

## 22. חשיפה תעסוקתית לקרינה מייננת

**קרינה מייננת** (כגון פוטונים של קרינת רנטגן או קרינת גמא) או חלקיקית, היא קרינה אלקטרומגנטית המסוגלת לייצר יונים, באופן ישיר או בעקיפין, בעוברת דרך חומר.

קרינת X-Ray (קרינת רנטגן) נוצרת בהפעלת מיכשור חשמלי בעוד שקרינה רדיואקטיבית נובעת מחומר הפולט קרינה מייננת מעצמו.

קרינה מייננת היא קרינה שיש לה אנרגיה ברמה המסוגלת להוציא אלקטרונים מהאטומים של חומר. אחד ממקורות הקרינה הזאת הם אטומים לא יציבים. אטומים אלה, הנקראים גם **איזוטופים רדיואקטיביים**, הופכים ליציבים יותר כתוצאה מפליטת חלקיקים ופוטונים בעלי אנרגיות גבוהות (קרני גמא). תופעה זו נקראת "רדיואקטיביות". איזוטופים בלתי יציבים הם, לדוגמה: ראדון, רדיום, אורניום ותוריום. קיימים גם מקורות קרינה רדיואקטיבית הנובעים מביקוע אטום בכור אטומי, המלווים **בפליטת קרינות אלפא, ביתא וגמא. קרינת X**, כאמור, נובעת מתהליכים המעוררים ע"י מיכשור חשמלי.

**חשיפה תעסוקתית לקרינה מייננת** מתייחסת אך ורק לחשיפת גוף האדם לקרינה מייננת או לזיהום רדיואקטיבי עקב תעסוקה, מקצוע, הכשרה מקצועית, לימודים או מחקר. החשיפה התעסוקתית יכולה להיות חיזונית - ממקור קרינה שמחוץ לגופו של האדם, או פנימית - ממקור קרינה הנמצא בתוך גופו של האדם. החשיפה התעסוקתית אינה כוללת את חשיפת האדם לקרינת רקע טבעית ולקרינות רפואיות שמטרתן טיפול או אבחון בגוף האדם עצמו.

**חשיפת גוף האדם לקרינה מייננת גורמת לנזק ביולוגי** הידוע כבר מתחילת המאה העשרים. היונים - הנוצרים בגוף האדם כתוצאה מפגיעת הקרינה המייננת בו - עשויים לגרום להפרעות במולקולות המרכיבות את התא החי. כתוצאה מהפרעות אלה יכולים להיווצר **שינויים ביו-כימיים וביו-פיזיים המשפיעים על תפקודי התא, ועלולים לגרום למותו של התא או למוטאציות ולשינויים קרצינוגניים (מסרטנים) בלתי רצויים באותו תא**. שלא כמו צורות אחרות של אנרגיה קורנת, הקרינה המייננת מסוגלת להעביר אנרגיה לחומר, לערער את יציבותו על ידי גרימת ספיגה או איבוד אלקטרונים, ועל ידי כך לחולל יינון של אטומים ומולקולות.



## ELECTROMAGNETIC RADIATION SPECTRUM AND RELATED TLVS®

Non-ionizing Radiation										Ionizing Radiation		
Region*	Sub-Radiofrequency	Radiofrequency	Microwave	Infrared			Light	Ultraviolet			X-ray	
Waveband	ELF			IR-C	IR-B	IR-A		UV-A	UV-B	UV-C		
Wavelength	1000 km	10 km	1 m	1 mm	3 μm	1.4 μm	760 nm	400 nm	315 nm	280 nm	180 nm	100 nm
Frequency	300 Hz	30 kHz	300 MHz	300 GHz								
Applicable TLV®	Sub-Radiofrequency	Radiofrequency and Microwave		Light and Near Infrared			Lasers			Ultraviolet	Ionizing Radiation	

\*The boundaries between regions are set by convention and should not be regarded as absolute dividing lines.

ספקטרום הקרינה  
מתוך חוברת ה-ACGIH

→ הקרינה המייננת יכולה, כאמור, להיות אלקטרומגנטית או מורכבת מחלקיקים תת-אטומיים בעלי מאסות ומיטענים חשמליים שונים:

- הקרינה המייננת האלקטרו-מגנטית כוללת את קרני X וקרני גמא המאופיינות באורך גל קצר ותדירות גבוהה. לכן החדירה של קרינה זו לתוך החומר היא גבוהה מאד וניתנת לעצירה רק באמצעות עופרת (מספר סנטימטרים) או בטון (מספר מטרים).
- הקרינה המייננת החלקיקית מורכבת בעיקר מאלקטרונים (קרינת ביתא), נויטרונים וגרעיני הליום (קרינת אלפא).

## סוגי הקרינות המייננות

### קרינת אלפא – $\alpha$

חלקיקי אלפא הם חלקיקים אנרגטיים בעלי מיטען חיובי, בנויים מאטומי הליום שבהם חסרים 2 אלקטרונים. חלקיקי אלפא נפלטים בד"כ מיסודות רדיואקטיביים כבדים כגון: אורניום ורדיום. חלקיקים אלה דועכים במהירות בעקבות איבוד אנרגיה בזמן מעבר דרך חומר. הקרינה עוברת מרחק של כ-6 ס"מ באוויר וניתן לעצור אותה באמצעות דף נייר. קרינת חלקיקי אלפא איננה מסוכנת לעור הגוף. הסיכון בחלקיקים אלה הוא בחדירה לתוך הגוף - בבליעה או בנשימה.

### קרינת ביתא – $\beta$

חלקיקי ביתא הם בעלי מיטען חיובי או שלילי. הם נפלטים מאיזוטופים בלתי יציבים בתהליך התפרקות רדיואקטיבית. החלקיקים נפלטים ממקורות קרינה מלאכותיים או טבעיים כגון: טריטיום, פחמן 14. חלקיקי ביתא נעים במהירות ויכולת החדירה שלהם לחומרים גבוהה יותר מזאת של חלקיקי אלפא. הסיכון העיקרי שבהם הוא בחדירה לגוף (בבליעה ובנשימה), למרות שהם עלולים לגרום לנזק גם בקרינה ממקור חיצוני. ניתן לעצור את החלקיקים האלה באמצעות בגדים עבים או פיסות דקות של מתכת.

### קרינת גמא – $\gamma$

קרינת גמא, כמו קרינת אור וקרינת X, מורכבת ממנות אנרגיה המאופיינות בהיעדר מסה, והנקראות פוטונים. קרינת גמא מתלווה לעיתים לקרינת אלפא וביתא. הקרינה חסרת מיטען חשמלי ויש לה יכולת חדירה גבוהה. מקורות הקרינה כוללים, לדוגמה: פלוטוניום 239 וצסיום 137. קרינת גמא חודרת בקלות לתוך גוף האדם ויוצרת סיכונים. כדי לחסום קרינת גמא בעלת אנרגיה גבוהה, נדרש לוח עופרת בעובי של מספר סנטימטרים, או בטון בעובי מספר מטרים.

