-1995. זו תחלואה חריגה ביותר בקבוצת גיל זו. הנושא והחישובים הסטטיסטיים מפורטים במאמר באנגלית [63]. הסיכוי בקרבם לחלות היה גבוה פי 8 מאשר באוכלוסייה הרגילה, והסיכוי שדבר כזה יקרה במקרה הוא בערך 1:800.

בבניין שכן ובחדרים של אותו בניין שאינו חלק מהמטווח לא הייתה תחלואה חריגה ולא אותר גורם מסרטן אחר.

העובדות והמספרים, ביחד עם נדירות של מתקנים המאופיינים ע"י חשיפה גבוהה כזו של עובדים מהוים אינדיקציה חזקה להשפעה מסרטנת של קרינת רדיו. כמובן שהמקרה הבודד אינו מהווה הוכחה מחלטת להשפעה מסרטנת, אולם ביחד עם המקרים בצה"ל הוא מצדיק חקירה יסודית ונקיטת צעדי מנע.

בלי קשר לניתוח הנ"ל התקבלה חוות דעת מקצועית [12] מהמומחה הבכיר בישראל בתחום זה, פרופסור ריכטר, שעיקרה אינדיקציה חזקה מאוד לקשר בין התחלואה לקרינה במקום.

מאפיינים עיקריים:

- הנפגעים הם עובדים צעירים מתוך קבוצה קטנה החשופה לקרינה חזקה.
- משך הזמן מתחילת החשיפה לתחלואה הוא מסדר גודל של 10 שנים ויותר.
- קשה מאוד לזהות את התופעה בגלל הזמן הרב שעובר, תחלופת אנשים וכדומה. כאשר התופעה מזוהה זה מאוחר מידי.
- אין גורם ישראלי ממסדי שאוסף, מנתח ומפרסם את הממצאים. זה בדרך כלל נעשה ע"י הנפגעים ונראה שיש מקרים דומים במקומות אחרים שלא מדווחים.

היה ניתן לשפר את איכות הנתונים ע"י סקר מדויק יותר על כמה אנשים עבדו במקום, ע"י איסוף נתונים על תדרים, עוצמות וצורות גל וע"י סקר רפואי בקרב העובדים כדי לקדם יותר את הידע בתחום חשוב זה.

בניתוח נתונים מעודכן שבפרסומו השתתפתי ב-2018 תוך השוואת מאפייני תחלואה בקרב קבוצות עובדים וחיילים במקומות שונים בעולם התברר שהתחלואה הנ"ל אכן נגרמה מהקרינה במקום ברמת סמך גבוהה מאוד.

9 מקרים בצה"ל

בישראל יש דיווחים [14] [30] [15] [13] [a 57] על תחלואה מוגברת מאוד בסרטן בקרב קבוצות של חיילים צעירים החשופים במסגרת תפקידם הצבאי לקרינת רדיו ומכ"ם. התוצאות המדווחות הם חמורות מאוד. אחוז הנפגעים בקרב קבוצות אלה הוא לעיתים גבוה מאוד כך שצפוי מראש שחלק מהחיילים המתגייסים לתפקידים אלה יחלו בסרטן עקב שירותם. בנוסף לפגיעה הגופנית המסתיימת בחלק מהמקרים במוות, החיילים לא מוכרים בדרך כלל כנפגעי צהל ועל כל אחד מהם להתמודד עם גורלו לבדו בלי התמיכה הערכית והחומרית הניתנת לפצועים ולנופלים האחרים ולמשפחותיהם.

פרופסור ריכטר הציג בכנסים מדעיים 6 מצבורים של תחלואה בסרטן במערכת הביטחון בישראל החשודים כקשורים לקרינה אלקטרומגנטית, כולל המצבור ברפאל. ראה למשל את [30].

הנושא נידון בהרחבה בדו"ח מבקר המדינה [15] ובכתבת תחקיר של נטע זך [14].

ראה גם [13] לדווח על חייל חולה סרטן בסוללת טילים ואת [13a] המראה את הקושי להסיק מסקנות מוצקות מפרשה זו בהעדר חקירה ממסדית של הנושא.

בשני מקרים לפחות צה"ל חוייב ע"י בית משפט להכיר בחיילים שחלו בסרטן ככל הנראה בגלל קרינת רדיו ומכ"ם כנפגעים עקב שירותם, ראה את הכתבה [14] ואת המקרה של חייל במערך הלוחמה האלקטרונית של ח"א [a 57] עברית, אנגלית [57b], פסק דין [57c].

המאיינים זהים למקרה הרפאלי אלא שמדובר בעשרות עד מאות נפגעים.

הנושא נדון במשך שנים בוועדות הכנסת ועד היום למיטב ידיעתי צהל לא ביצע מחקר אפידמיולוגי ראוי, פומבי ופתוח של הנושא.

להערכתני גם לא בוצעו בדיקות משמעותיות של המקרים האלה בתוך היחידות והמוסדות בהם הם קרו. זה לא משנה הרבה כי בגלל מרכבות הנושא והקושי להגיע למסקנות חד משמעיות רק מחקר המתנהל בשיטות הנהוגות באקדמיה, כולל סקר עמיתים ופרסום מלא ופומבי יכול לקדם את הבנת הנושא.

