

בעלי היתר לשירותי בדיקת גז ראדון, אגף מניעת רעש וקרינה, המשרד להגנת הסביבה
מדינת ישראל
המשרד להגנת הסביבה
אגף מניעת רעש וקרינה


✉ רח' כנפי נשרים 5, ת.ד. 34033, ירושלים 95464 ☎ 02-6495869 📠 02-6495870 www.sviva.gov.il

כ"ז/תשרי/תשע"ב
 25 אוקטובר 2011
 גרסה 166

בעלי היתר לשירותי בדיקות גז ראדון

א. הוראות כלליות לגבי אופן ביצוע הבדיקות

1. מבצעים בדיקות ראדון ע"י בעל היתר מאת המשרד להגנת הסביבה בלבד. ההיתר הינו איש ואינו ניתן להעברה לאדם אחר. בעל ההיתר חייב להזדהות מול מקבל השרות ע"י רשיון עם תמונה שמציין: שם פרטי, שם משפחה, מספר תעודת זהות, מספר ההיתר ותאריך תוקף ההיתר, כלהלן:

מדינת ישראל המשרד לאיכות הסביבה	
 היתר למתן שירותי בדיקות גז ראדון על פי תקנה 8 לתקנות הרוקחים (יסודות רדיאקטיביים ומוצריהם), התש"ם - 1980	
שם פרטי	שם משפחה
ת.ד.	
מס' היתר	תוקף
ד"ר סטליאן גלברג הממונה על קרינה הסביבתית	
תמונה	

זאת לאשר כי נושא תעודה זו הינו בעל היתר
 מהמשרד לאיכות הסביבה, ורשאי לעסוק ב:

מתן שירותי בדיקות גז ראדון

- היתר זה הוא אישי ואינו ניתן להעברה.
- אין בהיתר זה משום אישור לעסוק בהערכות סיכונים או במתן פירושים לממצאי הבדיקות או בייעוץ או במתן פתרונות במשא ראדון, או משום אישור לתוצאות בדיקה שערך בעל ההיתר.

2. בעל ההיתר חייב לבצע את הבדיקות ע"י גלאים מאושרים ובהתאם להנחיות המשרד להגנת הסביבה בלבד.
3. בעל ההיתר יכול לבצע את הבדיקה בעצמו (מומלץ) או ע"י מסירת גלאים למקבל השירות. בשיטה השניה, מקבל השירות יהיה אחראי להניח ולהוסיף את הגלאים בהתאם להנחיות המשרד להגנת הסביבה. אסור לבצע בדיקות ראדון עבור אישור כניסה לבית חדש (טופס 4) באמצעות שליחת גלאים למקבל השירות. בדיקות אלה תבצעו אף ורק ע"י בעל ההיתר בעצמו.
4. לפני הבדיקה, בעל ההיתר חייב למסור למקבל השירות, ביחד עם הגלאים, את המסמכים: (א) "הוראות שימוש בגלאי", (ב) "הנחיה לבדיקת ריכוז ראדון במבנים". ניתן לקבל אותם גם מאתר האינטרנט של המשרד.

- בעלי היתר לשירותי בדיקת גז ראדון, אגף מניעת רעש וקרינה, המשרד להגנת הסביבה
5. אחרי הבדיקה, בעל ההיתר חייב למסור למקבל השירות, בתוך חודש, דו"ח דיווח תוצאות הבדיקה בפורמט סטנדרטי שיציין: שם של מקבל השירות, כתובת, אתר הבדיקה, סוג הגלאי, תוצאות הבדיקה, האם המצב הינו תקין או יש צורך בפעולות להקטנת ריכוז ראדון, שם, חתימה ותוקף ההיתר.
6. היתר ניתן אך ורק לשם ביצוע בדיקת נוכחות גז ראדון, בהתאם לתנאים שבו. אין במתן היתר משום הסמכה למקבלו לעסוק בהערכות סיכונים או מתן פירושים לממצאי הבדיקות, בפרסומים, בייעוץ או במתן פתרונות בנושא ראדון, וכן אין במתן ההיתר משום אישור לתוצאות בדיקה שערך מקבל ההיתר.
7. המשרד להגנת הסביבה קבע הנחיות עבור בדיקת ריכוז גז ראדון במגורים ובמוסדות חינוך. לגבי בדיקות במקומות עבודה, ניתן לבצע בדיקות בשיטות מדידה המוסמכות ע"י המשרד להגנת הסביבה, אבל אין לתת המלצה לגבי מצב תקין או לא תקין של ריכוז הראדון הנמדד או לגבי הצורך לבצע או לא לבצע פעולות שיפור, מכיוון שמשרד התמ"ת עדיין לא קבע את רמת הפעולה במקום עבודה (ראה הנחיה מס' 1).
8. האם הבדיקה לא תבצע לפי ההנחיות הנ"ל, יש למסור את הדו"ח דיווח תוצאות למשרד להגנת הסביבה, עבור ד"ר הישאם נסאר לכתובת הנ"ל או:
טל' 02-6517192, נייד 050-6233154, פקס 02-6495870, דוא"ל hishamn@sviva.gov.il.