### קרינת X

קרינת X מורכבת מפוטונים בעלי אנרגיה גבוהה, המיוצרים בפעולת גומלין בין חלקיקים טעונים לבין חומר. קרינת X וקרינת גמא הן בעלות אותן תכונות, אך, קרינת X נוצרת מתהליך שמקורו מחוץ לגרעין האטום וקרינת גמא נוצרת מתהליכים בתוך הגרעין. רמת האנרגיה של קרינת X נמוכה, בד"כ, מהאנרגיה של קרינת גמא. קרינת X היא קרינה מלאכותית המשמשת בהיקף נרחב של יישומים. קרינות X שונות משמשות בתעשייה לבחינה, לבדיקות, לבקרת תהליכים ועוד. אחד השימושים ברפואה הוא השמדת גידולים סרטניים. מילימטרים ספורים של לוח עופרת יכולים, בד"כ, לחסום קרינות X ביישומים רפואיים.

## קרינות בטבע

קיימת גם חשיפה לקרינות שמקורן בטבע כגון: קרינה מהשמש, קרינה קוסמית מהחלל וקרינה מחומרים רדיואקטיביים הנמצאים על כדור הארץ. החומרים הרדיואקטיביים העיקריים הנמצאים בטבע כוללים: אורניום, תוריום, אשלגן והאיזוטופים שלהם. חומרים אלה פולטים קרינות אלפא, ביתא וגמא. קרינה משמעותית של גז הרדון נפלטת מהאדמה. קרינה קוסמית מהחלל כוללת קרינת פוטונים ואלקטרונים, קרינת גמא וקרינת X.

## יחידות מדידה לרמת החשיפה לקרינה מייננת

■ **1 רנטגן** (מידה ישנה) - זוהי כמות הקרינה אשר יכולה ליצור כ-2 מיליארד זוגות יונים ב-1 סמ"ק של אוויר יבש, בתנאים סטנדרטיים. זוהי יחידת חשיפה לקרינת X או קרינת גמא.

■ היחידות המביעות את **מנת הקרינה הנספגת ע"י רקמות הגוף** כתוצאה מפגיעת הקרינה המייננת בהן, הן:

- **1 ראד (Rad)** - שווה לאנרגיה של 100 ארג הנמסרת ל-1 גרם של ריקמה.

- **1 גריי (Grey, Gy)** - שווה לאנרגיה של 1 ג'אול הנמסרת ל-1 ק"ג של ריקמה.

מכאן ש-1 גריי שווה ל-100 ראד, או:  $1 \text{ rad} = 0,01 \text{ Gy}$

מכיוון שמנה קבועה של קרינה מייננת המורכבת מחלקיקים (אלפא או נויטרונים) גורמת לפגיעה גדולה יותר מאשר מנה של קרינה מייננת שמקורה בקרינת X או גמא, היה צורך למצוא יחידות נוספות, המבטאות את השוני הקיים לגבי ההשפעה הביולוגית של הקרינה המייננת ממקורות שונים. לצורך כך נקבעה יחידה חדשה בשם: **ראם - REM (Rad Equivalent Man)** המודדת את מידת הנזק הביולוגי של הקרינה המייננת. נזק זה יחסי אומנם למנת האנרגיה הנבלעת, אך כאמור, מתברר שקרינות מסוגים שונים (אלפא, ביתא, גמא, נויטרונים וכו') עלולות לגרום לנזק ביולוגי שונה גם כאשר מנת האנרגיה שנמסרה על ידן לרקמות הגוף היתה זהה.

כאשר ההשפעה הביולוגית, במקרה של קרינת גמא, שווה להשפעה של 1 ראד, הרי שלגבי קרינות מסוגים אחרים (אלפא, נויטרונים וכד') - יש לכפול את מנת הקרינה (בראד) **בפקטור** ( $Q = \text{Quality factor}$ ) המייצג את גורם האיכות של הקרינה, והמבטא את ההגברה היחסית של ההשפעה הביולוגית, כמפורט בטבלה להלן:

סוג הקרינה	גורם האיכות Q	סוג הקרינה	גורם האיכות Q
קרינת X או קרינת גמא	1	קרינת פרוטונים	10
קרינת ביתא	1	קרינת נויטרונים מהירים	20
קרינת נויטרונים תרמיים	2.3	קרינת אלפא	20

■ **1 סיוורט (Sivert = Sv)** היא כמות הקרינה מכל סוג, הגורמת להשפעה ביולוגית, המקבילה להשפעת 1 גריי של קרינת גמא. זוהי יחידת שווה ערך המנה המשוקללת.  $1 \text{ Sv} = 100 \text{ Rem}$ ;  $1 \text{ Gy (Grey)} = 100 \text{ Rad}$

■ המונח: "מנת קרינה משוקללת" (Effective dose) - מהווה את סכום מכפלות ערכי "שווה-ערך מנה" (=מידה להשפעה הביולוגית של קרינה מייננת) לרקמות או לאיברים השונים במקדמי השקלול של האיברים, כמפורט להלן:

מקדם השקלול	האיבר/הרקמה	מקדם השקלול	האיבר/הרקמה
0.05	שדיים	0.20	אברי המין
0.05	כבד	0.12	מַח העצם
0.05	ושט	0.12	מעיים
0.05	בלוטת המגן	0.12	ריאות
0.01	העור	0.12	קיבה
0.01	רקמת פני העצם	0.05	שלפוחית השתן
0.05	כל אחד משאר האיברים או הרקמות		

■ המנה הגבולית - מהווה את מנת הקרינה המשוקללת הנמוכה מבין מנות הקרינה לאיברים בודדים שונים. לכן, כאשר האיבר הנחשף הוא איבר בודד, והוא בלבד נחשף, מתקבלים הערכים הבאים מתוך מקדמי השקלול הנזכרים לעיל:

המנה הגבולית לרקמות ואיברים השונים		
מיליסיוורט	ראם	האיבר/הרקמה
50	5	כל הגוף
150	15	עדשות העיניים
200	20	אברי המין
300	30	שדיים
400	40	מַח העצם
400	40	ריאות
500	50	כל איבר או רקמה אחרים, כאשר רק איבר אחד או רקמה אחת נחשפים לקרינה
50	5	כאשר יותר מאיבר אחד או רקמה אחת נחשפו לקרינה, סה"כ מנות הקרינה המשוקללת לפי החישוב שלהלן: חישוב סך כל מנות הקרינה המשוקללת ייעשה על-ידי צירוף המכפלות של מנות הקרינה, שאליהן נחשף כל איבר או רקמה, במקדם השקלול לאותם איבר או רקמה

**הערה:** טבלה מעודכנת של המנות הגבוליות לחשיפה תעסוקתית לקרינה מייננת, אשר עומדת להתפרסם כתיקון לתקנות, מובאת בסוף פרק זה.

■ ה"בקורל" (Bequerel = Bq), מהווה יחידת מדידה של התפרקות רדיואקטיבית: 1 בקורל (Bq) = יחידת אקטיביות (כמות חומר רדיואקטיבי המבוטאת לפי קצב התפרקותו), השווה להתפרקות אחת בשנייה. יחידה זו באה להחליף את היחידה הישנה של "קירי":  $1 \text{ Curie (Ci)} = 3.7 \times 10^{10} \text{ Bequerel}$ .