10 הצורך בקרינה בצהל והמצב בצה"ל

נכון ל- 2009 צה"ל לא עשה כמעט דבר לצמצם את חשיפת החיילים מלבד במקרים של סיכון לפגיעה ע"י חימום רקמות למרות שבמקרים רבים ניתן לצמצם את חשיפת החיילים לקרינה ע"י אמצעים פשוטים כגון הרחקת עמדות ומגורים מאנטנות משדרות וע"י אמצעים טכנים שונים.

בספרות המקצועית בעולם מתוארים תרחישים בהם קיים צורך צבאי מבצעי לשדר בעוצמות גבוהות. גם אז ניתן להגן על החיילים למשל ע"י תכנון קפדני ויצירתי של מתקנים וכלים באופן המקטין את החשיפה של החייל הנמצא במקום המתוכנן לו על הכלי וע"י הקטנת עוצמת השידור לרמה שנדרשת באמת בכל זמן ובכל מצב כולל בקרה אוטומטית וידנית של הספקי שידור והפסקת שידור כאשר אין בו צורך. בדרך כלל אין הצדקה לחשוף בשיגרה ובאימונים חיילים לקרינה החשודה כמסרטנת.

פיסקה זו נכתבה על בסיס תקן הקרינה מבוסס ICNIRP שבשימוש צה"ל, ראה [15]. כמובן איני יודע האם קיימות בצה"ל יחידות בודדות שלמרות זאת מנסות לפעול ככל האפשר לפי התקנים האזרחיים בישראל [33] ובהתחשב בהמלצות משרד הבריאות [58] ומנסות להקטין את חשיפת החיילים ככל האפשר כפי שחוק הקרינה הבלתי מייננת מחייב את צה"ל לעשות. גם במידה וכן זה אינו תחליף יעיל לשיפור ממוסד של המצב בצה"ל בהתאם לממצאים ובהתאם לחוק.

ב-2010 צה"ל משתמש בתקינה האזרחית לגבי חלק מהחיילים תוך יישום חלקי של חוק הקרינה הבלתי מייננת בישראל אך מגדיר את קבוצות החיילים החשופות לקרינה במסגרת תפקידם כ-"אוכלוסייה תעסוקתית" ומשתמש עבורם בתקן ICNIRP הצבאית/תעסוקתית הישן והמסוכן. למרות שימוש במונח "תעסוקתי" צה"ל מפר לגבי חיילים אלה את חוקי הבטיחות של ישראל המחייבים יישום מיידי של צעדי תיקון במקרה כזה של מידע על סיכון חיי אדם. שימוש של צה"ל במונח "אוכלוסייה תעסוקתית" מבלי לפעול לגבי אותן קבוצות חיילים על פי חוקי הבטיחות הישראלים מהווה סתירה מסוכנת.

11 מקרים בצבאות בעולם (וחשיפה תעסוקתית אחרת)

בדומה לישראל, אין הרבה הצלחה לאסוף מידע ממוקד על קבוצות של חיילים החשופים לקרינת רדיו ומכ"ם חזקה במיוחד. חלק מהמחקרים סובלים מדילול התוצאות ע"י הכללת חיילים החשופים לרמות קטנות יותר בתוך המדגמים הסטטיסטיים. למרות זאת יש פרסומים רבים בעולם שחלקם מראים השפעה מסרטנת. ראה רשימות של מאמרים ב-[23a], [23b]. מחקר אפידמיולוגי רחב היקף מצבא פולין [27] מדווח על השפעה מסרטנת חזקה בקרב אנשי קבע החשופים לקרינה במסגרת תפקידם ועל תמותה מוגברת מסרטן בקרבם. המחקר המדווח ב[28] מזהה מקרי סרטן שד החשודים כנגרמים מקרינה בחיל הים של נורבגיה. מחקר על תמותה מסרטן בקרב חיילי צי ארה"ב במלחמת קוראה [42] אינו מגלה השפעה מסרטנת גורפת אלא רק עליה בסוג אחד של סרטן (Nonlymphocytic leukemia) במקצוע צבאי אחד (טכנאי מערכות מוטסות). ייתכן כי הסיבה לאי גילוי השפעה מסרטנת במחקר זה היתה אי התחשבות בנתוני החשיפה של החיילים לקרינה (נתונים אלו לא היו זמינים לחוקרים), כך שקבוצה שסומנה במחקר כנחשפת לקרינה כללה 20000 חיילים, דבר שהיה ממסך תחלואה בסרטן של קבוצות קטנות יותר כפי שדווחו בצה"ל בדו"ח מבקר המדינה. [45] מדווח על תמותה מוגברת מאוד מסרטן בקרב חובבי רדיו אמריקאים.

12 השפעת עוצמת הקרינה

12.1 מה ידוע על השפעת עוצמת הקרינה?

סביר מאוד שהסיכון עולה עם הגדלת עוצמה ומשך זמן של הקרינה, אך הקשר הכמותי הפרטני בין רמת הקרינה לסיכון אינו ידוע. המודלים המקובלים בעולם הם מודל הקשר הליניארי בו הסיכון עולה עם עוצמת הקרינה ומודל הסף.