### ריכוז יחידות של קרינה מייננת

- מא"ו (מיליון-אלקטרון-וולט, MeV) - $10^6$ אלקטרון-וולט;	- בקרל (becquerel, Bq) - יחידת אקטיביות השווה להתפרקות אחת בשנייה;
- רנטגן - יחידת חשיפה לקרינת X או קרינת גמא בכמות היוצרת באוויר יונים חיוביים או שליליים כדי $2.584 \times 10^{-4}$ קולון לק"ג;	- קילו-בקרל (kBq) - $10^3$ בקרל;
- גריי (grey, Gy) - יחידה של מנת הקרינה הנבלעת בשיעור של 1 ג'אול לק"ג;	- מגה-בקרל (MBq) - $10^6$ בקרל;
- מילי-גריי (mGy) - $10^{-3}$ גריי;	- גיגה-בקרל (GBq) - $10^9$ בקרל;
- מיקרו-גריי (mGy) - $10^{-6}$ גריי;	- טרה-בקרל (TBq) - $10^{12}$ בקרל;
- ראד (rad) - 0.01 גריי;	- קירי (curie, Ci) - 37 גיגה-בקרל ( $3.7 \times 10^{10}$ Bq);
- מילי-ראד (mrad) - $10^{-3}$ ראד;	- מילי-קירי (mCi) - 0.001 קירי (37 מגה-בקרל);
- סיוורט (sievert, Sv) - יחידת שקול המנה וכן גם יחידת מנת הקרינה המוכללת;	- מיקרו-קירי (mCi) - $10^{-6}$ קירי (37 קילו-בקרל);
- מילי-סיוורט (mSv) - $10^{-3}$ סיוורט;	- ננו-קירי (nCi) - $10^{-9}$ קירי (37 בקרל);
- מיקרו-סיוורט (mSv) - $10^{-6}$ סיוורט;	- פיקו-קירי (pCi) - $10^{-12}$ קירי (0.037 בקרל);
- ראם (rem) - 0.01 סיוורט;	- אלקטרון-וולט (eV) - יחידת אנרגיה של חלקיקים השווה לאנרגיה הקינטית הנרכשת ע"י אלקטרון שהואץ בריק ע"י מתח של וולט אחד;
- מילי-ראם (mrem) - $10^{-3}$ ראם.	- קא"ו (קילו-אלקטרון-וולט, keV) - $10^3$ אלקטרון-וולט;

## מקורות החשיפה של קרינה מייננת לגוף האדם ובקרה אישית וסביבתית

אדם, שאינו עובד בחשיפה תעסוקתית לקרינה מייננת חשוף דרך קבע לקרינה מייננת מהמקורות הבאים:

■ **קרינת רקע** = קרינה קוסמית + התפרקות יסודות רדיואקטיביים הנמצאים בקליפת כדור הארץ (כגון: אורניום, תוריום, ראדיום, גז ראדון וננותיו) + פליטת קרינה מחומרים רדיואקטיביים הנמצאים באופן טבעי בגוף האדם (אשלגן 40; צסיום 137; פחמן 14).

קרינת הרקע מסתכמת בכ- **80-100 מילי-ראם לשנה**, בגובה פני הים. באזורים הרריים גבוהים, התושבים חשופים לקרינה מייננת רבה יותר ממקור קוסמי, אשר יכולה להגיע עד פי 10 מזו שבגובה פני הים.

■ **קרינה ממכשירים רפואיים** המשמשים לאבחון ולטיפול רפואי (מכוני רנטגן; מכונים לאיזוטופים, וכיו"ב). קרינה זו מוערכת ב- **100-200 מילי-ראם לשנה**.

■ קרינה הנובעת מנשורת רדיואקטיבית של ניסויים גרעיניים: כ-10-20 מילי-ראם לשנה.

■ קרינה הנפלטת תוך הפעלת התעשייה הגרעינית (כורים אטומיים): כ-10 מילי-ראם לשנה. אין מביאים בחישוב זה תקלות גרעיניות.

סה"כ הקרינה מחשיפה לא תעסוקתית מוערך בכ-300-350 מילי-ראם לשנה.

**החשיפה התעסוקתית לקרינה מייננת נוגעת אך ורק לעובדים המועסקים במקומות העבודה הבאים, החשופים לקרינה מייננת ממקורות קרינה הנמצאים בתוך גופו של האדם או מחוץ לגוף האדם (מקורות חתומים או לא חתומים):**

■ **מוסדות רפואיים** (בתי חולים, מרפאות וכיו"ב): איבחון (צילומי רנטגן רגילים וממוחשבים (CT)); צינתור; בדיקות פולשניות של מערכת העיכול; בדיקות אורתופדיות (אורתוגרפיה); בדיקות כלי דם (אנגיוגרפיה); וכיו"ב + טיפול (ניתוחים שונים; רדיותרפיה לחולי סרטן; מרפאות שיניים, וכיו"ב).

■ **מוסדות ללימודים ולמחקר** (אוניברסיטאות, בתי ספר, מכונים, מעבדות, מרכזים למחקר גרעיני, וכיו"ב).

■ **התעשייה הגרעינית** (כורים אטומיים, תחנות כוח גרעיניות, אוניות המונעות ע"י כורים גרעיניים; וכיו"ב).

■ **ביצוע צילומים רדיוגרפיים בתעשייה** (ריתוכים, בדיקת מתכות וכיו"ב).

■ **ביצוע מדידות:** של איכות וטיב (החומר והמוצר), של צפיפות (החומר, הקרקע), של מיפלסי גובה (בתעשיות שונות) וכיו"ב.

■ **ייצור מיכשור מדעי הפולט קרינה מייננת** (מכשירי רנטגן וכיו"ב).

■ **הקרנת מזון**, לצורך עיקור, חיטוי והשמדת חיידקים ומיקרואורגניזמים.

**בדיקות סביבתיות-תעסוקתיות** תבוצענה במקומות העבודה השונים אשר בהם קיימת חשיפה תעסוקתית לקרינה מייננת, **לפחות אחת לשנה**, באמצעות **בודק קרינה מוסמך ממעבדה מוסמכת**. הבדיקות הסביבתיות תכלולנה בין השאר: בדיקת מקורות הקרינה, מיפוי רמות הקרינה באזורי העבודה ובסביבתם, בדיקות לאיתור זיהומים רדיואקטיביים ועוד. אם יימצאו בבדיקות אלה ליקויים - יהיה צורך לתקנם בהקדם האפשרי כדי לשמור על הבטיחות והבריאות של העובדים.

**הבדיקות הסביבתיות** מבוצעות באמצעות מיכשור מיוחד לניטור הקרינה החיצונית (כגון מונה גייגר).

**הבקרה האישית של העובדים החשופים לקרינה מייננת חיצונית** מבוצעת בעזרת תגים מיוחדים שעונדים העובדים על החזה או במקומות שונים על הגוף (דווימטריה אישית) במשך כל זמן העבודה בחשיפה חיצונית למקורות של קרינה מייננת. הדווימטרים האישיים מאפשרים **קביעה של מנת קרינה מוכללת<sup>1</sup> של העובד ואת סוגי הקרינה המייננת שאליהם הוא נחשף. התכיפות של בדיקת הדווימטרים האישיים היא אחת לחודש.**

**במקרה של חשיפה פנימית עקב זיהום רדיואקטיבי פנימי** (כגון מקרינת ביתא), תבוצענה בדיקות רדיוטוקסיקולוגיות בדם ובשתן, לאחר סיום העבודה עם החומרים הרדיואקטיביים (כגון במעבדות רדיו-אימונו-אסיי).

בהתאם לתקנות הקיימות לעוסקים בקרינה מייננת, **"עובד קרינה" הוא אדם שחשיפתו התעסוקתית עלולה לעבור בשנה אחת את עשירית המנה הגבולית (= 0.5 ראם לשנה), ואשר עוסק בעבודות שיש בהן חשיפה לקרינה מייננת לפחות 200 שעות בשנה.**

## **השפעת הקרינה המייננת על גוף האדם**

הקרינה המייננת גורמת לנזק על ידי השפעה ישירה על המולקולות, או בדרך עקיפה - באמצעות תגובה כימית עם המים (65% ממשקל גוף האדם), המהווים חלק ניכר מהרכבן של רוב המערכות הביולוגיות. כאשר תא חי סופג קרינה מייננת, נגרם לו נזק בעיקר עקב היוניזציה ויצירת רדיקלים חופשיים. **קרינות X וקרינת גמא** גורמות לנזק בעיקר ע"י יצירת רדיקלים חופשיים. **קרינת חלקיקים כגון אלפא וביתא** גורמת לנזק בעיקר על ידי יוניזציה.

## **השפעת קרינת X וקרינת גמא על גוף האדם**

**קרינת X וקרינת גמא הן קרינות אלקטרומגנטיות הגורמות ליוניזציה באופן בלתי ישיר, על ידי יצירת רדיקלים חופשיים.** לכן, קיימת העברה של אנרגיית הקרינה לרקמות גוף האדם אשר נחשף לקרינה וספג כמות מסוימת של קרינה מייננת. הפעולה הפיזיקלית הזאת של הקרינות על גוף האדם משפיעה מבחינה פיזיקלית וכימית על התא החי, וגורמת, תוך זמן ממושך יחסית, לנזק בתאים או באיברים השונים.

**קרינת X וקרינת גמא יכולות אם כן לגרום להשפעות מ-2 סוגים על גוף האדם: השפעות סומאטיות (גופניות) והשפעות גנטיות (תורשתיות).**

---

1. "מנת קרינה מוכללת" (Effective Dose Equivalent) = סה"כ ערכי שקלול המנה, מוכפלים בגורמי השקלול המתאימים, לכל הרקמות או האברים השונים שנחשפו



## ההשפעות הסומאטיות (על איברי הגוף השונים)

השפעותיהן אלה של הקרינות פוגעות בכל האיברים ובכל התפקודים הגופניים, תוך גרימת נזקים אשר יכולים להופיע גם עשרות שנים לאחר החשיפה לקרינה. ההשפעות והנזקים של הקרינות יכולים להיות, לדוגמה:

- **על המערכת ההמאטופוייטית (יצירת הדם):** לויקופניה; אנמיה; לויקמיה.
- **על העור:** נשירת שיער; כוויות; דלקת עור (רדיודרמטיטיס); סרטן העור.
- **על העצמות:** נקרוזה של העצמות; סרטן העצם.
- **על עדשת העין:** קטרקט (ירוד).
- **על איברי המין הפנימיים:** עקרות;
- **על עוברים:** מוות תוך רחמי; מיקרוצפאליה; פיגור שכלי; סרטן; ועוד.

## ההשפעות התורשתיות (גנטיות)

נזקי ההשפעות האלה מופיעים אצל צאצאיהם של הורים שספגו קרינות אשר פגעו בתאי הרבייה (רפרודוקציה) שלהם. אלה הן **מוטאציות תורשתיות**, אשר יכולות להופיע בכל דרגות החומרה, **ולגרום למלפורמאציות גנטיות**, כגון: רטינובלסטומה; חרשות-אילמות; קטרקט; המופיליה; וכיו"ב. המחלות התורשתיות (הגנטיות) האלה יכולות להופיע גם לאחר מספר דורות.

## השפעת קרינה כוללת גבוהה על גוף האדם

**קרינה כוללת גבוהה** היא כמות כוללת של קרינה שסופג גוף האדם, שהיא מעל ל-1 גריי (=100 ראד). חשיפת הגוף, שלימה או חלקית, לרמות קרינה גבוהות יכולה לגרום לסידרת תגובות קליניות המוגדרת **כמחלת קרינה חדה**. האנרגיה שמקורה בקרינה המייננת נקלטת בתאים הביולוגיים, יוצרת אינטראקציה עם האטומים והמולקולות וגורמת לשינויים אשר יכולים למצוא את ביטויים ברמת התא, האיבר או הגוף השלם. להלן **הקריטריונים של חומרת ההשפעות על גוף האדם, בהתאם לרמות החשיפה השונות שמקבל הגוף**. כל המקרים והתופעות המפורטים כאן מחייבים טיפול בבית חולים.

- **ברמת חשיפה מעל ל-1 גריי (1 Gy):** הפרעות בדרכי העיכול: בחילות; הקאות; שלשולים; כאבי בטן; דימומים בדרכי העיכול.
- **ברמת חשיפה מעל ל-2.5 גריי (2.5 Gy):** היפרתרמיה.
- **ברמת חשיפה מעל ל-4 גריי (4 Gy):** פגיעה בעור: אריתמה; בצקת.
- **ברמת חשיפה מעל ל-9 גריי (9 Gy):** תופעות נוירולוגיות: בלבול החושים, פירכוסים.

אי לכך, יש צורך להשלים את הבדיקות הקליניות ע"י **ביצוע הבדיקות הרפואיות הנוספות הבאות:**

- **ספירת דם שלמה: אדומה, לבנה, מבדלת; טרומבוציטים; רטיקולוציטים.** יש לחזור עליה מדי יום במשך 4 ימים לפחות.
- **אלקטרואנצפלוגרפיה (EEG).**

## **השפעת קרינה חלקית על גוף האדם**

קרינה חלקית יכולה להשפיע על גוף האדם כדלקמן:

- **מבחינה קלינית:** אריתמה מקומית (אם היא מכסה יותר מ-18% משטח הגוף יש להתייחס אליה כמו במקרה של קרינה כוללת), בצקת, כאבים.
- **מבחינת בדיקות רפואיות:** יש לבצע תמונת דם כללית, לרבות ספירה אדומה, ספירה לבנה ומבדלת, טרומבוציטים ורטיקולוציטים, כדי לאבחן ולטפל בזמן. גם כאן הטיפול חייב להתבצע בבית חולים.

## **קרינה מייננת בתחיקת העבודה הישראלית**

### **תקנות הרוקחים**

**(יסודות רדיואקטיביים ומוצריהם) – 1980 (ק"ת 4090)**

אלה הן תקנות של משרד הבריאות שנועדו לקבוע נהלים לקבלת היתר לגבי עיסוקו של אדם:

- בקרינה מייננת ובלתי מייננת;
- במיתקני קרינה ובמיתקנים רדיואקטיביים;
- בחומרים רדיואקטיביים ובמוצרים המכילים חומרים רדיואקטיביים.