בקרינה מייננת ובהשפעת מזהמים שונים יש מנגנון ידוע המהווה בסיס לקשר ליניארי (במודל ממושט, כנראה ממושט מידי, פוטון בודד או מולקולה בודדת של זיהום הופכים תא לסרטני), עם כי גם במקרים אלו אין הוכחה לקשר ליניארי בכל מצב ויש טענות שתהליך הפיכת תא לסרטני כולל מספר שלבים.

גם אפקטים של השפעות אקראיות על תהליך הפיכת תא חי לסרטני תומכים בקשר הליניארי.

ייתכן גם שבחלק מהמקרים נדרש לעבור סף מסוים של עוצמת שדה כדי לגרום לשינויים ביולוגיים. היות ומדובר במספר לא קטן של סוגי שינויים ביולוגיים ועל השפעות אקראיות, לא צפוי מודל סף פשוט.

12.2 שיקולים לקביעת סף

1. הדווחים והמחקרים שצויינו במסמך זה, ראה למשל [14], [30], [12], [11], עולה חשד כבד כי חשיפה לקרינה בפועל בעוצמה המותרת בתקן ובאופן תדיר גורמת אחרי כ- 10 שנים לתחלואה מוגברת **באופן קיצוני** בסרטן. העוצמה הגורמת לכך היא איפושהו בתחום שבין 100 ל-2500 מיקרו-ווט לסנטימטר רבוע. מומלץ שהתקן יהיה נמוך פי גורם ביטחון **גדול** מערכים אלו.
2. הספים בשוויץ נקבעו לערכים של 2.5 עד 10 מיקרו-ווט לסנטימטר רבוע. השפעה מסרטנת אפשרית ביחד עם עקרון הזהירות המונעת היו בין השיקולים המוצהרים והמנומקים לספים אלו.
3. נציין כאן מספר דוגמאות של השפעה ביולוגית לא טרמית של רמות קרינה נמוכות העשויות לתרום לקביעת ספי קרינה: Marinelli מצא [53] שינויים ברורים בחומר הגנטי של התאים (DNA) מסוג שיכול להיות קשור לסרטן ברמות קרינה של 2.4 מיקרו-ווט לסנטימטר מרובע אחרי מספר שעות חשיפה. גם **המחקר של פרידמן** זיהה השפעה ביולוגית ברמת התא הבודד החל מחשיפה של מספר דקות לרמות של 5 מיקרו-ווט לסנטימטר רבוע. מחקר מ- [54] 2004 זיהה השפעה על התנהגות של תאים, לא משויכת ישירות לסרטן, ברמות קרינה נמוכות בהרבה של 0.4 volt/meter. יש דוגמאות רבות נוספות.

12.3 מיצוע העוצמה בזמן

- בתקנים מסוימים, כולל ICNIRP, מרשים להגדיל את רמת הקרינה במקרים שבהם היא אינה רצופה. למשל הגדלת רמת הקרינה פי שניים אם היא פעילה רק כל מחצית מכל שנייה.
- זה סביר משיקולים תרמיים, אך חסר בסיס משיקולים ביולוגיים אחרים. על כן מומלץ לא לאשר הגדלה של עוצמת הקרינה בטענה של מיצוע. ב- [17], [18] ו- [19] IEEE מזהות תופעות ביולוגיות חזקות הנגרמות ע"י פולסי קרינה חזקים בעלי עוצמה ממוצעת נמוכה.

12.4 פולסים (מכ"ם)

זה מקרה קיצוני של מיצוע בו התקן של ICNIRP מרשה הגדלה של העוצמת הקרינה הרגעית (השיאית) המותרת ביחסים ענקיים (עד אלף). כל עוד לא הוכח שאין אפקטי סף מומלץ להקפיד על עוצמה שיאית של פולס המכ"ם בגבולות התקן של הפעולה הרציפה.

דוגמאות מספרות:

[17] IEEE הוקדש להצגת מאמרים על השפעות ביולוגיות לא תרמיות של פולסים כגון מכ"ם.

[16] IEEE, מזהה השפעות ביולוגיות לא תרמיות חזקות בחיידקים. [32] מזהה השפעות ביולוגיות של פולסים בתאים של עכברים.

עוצמות רגעיות של קרינת מכ"ם המותרות בתקן הן עמוק בתוך התחום בו המחקרים של פרופסור קורנשטיין [26c] איתרו סימנים חזקים של השפעה מסרטנת על תאי דם אנושיים.

קיימים דיווחים ברמת תיעוד מוגבלת של השפעה מסרטנת של פולס קרינת רדיו כגון זה הנוצר בזמן פיצוץ גרעיני, או הנחקר בארה"ב לצורך השמדת ציוד אלקטרוני בזמן מלחמה ונבדק במעבדות מחקר. ראה את [הדיווח על חברת Boeing](#). הכינו האנגלי הוא (Electro-magnetic impulse (EMP

13 קשר למערכת החיסונית ולמערכת הדם

בקבצים [23] יש מספר מאמרים המראים שינויים משמעותיים ועקביים במספר כדוריות דם לבנות ובחלבוני המערכת החיסונית (נוגדנים) כתוצאה מקרינת רדיו. ראה גם [25], [26]. דוגמה לתחלואה מוגברת בסרטן מסוג זה החשודה כקשורה לקרינת רדיו נמצאת ב-[31]. השפעות על מרכיבי המערכת החיסונית מוצגות ב-[39], הן על תרביות תאים במעבדה והן על עובדים וחיילים שנחשפו לקרינה אמיתית המותרת בתקן ICNIRP.

14 תהליכים של חקירת הנושא

יש מספר תופעות ותהליכים שמעקבים התקדמות של חקר הנושא והסקת מסקנות מדעיות. למשל:

- יש השפעה מסוימת, לא מחלטת, של מממן המחקר על מסקנותיו. ראה ניתוח כמותי של מסקנות מול מימון המחקר ב-[35]. דוגמה מפורסמת נוספת ניתן לראות ב-[8a], [8b] שם החוקרים התעלמו במתכוון מחלק מתוצאות מחקרם המזהות השפעה מסרטנת לצורך פרסום בעיתונות היומית.
- צה"ל ומפעלי תעשייה לא מעודדים, בלשון המעטה, את הנפגעים לדווח על מקרי סרטן החשודים כנגרמים ע"י קרינת רדיו ומכ"ם. גופים אלו מתנגדים באופן פעיל וגלוי לעריכת מחקר מדעי פתוח ומסודר של מקרים אלו, ומקשים על פרסום הנתונים ועל העמדתם לרשות חוקרים באקדמיה. התנגדות זו יעילה מאוד בין היתר כי חלק מהמידע הרלוונטי נמצא בידי גורמים אלו. ראה את דו"ח מבקר המדינה [15], את תמלילי דיונים של ועדות הכנסת שדנו ביישום הדו"ח ואת הכתבה של נטע זך [14].

3. להערכתי אנו רואים רק את קצה הקרחון ורוב המקרים אינם מדווחים. זאת מפני שאין בישראל גורם מוסמך ומוכר האוסף את המידע, בגלל שצה"ל אינו מכיר בנפגעים ותהליך קבלת עזרה מחייב את הנפגע לעבור תהליך משפטי ארוך, מייגע ויקר ובגלל הזמן הרב שעובר בין החשיפה לקרינה לתחלואה שבגללו הנפגעים לא מודעים זה לזה.

15 המלצות לשיפור המצב בצה"ל ובתעשייה

כפי שהוסבר בפרקים הקודמים, חיילים ועובדים בתפקידים מסויימים נחשפים לסיכון קרינה הגדול פי 50 ויותר מהמותר, הנהוג והנחשב **למסוכן** לכלל האזרחים. צעדים חיוניים לשיפור המצב:

1. רמות החשיפה המותרות יהיו, מלבד חריגים מבוקרים ומועטים ככל האפשר, על פי תקנות הקרינה הבלתי מייננת של המשרד להגנת הסביבה (ראה את הסף הסביבתי ב- [33]) (וכללים אחרים החלים על כל אזרחי ישראל, כפי שיתעדכנו מידי פעם, למשל [33] [58a]). בנוסף לכך תוגבל העומצה השיאית (Peak power) של פולסים ללא יותר מפי-10 מהעומצה הממוצעת הקבועה בתקנות הנ"ל. לצורך זה נדרשת עבודה מקצועית פרטנית של תקינה המתאימה לצהל ושימוש במגוון אמצעים להקטנת החשיפה מבלי לפגום ביכולות מבצעיות. בישראל מצוי הידע הנדרש לכך. כל אישור של חריגה מהתקן האזרחי ייבדק בכובד ראש בגלל חשד כבד למקרי סרטן במערכת הביטחון שכבר נגרמו ע"י קרינת רדיו ומכ"ם [12] ו-[14], ויותנה באישור סופי של גוף רפואי והנדסי מקצועי מחוץ לצהל. מעבר לכך יעשה מאמץ להקטין את החשיפה בכל מקרה ומקרה הרבה מתחת לרמות אלו.

2. כל חייל ועובד שנחשף לרמות קרינה שמעל החוק והנוהל החל על שאר האזרחים [33] [58a] זכאי לדעת למה הוא נחשף. לצורך זה צה"ל והמעסיקים יספקו לכל חייל ועובד שנחשף מעל לתקן האזרחי דו"ח המפרט את מאפייני החשיפה (עוצמה ממוצעת ושיאית, משך החשיפה, תחום תדר מקורב ועוד). התועלת היא כפולה: זה יאפשר לפצות חיילים ועובדים שייפגעו מקרינה עודפת במסגרת שירותם / עבודתם, יש לזכור שטיפול בנפגעים במסגרת שירותם הצבאי מחויב בחוק בלי קשר לקרינה וללא הדו"ח הנ"ל צה"ל לא יוכל לקיים חוק זה. יותר חשוב, תוך כ-15 שנה זה יתחיל להניב קווים מנחים לגבי סיכוני הקרינה.

3. ניתור ביולוגי של חיילים החשופים לקרינה כדי לאתר שינויים ביולוגיים המיוחסים במחקרים לקרינה זו במטרה לצמצם את החשיפה של אותה קבוצת חיילים בזמן ולפני התרחשות של פגיעה חמורה. יישום המלצה זו מותנה באיתור הבדיקות המתאימות.