תקנות הרוקחים (יסודות רדיואקטיביים ומוצריהם) - 1980, משמשות כבסיס לפעולות ה"ממונה" ו"המנהל".

### **תקנות הבטיחות בעבודה (גיהות תעסוקתית**

**ובריאות העוסקים בקרינה מיננת), התשנ"ג–1992 (ק"ת 5484)**

תקנות אלה, של משרד התמי"ת עוסקות בבטיחות ובגיהות של העובדים בקרינה מייננת, בבקרה הסביבתית ובבקרה האישית עליהם, וכן בפיקוח הרפואי ובנוהלי הבדיקות הרפואיות של העובדים.

## תקן להגנה מקרינה של הוועדה לאנרגיה אטומית הישראלית

תקן שפירסמה הוועדה לאנרגיה אטומית הישראלית בפברואר 1987 (ילקוט הפרסומים מס' 3432 עמ' 1129).  
הוועדה לשינוי תקנות הבטיחות בעבודה לעוסקים בקרינה מייננת אימצה רשמית את "התקן" ועדכוניו העתידיים, כנוהל מחייב לגבי העובדים בקרינה מייננת.

### פקודת התאונות ומחלות מקצוע (הודעה), 1945 (תוספת: ק"ת 4163, 1980)

הפקודה מחייבת שליחת הודעה למפקח עבודה אזורי על מחלת עובד, מתוך 79 מחלות מקצוע, וביניהן על:  
■ "4.2 - מחלות הנגרמות על ידי קרינה מייננת, לרבות קטרקטה (ירוד) ולויקמיה".

### תקנות הביטוח לאומי (ביטוח מפני פגיעה בעבודה) (תיקון) - 1985 (ק"ת 4867) + (תיקון) - 1996 (ק"ת 5737)

התקנות מפרטות 54 מחלות מקצוע המוכרות לצורך מתן פיצוי עקב פגיעה בעבודה וביניהן גם ב:  
■ "8ב. "מחלות קרינה" - לעובדי רנטגן ולעובדים הבאים במגע עם חומרים רדיואקטיביים."  
■ "10ב. "ירוד (קטרקט)" - מחשיפה לחום גבוה, או לקרינה מייננת או בלתי מייננת."

### תקנות עבודת נשים (עבודות בקרינה מייננת), התשל"ט-1979 (ק"ת 3944)

התקנות קובעות בין היתר:

#### ■ "4. הגבלת חשיפה לאישה בגיל הפוריות

אישה בגיל הפוריות (עד גיל 45) לא תיחשף, במסגרת עבודתה או הכשרתה המקצועית, למנות חשיפה שוות ערך, ממקורות קרינה חיצוניים או פנימיים, בשיעור העולה על 5 ראם לשנה; השיעור החודשי הממוצע של חשיפת אישה כאמור לא יעלה על 0.4 ראם ..."

#### ■ "6. הגבלת חשיפה לאישה בהריון

(א) אישה בהריון לא תיחשף, במסגרת עבודתה או הכשרתה המקצועית, למנת חשיפה שוות ערך, ממקורות קרינה פנימיים או חיצוניים, בשיעור העולה על 1 ראם במשך כל תקופת הריונה;

(ב) השיעור החודשי הממוצע של אשה כאמור לא יעלה על 0.15 ראם."

## תקנות הבטיחות בעבודה (גיהות תעסוקתית ובריאות העוסקים בקרינה מייננת), התשנ"ג-1992

בתאריך 8.12.1992 פורסמו על ידי שר העבודה והרווחה התקנות החדשות בקובץ התקנות 5484, בשם "תקנות הבטיחות בעבודה (גיהות תעסוקתית ובריאות העוסקים בקרינה מייננת), התשנ"ג-1992", אשר מחליפות את התקנות הקודמות שפורסמו ב-1.6.1981. התקנות החדשות נכנסו לתוקף 3 חודשים לאחר פרסומן, כלומר: ב-8.3.1993.

התקנות החדשות מאמצות את הדרישות ואת ההנחיות של התקן להגנה מקרינה של הוועדה לאנרגיה אטומית הישראלית, מפברואר 1987, ואת העדכונים שיתפרסמו מוזמן לזמן בעתיד.

### על מי חלות תקנות הבטיחות בעבודה האלה ומי נחשב כעובד קרינה?

בשינוי מהתקנות הקודמות, נקבע בתקנות החדשות ש"עובד קרינה" הוא כל אדם העוסק בקרינה מייננת, בתנאים הבאים:

1. שחשיפתו התעסוקתית (כלומר: חשיפת גופו לקרינה מייננת או לזיהום רדיואקטיבי, עקב תעסוקה, הכשרה מקצועית, לימודים או מחקר, למעט חשיפתו לקרינת רקע טבעי ולקרינה מטיפול ואיבחון רפואי) עלולה לעבור בשנה אחת את  $1/10$  המנה הגבולית (שהיא 5 ראם לשנה), השווה ל-0.5 ראם לשנה; או -

2. הוא עובד לפחות 200 שעות בשנה באחת או בכמה מהעבודות המפורטות בתוספת השלישית לתקנות (ללא כל התייחסות מיוחדת למנת הקרינה של חשיפתו התעסוקתית, בראם לשנה), המובאות להלן:

- במרפאות, במעבדות ובמכונים רפואיים - אבחון ברנטגן; טיפולים אונקולוגיים (טיפולי הקרנה חיצוניים ופנימיים);

- במעבדות, במכוני מחקר ובמוסדות להשכלה גבוהה - שבהן מפעילים או משתמשים במקורות חזקים לקרינה מייננת ובמקורות ביתא מסוימים;

- במפעלי תעשייה ובחקלאות - בהם מפעילים או משתמשים במקורות רדיוגרפיה, במדידים גרעיניים פולטי קרינה מייננת, בציפוי עדשות בתוריום-פלואוריד, ובתרכובות מסומנות בחומרים רדיואקטיביים פתוחים;

- במסחר ובשירותים - לספקים ומובילים של חומרים רדיואקטיביים פולטי קרינת גמא; לספקים ולנותני שירות לגלאי-עשן; ולמפעלי מכונות שיקוף לצורכי בטחון.

תקנה 21(א) מקנה לשר התמי"ת את הסמכות לפטור מהחלת תקנות אלה (כולן או מקצתן) על מקום עבודה המוחזק בידי המדינה. בד בבד עם פרסום התקנות פורסם בילקוט הפרסומים מסי' 4065 מיום 10.12.1992 פטור חלקי מהחלת תקנות אלה על מקומות עבודה המוחזקים בידי הוועדה לאנרגיה אטומית.

## מהן הגבלות החשיפה לקרינה מייננת?

הגבלות אלה נקבעו בתקנה 2 כדלקמן:

1. החשיפה התעסוקתית לעובד קרינה בתוך תקופה של שנה לא תעלה על המנה הגבולית, שהיא היום 5 ראם (או 50 מיליסיוורט) לשנה, אך יתכן שהיא תורד ל-2 ראם לשנה (או 20 מיליסיוורט) ולא יותר מ- 10 ראם (או 100 מיליסיוורט) ב-5 שנים עוקבות, אם וכאשר המוסדות הבינלאומיים לקרינה מייננת יחליטו על כך.

2. במקרים חריגים, כאשר העבודה המתוכננת בקרינה היא חיונית ואין אפשרות מעשית לבצעה מבלי לחשוף עובד קרינה למנת קרינה שהיא מעבר למנה הגבולית, יוכל המעביד, לאחר שנועץ במפקח קרינה, לאשר:

(1) חשיפה חד-פעמית של עד פעמיים המנה הגבולית.

(2) ובכל חיי עובד הקרינה - צבירת חשיפות חריגות עד כדי 5 פעמים המנה הגבולית.

3. המנה המירבית לצורך הצלת חיים של בני אדם, או למניעת אסון רבתי, תהיה כאמור בתקן להגנה מקרינה של הוועדה לאנרגיה אטומית הישראלית.

4. חשיפת נשים בגיל הפוריות (עד גיל 45 שנה) או נשים בהריון תהיה בהתאם לאמור ב"תקנות עבודת נשים (עבודות בקרינה מייננת), התשל"ט-1979" (ק"ת 3944):

(1) נשים בגיל הפוריות (עד גיל 45 שנה) - 5 ראם לשנה, ו-0.4 ראם לחודש;

(2) נשים בהריון, לכל תקופת ההריון - 1 ראם ו-0.15 ראם לחודש;

5. חשיפה של נוער (עד גיל 18). "תקנות עבודת הנוער (עבודות אסורות ועבודות מוגבלות), התשנ"ו-1995", אוסרות העסקה של נער (עד גיל 18) "בעבודה במכשירי קרינה מייננת ובחומרים רדיואקטיביים או עבודה שבה עלול הנער להיות נתון להשפעת קרינה מייננת."

בהקשר לאמור לעיל:

■ המעביד חייב לנקוט ב"כל פעולה שתהא דרושה כדי למנוע מכל הנמצא בחצרו חשיפה לקרינה מייננת בשיעור העולה על המנה הגבולית בשנה אחת ויפעל ככל הניתן, באמצעים סבירים להקטנת חשיפתם" (תקנה 4(א)12 בתקנות הבטיחות בעבודה לעוסקים בקרינה מייננת).

■ תוצאות שוטפות של חשיפות תעסוקתיות מעל לרמת הרישום (שהיא מנת קרינה לחודש בשיעור של 1/120 ומעלה של המנה הגבולית), יועברו על-ידי המעביד:

- לשירות הרפואי המוסמך;

- למפקח עבודה אזורי;

- לעובדים שנחשפו להן;

- למאגר החשיפות הארצי (תקנה 7 בתקנות הבטיחות בעבודה לעוסקים בקרינה מייננת).

■ עובד שנחשף, מסיבה כלשהי, למנת קרינה העולה על המנה הגבולית, לא יועבד כעובד קרינה אלא אם כן עבר בדיקה רפואית נוספת בידי רופא מורשה (תקנה 10(ג) בתקנות הבטיחות בעבודה לעוסקים בקרינה מייננת).

## מעבדה מוסמכת לבדיקות קרינה

הדרישה לביצוע בדיקות סביבתיות-תעסוקתיות היא חידוש המופיע בתקנות החדשות שלא היה קיים בתקנות הקודמות. בהתאם לתקנה 4(א)4(4) חייב המעביד לערוך בחצרו, אחת לשנה לפחות, **בדיקות סביבתיות תעסוקתיות באמצעות מעבדה מוסמכת לקרינה, לקביעת סיכוני הקרינה בהם לעובדיו.**

עפ"י "תקנות הבטיחות בעבודה (גיהות תעסוקתית ובריאות העוסקים בקרינה), התשנ"ג-1992", תקנה 1 - הגדרות:

"מעבדה מוסמכת לקרינה" - "מעבדה או מכון בעלי יכולת מדעית וטכנולוגית לביצוע בדיקות או שירותים בהגנה מקרינה בנושאים המפורטים בתוספת הראשונה, כולם או חלקם, במקומות עבודה ושהוסמכה בידי מפקח העבודה הראשי, לאחר שנועץ במנהל<sup>2</sup> ובממונה<sup>3</sup>."

הבדיקות הסביבתיות-תעסוקתיות תבוצענה **במעבדה מוסמכת לקרינה** ע"י **בודקי קרינה מוסמכים** שמפקח העבודה הראשי הסמיכם לכך, לאחר שקיבלו הסמכה מטעם מכון מוסמך להדרכה (מכון בעל יכולת מדעית וטכנולוגית בנושאי הגנה מקרינה מייננת, שהוסמך בידי מפקח עבודה ראשי, לאחר שנועץ במנהל ובממונה).

את תוצאות הבדיקות הסביבתיות התעסוקתיות ירשום המעביד **ביומן מעקב**, אשר יימצא בכל עת במקום העבודה, **ולא יבוער 30 שנים לפחות** מיום הרישום האחרון בו.

2. המנהל הכללי של הוועדה לאנרגיה אטומית או מי שהמנהל הסמיך אותו לכך בכתב

3. הממונה על קרינה סביבתית - המתמנה ע"י השר לאיכות הסביבה, או הממונה על קרינה רפואית - המתמנה ע"י שר הבריאות

## תפקידי המעבדה המוסמכת לקרינה

תפקידי המעבדה המוסמכת לקרינה מקיפים 3 תחומים עיקריים:

### 1. בדיקות סביבתיות-תעסוקתיות

- בדיקת תנאי בטיחות הקרינה במקומות העבודה - לרבות מיפוי רמות הקרינה במקומות העבודה וזיהוי זיהומים רדיואקטיביים.
- בדיקת ביצוע מדידה ורישום של מנות קרינה אישיות אצל עובדי קרינה - לרבות בקרה של חשיפה חיצונית לגוף כולו או לאיברים בודדים, וכן זיהוי וקביעה כמותית של זיהום רדיואקטיבי פנימי (רדיוטוקסיקולוגיה);
- בדיקות תקינות וכיול של מיכשור ניטור קרינה;
- בדיקת אמצעי התרעה, שילוט וגידור;
- בדיקות אמצעי בטיחות בקרינה - לרבות אמצעי בקרת קרינה אישיים וסביבתיים, שירותי רדיוגרפיה, אמצעים לפינוי פסולת רדיואקטיבית;
- בדיקת נוהלי בטיחות קרינה לשיגרה ולמצבי חירום.

### 2. שירותי הגנה מקרינה מייננת

- שירות דוזימטריה אישית לבקרה על חשיפה חיצונית לגוף כולו או לאיברים בודדים;
- שירות דוזימטריה אישית לחשיפה פנימית (רדיוטוקסיקולוגיה).

### 3. ייעוץ לבטיחות קרינה

- תכנון אמצעי בטיחות קרינה;
- ייעוץ וסיוע בהכנת נוהלי בטיחות קרינה לשיגרה ולמצבי חרום, ובהכנת תכנית הבטיחות וההדרכה.