4. מומלץ ליצור מנגנון לבדיקת מקרי תחלואה חריגים בסרטן בצהל ובמקומות העבודה החשודים כקשורים לקרינת רדיו ומכ"ם כגון אלה המתוארים ב-[13] [14] ו-[15]. יש לקבוע את הגוף האקדמי שיבדוק מקרים אלו, את אופן זרימת המידע אל הגוף ואופן עידוד החיילים והעובדים לשתף פעולה ללא חשש שיפגעו באופן מנהלי כלשהו. בדיקת כל המקרים צפויה או לגלות את הסיכון ולאפשר טיפול להקטנתו או לשלול את האפשרות שהמקרים בישראל מראים על נפגעים רבים מקרינת רדיו ומכ"ם (להערכתי התוצאה השנייה אינה צפויה אבל בעיקרון אפשרית). **המצב היום בו מקרים אלו מסתיימים ע"י כתבה בעיתון במקרה הטוב ובהשתקה במקרה הרע בלי בדיקה מדעית מקצועית אינם מביאים כבוד ליכולת המדעית והאתית של ישראל ויש לתקן זאת.**

5. תקני הקרינה של צה"ל ראוי שיהיו מפורסמים לציבור כדי לאפשר שקיפות וכדי לשפר את האמון של הציבור בצה"ל בנושא זה.

קו מנחה כללי לגבי יישום עיקרון הזהירות המונעת לסיכוני קרינה מפורט ב- [BeneventoResolution](#) [38]

מאמרי סקירה של גופים בעולם

<http://www.bioinitiative.org/report/index.htm> קבוצה בין-לאומית של מדענים בכירים [סיכמה](#) את הידוע ממחקרים שהתפרסמו בעולם עד אוגוסט 2007. הדגש היה על מחקרים המראים השפעה ביולוגית לא טרמית, המלצתם היא התאמת התקנים כדי לצמצם את הפגיעה המסתמנת בבריאות הציבור. הדו"ח נמצא [כאן](#).

סיכום של וועדה מדעית של ממשלת שוויץ [48].

[סקירה](#) של פרופסור קומר ההודי ממליצה על צמצום החשיפה בגלל נזקים בריאותיים אפשריים כולל גם סרטן.

אחת הסקירות המוקדמות שפורסמו היא [הסקירה של Dr Neil Cherry](#) מ-2002 עבור הפרלמנט האירופי. זו סקירה נרחבת ויסודית המזהירה בין היתר מהשפעה מסרטנת וממליצה על הקטנת החשיפה לקרינת רדיו.

16 הבעת תודה

תודה לאלה שסייעו בייעוץ ובאיתור חלק מהמקורות.

נעזרתי גם באתרים העוסקים בנושא זה, אחד האיכותיים הוא [49]. תודה לדורון טל על ייעוץ וסיוע טכני.

17 ייצירת קשר

דוא"ל . peleg.michael@gmail.com מתנצל מראש על זמני תגובה ארוכים.

18 קישורים לאתרים העוסקים בנושא

אתרים ישראלים:

- אתר של עמותת אומ"ץאזרחים למען מנהל תקין וצדק חברתי ומשפטי

[פורום בנושא קרינה סלולרית וסרטן](#) אתר איכותי המספק מידע על סיכוני קרינה ועצות מעשיות על הקטנת השיפת אנשים לקרינה.

[קשר בין קרינה לסרטן דר' דני וולף:](#)

[טל דורוןסקירה נרחבת של נושא בטיחות קרינת רדיו וסלולארי הכוללת מחקרים בעולם ובישראל](#), רמות קרינה המותרות במקומות שונים בעולם, סיכומי דיון של ועדות הכנסת, מסמכים הקשורים לחקיקה בנושא ועוד.

[נלחמים על הבית](#)

[NoRad](#) וגם [NORAD של בלוג](#) הם אתרים עדכניים בעברית עם מידע מעניין על קרינה בלתי מייננת.

אתרים בעולם:

<http://www.icems.eu>

<http://www.microwavenews.com>

<http://www.powerwatch.org.uk>

19 רשימת מקורות

[1] Michael Peleg:

Microwave radiation levels and effects on humans at 1000MHz (12 September 2006).

[2] **ICNIRP Guidelines**

GUIDELINES FOR LIMITING EXPOSURE TO TIME-VARYING ELECTRIC, MAGNETIC, AND ELECTROMAGNETIC FIELDS (UP TO 300 GHz)

International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, 1998

[3] Lennart Hardell , Michael Carlberg and Hansson Mild:

"Pooled analysis of two case-control studies on use of cellular and cordless telephones and the risk for malignant brain tumours diagnosed in 1997-2003"

Springer-Verlag 2006, Int Arch Occup Environ Health (2006)

[4] L Hardell, M Carlberg, K Hansson

Use of cellular telephones and brain tumor risk in urban and rural areas

Mild Occup Environ Med 2005; – 394. doi: 10.1136/oem.2004.017434

[5] Hardell L, Eriksson M, Carlberg M, Sundstrom C, Mild KH

Use of cellular or cordless telephones and the risk for non-Hodgkin's lymphoma.