## בקרה אישית

עובד קרינה, אשר עקב עיסוקו, לימודיו או הכשרתו המקצועית, עלול להיחשף לקרינה מייננת בשיעור העולה על 3/10 המנה הגבולית בשנה (1.5 ראם לשנה), או שיש לו סיכון לחשיפה חיצונית או פנימית (כמפורט בתוספת השלישית לתקנות הבטיחות בעבודה לעוסקים בקרינה מייננת המתייחסת לכל 4 הקבוצות של מקומות העבודה שהוזכרו בהסבר להגדרת "עובד קרינה") - יבוקר באופן אישי, באמצעות מעבדה מוסמכת לקרינה, כדלקמן:

■ **לגבי עובד הצפוי לחשיפה חיצונית** - הבקרה האישית תהיה באמצעות דו"מטר אישי, שאותו ישא במקומות מתאימים על גופו. הדו"מטר האישי ייקרא בידי מעבדה מוסמכת לקרינה אחת לחודש, אלא עם כן הורה מפקח קרינה על תכיפות אחרת.

■ **לגבי עובד הצפוי לחשיפות פנימיות** עקב זיהום רדיואקטיבי פנימי - הבקרה האישית תכלול בדיקות מתאימות לזיהוי סוג הזיהום והערכת כמותו (בדיקות רדיוטוקסיקולוגיות).

■ **לגבי עובדי קרינה שעיסוקם בחומרים רדיואקטיביים פתוחים** - תכיפות הבדיקות תהיה אחת ל-3 חודשים, אלא אם כן הורה מפקח קרינה על תכיפות אחרת.

**מנות קרינה** (כמות האנרגיה הנבלעת ביחידת מסה של גוף האדם עקב חשיפתו לקרינה מייננת) שנמדדו, לרבות מנה המצביעה על חשיפות תעסוקתיות גבוהות **מרמת הרישום (מנת קרינה לחודש בשיעור של 1/120 ומעלה של המנה הגבולית)**, יירשמו וירכזו בידי המעביד תוך 30 יום מיום מסירתם לבדיקות רדיוטוקסיקולוגיות. כאמור לעיל, המעביד יעביר את התוצאות השוטפות של חשיפות תעסוקתיות מעל לרמת הרישום: לשירות הרפואי המוסמך; למפקח עבודה אזורי; לעובדים שנחשפו להן ולמאגר החשיפות הארצי.

**הרישומים יישמרו בידי המעביד במשך 30 שנה לפחות לאחר שהפסיק העובד את עבודתו כעובד קרינה אצלו, ובידי השירות הרפואי המוסמך במשך 30 שנה לפחות, לאחר שהפסיק העובד את עבודתו כעובד קרינה.**

בהתאם לתקנה 8 מתקנות הבטיחות בעבודה לעוסקים בקרינה מייננת, חייב המעביד (באמצעות הממונה על בטיחות קרינה) **לבדוק את סיבותיה של כל מנת קרינה העולה על:**

$$\text{"רמת הבדיקה"} = \frac{\text{מנה גבולית } 3 \times}{\text{מספר הבדיקות בשנה}}$$

תוצאות הבדיקה יירשמו על טופס מיוחד (המופיע בתוספת השישית לתקנות) שיועבר למפקח עבודה אזורי.

## תחילת עבודה בקרינה מייננת

**בכל מקום עבודה שבו מעבדים חומרים רדיואקטיביים, משתמשים או מחזיקים בהם, וכן בכל מקום שבו מפעילים מכשירי קרינה או מקורות קרינה או מחזיקים בהם, ועקב כך עלולים העובדים שם להיחשף לקרינה מייננת מעל 1/10 המנה הגבולית - המעביד (או בעל מקום העבודה) חייב לנקוט בצעדים הבאים ולפעול כדלקמן:**

1. למסור למפקח עבודה אזורי, **אחת לשנה, תכנית בטיחות**, שאישרה מעבדה מוסמכת לקרינה. התכנית צריכה לכלול כל מידע הנוגע לסיכוני קרינה אישיים וסביבתיים הקיים בחצרים שבהחזקתו.



2. **למנות ממונה בטיחות קרינה** (בעל ידע בטיחות קרינה מייננת ובעל הסמכה מטעם מכון מוסמך להדרכה), בהסכמת הממונה (על קרינה סביבתית או על קרינה רפואית) ומפקח עבודה אזורי.

3. **לספק לעובדים ביגוד מגן, ציוד מגן, מכשירי מדידה וניטור**, וכן אמצעי בטיחות נאותים נוספים בכמויות שאישרה מעבדה מוסמכת לקרינה.

4. **לערוך בחציון, באמצעות מעבדה מוסמכת לקרינה, בדיקות סביבתיות-תעסוקתיות, אחת לשנה לפחות.**

5. **לרשום את תוצאות הבדיקות הסביבתיות-תעסוקתיות**, לרבות **דו"מטריה**, **רדיוטוקסיקולוגיה**, **מיפוי רמות קרינה וכיו"ב**, ביומן מעקב, שיימצא בכל עת במקום העבודה, אשר לא יבוער 30 שנים לפחות מיום הרישום האחרון בו.

6. **להדריך ולאמן, בכתב ובעל-פה אחת לשנה לפחות**, באמצעות ממונה בטיחות הקרינה או באמצעות מכון מוסמך להדרכה, כל עובד קרינה, להנחת דעתו של מפקח הקרינה.

- **"מפקח קרינה"** מתמנה על-ידי שר התמ"ת. היום משמשת בתפקיד זה אינג' רעיסה לאוטרשטיין.

- **"מכון מוסמך להדרכה"** הוא מכון בעל יכולת מדעית וטכנולוגית בנושאי הגנה מקרינה מייננת, מקבל את הסמכתו להדריך ממוני בטיחות קרינה, עובדי קרינה ובודקים מוסמכים, ממפקח העבודה הראשי, לאחר שנועץ במנהל ובממונה.

## **השגחה רפואית ובדיקות רפואיות בהתאם לתקנות**

בתקנות החדשות הוכנסו שינויים מסוימים לעומת התקנות הקודמות:

התקנות החדשות קובעות שלא יועבד אדם בקרינה מייננת אלא אם כן עבר **בדיקה רפואית** ע"י רופא מורשה משירות רפואי מוסמך, שיקבע את התאמתו להתחיל או להמשיך לעבוד בקרינה מייננת:

1. **בדיקה רפואית ראשונית** - בסמוך לתחילת עבודתו;

2. **בדיקה רפואית חוזרת** - אחת לשנה לפחות;

3. **בדיקה רפואית נוספת:**

- לאחר שנעדר מעבודתו מעל ל-60 יום עקב מחלה ממושכת;

- לאחר שנחשף למנת קרינה העולה על המנה הגבולית;

- בחודש הרביעי להריון לגבי עובדת קרינה בהריון.

**"רופא מורשה"** הוא כל רופא מומחה לרפואה תעסוקתית וכן רופא של שירות רפואי מוסמך שהורשה בידי שר התמי"ת בהסכמת שר הבריאות.

**"שירות רפואי מוסמך"** הן כל המרפאות לרפואה תעסוקתית של קופות החולים (שירותי בריאות כללית, מכבי שירותי בריאות וקופ"ח הלאומית), וכן מספר מרפאות של מפעלים, מכונים ובתי חולים שהוסמכו לכך.

## היקף הבדיקות הרפואיות

**היקף הבדיקות לגבי בדיקה רפואית ראשונית, חוזרת או נוספת יהיה:**

- אנמנזה רפואית כללית ותעסוקתית, לרבות התייחסות לטיפול ולבדיקות רנטגן או עם חומרים רדיואקטיביים;
- בדיקה קלינית גופנית כללית, תוך שימת לב מיוחדת לעור, לעיניים, ולמערכת הנשימה;
- בדיקת שתן כללית;
- בדיקת דם לרבות: ספירת דם אדומה, ספירת דם לבנה שלמה ומבדלת, ספירת טרומבוציטים ובדיקת ההמוגלובין;
- בדיקת תפקודי הכבד - בבדיקה ראשונית בלבד;
- בדיקת תפקודי הכליות - בבדיקה ראשונית בלבד;
- בדיקת עיניים, לרבות עדשות העיניים - בבדיקה ראשונית ובעת הפרישה ממקום העבודה, וכמו כן אחת ל-5 שנים לכלל העובדים בקרינה מייננת ואחת ל-3 שנים לעובדי רנטגן; במקרה של חשיפה לנויטרונים או לקרינה של חלקיקים תתייחס הבדיקה המיוחדת לשינויים בעדשות (crystalline lenses);
- צילום רנטגן גדול (סטנדרט) של הריאות ובדיקת תפקודי הריאות, רק במקרה של חשיפה פוטנציאלית לגזים או אבקות רדיואקטיביים - בבדיקה ראשונית בלבד. לאחר מכן על פי שיקול דעתו של הרופא המורשה הבודק. בדיקה זו לא תבוצע באשה הנמצאת בהריון;
- בדיקות רדיוטוקסיקולוגיות - במקרה של חשד לזיהום רדיואקטיבי פנימי;
- בדיקה במונה כל-גופי, לפי שיקול דעתו של הרופא המורשה;
- כל בדיקה קלינית או מעבדתית נוספת, לפי ראות עיניו של הרופא המורשה הבודק.

כל שירות רפואי מוסמך חייב לנהל, לגבי כל עובד קרינה שהוא בודק, "כרטיס בדיקות רפואיות" שבו יירשמו, בין השאר: מנות הקרינה החודשית, השנתית והמצטברת לכל חייו של העובד הנבדק; מימצאי הבדיקות הקליניות והמעבדתיות השונות (לרבות בדיקות רדיוטוקסיקולוגיות) וכן תוצאות הבדיקות הרפואיות, מסקנותיו וחוות דעתו של הרופא המורשה. **השירות הרפואי המוסמך ישמור את כרטיס הבדיקות הרפואיות במשך 30 שנה לפחות**, לאחר שהפסיק העובד את עבודתו כעובד קרינה.

השירות הרפואי המוסמך ינפיק לכל עובד קרינה שהוא בודק "פנקס בריאות" שבו יירשמו, בין השאר, תוצאות הבדיקות הרפואיות השונות של העובד וכן מסקנותיו של הרופא המורשה הבודק, לגבי המשך התאמתו או אי-התאמתו של העובד הנבדק לעבוד כעובד קרינה. פנקס הבריאות יימסר למעביד אשר יחזיקו במקום העבודה לביקורת שירות הפיקוח על העבודה.

**עובד קרינה שלא התייצב לבדיקות רפואיות במקום ובמועד שנקבעו לו, לא יוכל להמשיך לעבוד כעובד קרינה**, אלא אם כן נתן הסבר המניח את דעתו של מפקח עבודה אזורי.

## אי-התאמה לעבוד בקרינה מייננת

הרופא המורשה יקבע, לאור תוצאות הבדיקות הרפואיות, את התאמתו או אי-התאמתו של העובד לעבוד, באופן זמני או קבוע, בקרינה מייננת.

לצורך החלטתו, הרופא המורשה יבדוק, בין השאר, אם מתקיים בעובד לפחות אחד מאלה:

- העובד סובל ממחלת קרינה חריפה;
- נמדדה אצל העובד חשיפה תעסוקתית העולה על המנה הגבולית, והחקירה בגין חריגה זו טרם הסתיימה.
- במקרה של עובדת קרינה הנמצאת בהריון, ונמדדה אצלה מנת קרינה מוכללת מעל למותר.
- נמצאה אצל העובד אי-התאמה אחרת, לדעת הרופא המורשה הבודק.

לאחר שהרופא המורשה הבודק קבע שקיימת אי-התאמה של אדם לעבוד כעובד קרינה, ישלח השירות הרפואי המוסמך הודעה מיוחדת על כך למעביד ולמפקח עבודה אזורי, בדואר רשום, תוך 10 ימים מקביעת אי-ההתאמה. מפקח עבודה אזורי, אשר קיבל את ההודעה, ישלח למעביד בדואר רשום הודעה עם פירוט חובותיו (של המעביד) בעניין איסור העבדת העובד.

מעביד שקיבל הודעה כאמור, יחדל להעביד את העובד כעובד קרינה, תוך שבוע ימים מיום קבלתה, ויפעל לגבי העובד בהתאם להוראות שקיבל ממפקח העבודה האזורי.

**מנות גבוליות לחשיפה תעסוקתית לקרינה מייננת  
ומקדמי שקלול לחישוב מנה אפקטיבית**

הגבלות נוספות	גבול מנה שנתית ב-mSv*	מקדם השיקלול	האיבר/הריקמה	
<b>א. כל עובד מגיל 18 ומעלה (פרט לעובדת בהריון)</b>				
לא יותר מ-100mSv ב-5 שנים עוקבות	50	1.00	כל הגוף או המנה האפקטיבית	1
	150	0	עדשת עין	2
	500	0	גפיים (ידיים ורגליים)	3
	250	0.20	בלוטות המין	4
	400	0.12	מִחַ העצם (האדום)	5
	400	0.12	דופן המעי הגס	6
	400	0.12	ריאות	7
	400	0.12	קיבה	8
	500	0.05	שלפוחית השתן	9
	500	0.05	שדיים	10
	500	0.05	כבד	11
	500	0.05	ושט	12
	500	0.05	בלוטת המגן	13
	500	0.01	עור	14
	500	0.01	פני העצם	15
בקבוצה זו נכללים: בלוטות יותרת הכלייה, מוח, קנה-נשימה, מעיים דקים, כלייה, שריר, לבלב, טחול, בלוטת יותרת המוח ורחם	500	0.05	שאר האיברים (לכל איבר)	16
<b>ב. עובדת בהריון</b>				
מתייחס רק לתקופת ההריון הנותרת לאחר ההודעה	1	1.00	כל הגוף או המנה האפקטיבית	1
	150	0	עדשת העין	2
	500	0	גפיים (ידיים ורגליים)	3

1rem = 0.01Sv = 10mSv \*