Int Arch Occup Environ Health. Jul 5;:1-8 2005

[6] Michael Kundi,¹ Kjell Hansson Mild,² Lennart Hardell,³ Mats-Olof Mattsson⁴

MOBILE TELEPHONES AND CANCER - A REVIEW OF EPIDEMIOLOGICAL EVIDENCE

Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B, 7:351–384, 2004

[7] Schuz, Joachim; Bohler, Eva; Berg, Gabriele; Schlehofer, Brigitte; Hettinger, Iris; Schlaefer, Klaus; Wahrendorf, Jurgen;

Kunna-Grass, Katharina; Blettner, Maria

Cellular Phones, Cordless Phones, and the Risks of Glioma and Meningioma (Interphone Study Group, Germany)

American Journal of Epidemiology. 163(6):512-520, March 15, 2006

[8] Schoemaker M J, et al, (2005)

Mobile phone use and risk of acoustic neuroma: results of the Interphone case-control study in five North European countries

British Journal of Cancer, September 2005.

[8a] · הארץ: חוקרים השמיטו ממצאים מדאיגים מפרסומי מחקר על הסיכון שבסלולרי

· [8b] Mobile Phones may increase brain cancer

[9] Editor and Publisher: Louis Slesin, PhD

Is There a Ten-Year Latency for Cell Phone Tumor Development?

Microwave News, A Report on Non-Ionizing Radiation, January 2006

[10] Lonn S, Ahlbom A, Hall P, Feychting M.

Mobile phone use and the risk of acoustic neuroma

Institute of Environmental Medicine, Karolinska Institutet, S-171 77 Stockholm, Sweden

related article: Epidemiology. 2004 Nov;15(6):653-9

[11] Michael Peleg

Preliminary Statistical Evaluation of the 5 Cancer Cases

[12] Elihu D Richter MD, MPH

To: Whom it May Concern; Oct 20, 2002

Unit of Occupational and Environmental Medicine Hebrew University-School of Public Health and Community Medicine

[13] איתן גליקמן

תביעה: בגלל המכ"ם של צה"ל יש לי סרטן

פרשת סמ"ר יוסף מילשטיין מירושלים

ידיעות אחרונות 7/3/2003 - ynet חדשות

[13a] נעמה לנסקי

ביותר לארקדי גאידמק נא להכיר: יוסי מילשטיין, 29, היועץ האישי והאיש הקרוב

דה מרקר, הארץ 14/6/2007

[14] נטע זך

עיתון הארץ 31/03/2003 לא בקרב ולא בקישון

"למרות שיעורים גבוהים מאוד של חיילים הנחשפים לקרינה אלקטרומגנטית ולוקים בסרטן - צה"ל מתכחש לבעיה. גם התרעות של מבקר המדינה אינן מועילות, אף שדי בהשקעה לא רבה להתמודד עם הסיכון"

הדו"ח השנתי של מבקר המדינה 52א לשנת 2001, פרק "הטיפול בסיכוני קרינה אלקטרומגנטית בלתי מייננת בצה"ל". [15]

[16] Johnathan L. Kiel, Jill E. Parker, Pedro J. Morales, John L. Alls, Patrick A. Mason, Ronald L. Seaman, Senior Member, IEEE, Satnam P. Mathur, Member, IEEE, and Eric A. Holwitt

Pulsed Microwave Induced Bioeffects

IEEE TRANSACTIONS ON PLASMA SCIENCE, VOL. 28, NO. 1, FEBRUARY 2000 (p.161)

[17] Karl Schoenbach, Robert Barker, Shenggang Liu

Special Issue on Nonthermal Medical/Biological Treatments Using Electromagnetic Fields and Ionized Gases

IEEE TRANSACTIONS ON PLASMA SCIENCE, VOL. 28, NO. 1, FEBRUARY 2000 (p.2)

[18] Changjun Liu, Baoyi Wang, Zishu Wang, and Hong Zhang

Cell Deformation and Increase of Cytotoxicity of Anticancer Drugs Due to Low-Intensity Transient Electromagnetic Pulses

IEEE TRANSACTIONS ON PLASMA SCIENCE, VOL. 28, NO. 1, FEBRUARY 2000 (p.150)

[19] A. L. Gamer, J. Yang, N. Chen, J. Kolb, K. C. Loftin, R. J. Swanson, S. Beebe, R. P. Joshi, and K. H. Schoenbach

Altering Dielectric Properties of Human Cancer Cells by Varying Electrical Pulse Durations

Research funded by an AFOSR DOD MURI grant administered by Old Dominion University, and by an AFOSR grant on bioinspired concepts.

Center for Bioelectrics, Old Dominion University, Norfolk, Virginia 23510; Present Address: Department of Nuclear Engineering and Radiological Sciences, University of Michigan, Ann Arbor, Michigan 48109

[20] Hellemans, A.

Sins of transmission? Vatican radio's high-power antennas stand accused of causing cancer

Spectrum, IEEE, Publication Date: Oct. 2005, Volume: 42, Issue: 10, pages 12- 15

[21] Henry Lai

Genetic Effects of Nonionizing Electromagnetic Fields

Bioelectromagnetics Research Laboratory Department of Bioengineering University of Washington Seattle, WA USA

Paper presented at the "International Workshop on Biological Effects of Ionizing Radiation, Electromagnetic Fields and Chemical Toxic Agents" in Sinaia, Romania, October 2-6, 2001

[22] Ronni Wolf and Danny Wolf

The Dermatology Unit, Kaplan Medical Center, Rechovot, and the Sackler Faculty of Medicine, Tel-Aviv University, Tel-Aviv, ISRAEL. The Pediatric Outpatient Clinic, Hasharon Region, Kupat Holim, ISRAEL.

Increased Incidence of Cancer near a Cell-Phone Transmitter Station

International Journal of Cancer Prevention VOLUME 1, NUMBER 2, APRIL 2004

[23a] Band PR, et. al.

Exposure to EM Radiation from Radar:

Health Implications for Navy Personnel Aviators & other Military Servicemen / Radar Personnel

Am J Epidemiol, Jan 15;143(2):137-43 (1996)

[23b] Band PR et. al. (1996), Budinscak V (1991), Davis RL et. al. (1993), Garland FC et. al. (1987, 1990), Goldsmith JR (1995), Goldoni J (1993), Grayson JK et. al. (1996), Hjollund NH et.al. (1997), Irvine D (1992), Hardell L et. al. (1998), Holly E (1996), Moszczynski P et. al. (1999), Richter ED et. al. (2002), Robinette CD et. al. (1980), Salisbury DA et. al. (1991), Santana VS et. al. (1999), Silva M et. al. (2000), Szmigielski S (1996)

A summary of Exposure to EM Radiation from Radar:

Health Implications for Navy Personnel Aviators, and other Military Servicemen / Radar Personnel

[24a] Horst Eger, Klaus Uwe Hagen, Birgitt Lukas, Peter Vogel, Helmut Voit

The Naila Study – **GSM-Base Stations and Cancer Incidence** - An investigation over a period of ten years

[24b] HOCKING, B et al

Cancer incidence and mortality and proximity to TV towers

Medical Journal of Australia v.165, n.11/12, 1 Dec 1996

[25] Moszczynski P, Lisiewicz J, Dmoch A, Zabinski Z, Bergier L, Rucinska M, Sasiadek U

The effect of various occupational exposures to microwave radiation on the concentrations of immunoglobulins and T lymphocyte subsets

Wiad Lek 52(1-2):30-34, 1999. Wiadmosti Lekarskie [Article in Polish]

[26] Maya Mashevich, Dan Folkman, Amit Kesar, Alexander Barbul, Rafi Korenstein, Eli Jerby,² and Lydia Avivi

RF Induced Chromosomal Instability

Exposure of Human Peripheral Blood Lymphocytes to Electromagnetic Fields Associated With Cellular Phones Leads to Chromosomal Instability

Bioelectromagnetics 2003 Feb 24(2):82-90

[26a] A later comment:

Matcher Mashevich M, Folkman D, Kesar A, Barbul A, Korenstein R, Jerby E, Avivi L.

Exposure of human peripheral blood lymphocytes to electromagnetic fields associated with cellular phones leads to chromosomal instability

Bioelectromagnetics. 2003 Dec;24(8):582; discussion 583-5

[26b] רבקה פרייליך

[קרינה סלולרית גורמת לנזקים גנטיים](#)

כתבה ב- ynet על המחקר של ד"ר קורנשטיין

[26c] Rafi Korenstein, Ronit Mazor, Alexander Barbul, Yael Eshet, Eli Jerbi, Avital Korenstein-Ilan

(1) Dept of Physiology and Pharmacology, Sackler School of Medicine, Tel-Aviv University, Israel

(2) Department of Electrical Engineering - Physical Electronics, Faculty of Engineering, Tel-Aviv University, Israel

S9-2 INDUCTION OF ANEUPLOIDY FOLLOWING 800MHZ CW RADIATION FOR 72 AND 24 HOURS

(preprint)

[27] Szmigielski S.

Department of Biological Effect of Non-Ionizing Radiations, Center for Radiobiology and Radiation Safety at the Military Institute of Hygiene and Epidemiology, Warsaw, Poland

Cancer morbidity in subjects occupationally exposed to high frequency (radiofrequency and microwave) electromagnetic radiation

Sci Total Environ. 1996 Feb 2;180(1):9-17

[28] Kliukiene J, Tynes T, Andersen A.

Follow-up of radio and telegraph operators with exposure to electromagnetic fields and risk of breast cancer

Eur J Cancer Prev. 2003 Aug;12(4):301-7

[29] מסקנות 20 בינואר 2006 / נייר עמדה המותרות רמות [החשיפה](#) מאת ד"ר זמיר פ. שליט"א

[29a] קרינה סלולרית: על נזק מיידי, סרטן, והכחשות מאת ד"ר זמיר פ. שליט"א

[30] Elihu D. Richter, Tamar Berman, Or Levy

Unit of Occupational and Environmental Medicine

Brain cancer with induction periods of less than 10 years in young military radar workers

Archives of Environmental Health, July-August, 2002

[31] Lee Friedman MSc, Z Shalita and ED Richter MD, MPH

Hebrew University-Hadassah School of Public Health and Community Medicine POB 12272 Jerusalem

Zebras or Horses with Stripes: Applying the Precautionary Principle to excess risks in a kibbutz with Environmental Exposures to RF-MW (multiple frequencies)

a presentation made an international conference entitled "The Precautionary EMF Approach: Rationale, Legislation and Implementation", convened by the International Commission for Electromagnetic Safety and hosted by the City of Benevento, Italy, in February 2006

[32] P. W. Sylvester, S. J. Shah, D. T. Haynie, K. P. Briski

School of Pharmacy, University of Louisiana at Monroe, Monroe, LA; †Biomedical Engineering and Physics, Center for Applied Physics Studies, Louisiana Tech University, Ruston, LA

Effects of ultra-wideband electromagnetic pulses on pre-neoplastic mammary epithelial cell proliferation

Blackwell Synergy - Cell Prolif, June 2005, Volume 38 Issue 3 Page 153

[33] ד"ר סטליאן גלברג פרסום של המשרד להגנת הסביבה: [33]

סך רמות [החשיפה](#) בהתאם לתדר.

[33a] ד"ר סטליאן גלברג פרסום של המשרד להגנת הסביבה:

כללים לקביעת סך [החשיפה](#) סביבתי לקרינה אלקטרומגנטית

[34] Aitken RJ, Bennetts LE, Sawyer D, Wiklendt AM, King BV

RFR-Genotoxic Studies: Impact of radio frequency electromagnetic radiation on DNA integrity in the male germline.

International Journal of Andrology, 28:171-179, 2005.

[35] A Report on Non-Ionizing Radiation:

[“Radiation Research” and The Cult of Negative Results](#)

[Microwave News online](#)

[36] Lennart O Hardell, Michael Carlberg, Fredrik Söderqvist, Kjell Hansson Mild and Lloyd L Morgan

Long-term use of cellular phones and brain tumours - increased risk associated with use for > 10 years

Occup. Environ. Med. (online) 4 Apr 2007

[37] Peter Duesberga, Ruhong Lia, Alice Fabariusb, Ruediger Hehlmannb

- Department of Molecular and Cellular Biology, Donner Laboratory, UC Berkeley, Berkeley, Calif., USA;

- Medizinische Klinik Mannheim, University of Heidelberg at Mannheim, Mannheim, Germany

Aneuploidy and Cancer: From Correlation to Causation

Dittmar T, Zaenker KS, Schmidt A (eds): Infection and Inflammation: Impacts on Oncogenesis. Contrib Microbiol. Basel,

Karger, 2006, vol 13, pp 16–44

[38] Benevento Resolution of The International Commission for Electromagnetic Safety (ICEMS) , February 22, 23 & 24, 2006

The International Commission for Electromagnetic Safety (ICEMS) held an international conference entitled .The

Precautionary EMF Approach: Rationale, Legislation and Implementation., hosted by the City of Benevento, Italy, on

February 22, 23 & 24, 2006. The meeting was dedicated to W. Ross Adey, M.D. (1922-2004). The scientists at the

conference endorsed and extended the 2002 Catania Resolution.

[39] S. Szmigielski, E. Sobiczewska, M.P. Dabrowski, W. Stankiewicz

Assessment of immunotropic effect of long-term exposure to radiofrequency and microwave radiation Department of

Microwave Safety. Military Institute of Hygiene and Epidemiology, Warsaw, Poland

[40] Anna Lahkola, Anssi Auvinen, Jani Raitanen, Minouk J. Schoemaker, Helle C. Christensen, Maria Feychting,

Christoffer Johansen, Lars Klæboe, Stefan Lønn, Anthony J. Swerdlow, Tore Tynes and Tiina Salminen

Mobile phone use and risk of glioma in 5 North European countries

Int. J. Cancer: 120, 1769–1775 (2007) © 2007 Wiley-Liss, Inc.

[41] Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks
Possible effects of Electromagnetic Fields (EMF) on Human Health
21 March 2007

[42] Groves et al.
Cancer in Korean War Navy Technicians: Mortality Survey after 40 Years
American Journal of Epidemiology Copyright © 2002 by the Johns Hopkins Bloomberg School of Public Health Vol. 155,
No. 9

[43] Gandhi Gursatej et al: Dept. of Human Genetics, Guru Nanak Dev University, Amritsar 143 005, India
Genetic damage in mobile phone users: some preliminary findings
Indian Journal of Human Genetics, Dev University, Year: 2005 | Volume: 11 | Issue: 2 | Page: 99-104

[44] Roy, Colin R.; Martin, Lindsay J.
A COMPARISON OF IMPORTANT INTERNATIONAL AND NATIONAL STANDARDS FOR LIMITING EXPOSURE TO EMF INCLUDING THE SCIENTIFIC RATIONALE.
Health Physics. The Radiation Safety Journal. 92(6):635-641, June 2007.

[45] Milham S.: "**Increased mortality in amateur radio operators due to lymphatic and hematopoietic malignancies.**"
Am J Epidemiol. 1988 Jan;127(1):50-4.

[46] Joseph Friedman, Sarah Kraus, Yirmi Hauptman, Yoni Schiff and Rony Seger
"Mechanism of a short-term ERK activation by electromagnetic fields at mobile phone frequency"
Biochem. J. (2007) Immediate Publication, doi:10.1042/BJ20061653

[47] Italian Regulation DECREE OF THE PRESIDENT OF THE COUNCIL OF MINISTERS 8 JULY 2003
Establishment of exposure limits, attention values, and quality goals

[47a] Ordinance relating to Protection from Non-Ionising Radiation (ONIR) of 23 December 1999 (as of 1 February 2000)

[48] Summary, FOEN – the Swiss Agency for the Environment, Forests and Landscape (SAEFL), 2007

[49] Microwave News

[50-63] are yet not on this list, they are linked to the reference files in the document.

Project Not Found

[blog](#)