מס'	שם בעל היתר	מס' היתר	תוקף ההיתר	שם החברה	טלפון החברה	דואר אלקטרוני	במבנים טווח קצר (ימים)	במבנים טווח ארוך (חודשים)
1	אליהו פרדס	5	14.05.2012	מיקרוטסט המכון הישראלי לבדיקות קרינה	1-800-405060 7415865-03 09-7712593 02-6481954 04-8314712 052-3380123	Pardess44@bezegint.net	3-7	3-6
2	משה ניר	6	1.05.2012	א.מ.ג. המכון לבדיקות קרינה ובריאות סביבתית	03-5748054 1-800-350205 09-7439917 02-6236685 04-8378015	amnradon@012.net.il	3-7	3-6
3	פיליפ ראה	12	17.10.2011	טבת בריאות וגהות תעסוקתית בע"מ	03-9309517 0544852179	tevet@012.net.il	3-7	3-6
4								
5	נתן לביא	1116	05.02.2012	המעבדה למדידות קרינה סביבתית	0545692349 03-9337976	Nathan.lavi@gmail.com	3-7	3-6
6	יורם גבאי	1173	08.12.2011	גלית החברה לאיכות הסביבה	1-700-505054 057-7740988 057-7505054	radon@galit.co.il yoram@galit.co.il	3-7	3-6

בעלי היתר לשירותי בדיקת גז ראדון, אגף מניעת רעש וקרינה, המשרד להגנת הסביבה

3-6	3-7	Pardess44@bezeqint.net	1-800-405060 7415865-03 09-7712593 02-6481954 04-8314712 052-3380123	מיקרוטסט המכון הישראלי לבדיקות קרינה	14.05.2012	1190	בתיה פרדס	7
3-6	3-7	Rad_test@walla.com	03-9361835 050-8311184	RAD-TEST	20.07.2012	1230	איציק זאביחי	8
3-6	3-7	vitzhak@gal-ion.co.il	1599500577 0545940015	גל-יון Gal-Ion	27.06.2012	1236	יצחק אשכנזי	9
3-6	3-7	motirave@012.net.il	072-2325646 054-5946357	רווה באר שבע	18.09.2012	1238	מרדכי רווה	10
3-6	3-7	maximsokolovsky@gmail.com	08-8697182 054-2511221	איזוטופ	08.12.2011	1239	מקסים סוקולובסקי	11
3-6	3-7	malkiavi@walla.com	0522-681834	פוטון Photon	09.11.2011	1242	אבי מלכי	12
3-6	3-7	ayelettf@yahoo.com	097747929 0547747646	לייף סייבר פתרונות קרינה בע"מ	25.06.2012	1243	אילת פיינברג	13
3-6	3-7	Daniel@anafa.biz	052-3952253 1800-800-771	א.נ.פ.ה. – המכון הישראלי לאיכות הסביבה	09.04.2012	1248	דניאל פדוביץ	14
3-6	3-7	karka@isotop.co.il	08-8697181	איזוטופ	13.05.2012	1250	עדי שמריהו	15
3-6	3-7	isotop@isotop.co.il	08-8697000	איזוטופ	13.05.2012	1251	ודים בוצאטסקי	16
3-6	3-7	isotop@isotop.co.il	08-8697181	איזוטופ	13.05.2012	1252	נטליה שחל	17
3-6	3-7	shishov@isotop.co.il	02-6536046	איזוטופ	11.06.2012	1253	צבי ברנשטיין	18
3-6	3-7	jawadesawe@hotmail.com gowad@galit.co.il	1-700-505054 0523052956	גלית החברה לאיכות הסביבה	11.06.2012	1254	ג'ואד עיסאוי	19

3-6	3-7	Orib1234@gmail.com	077-9400012 0544425913	Ray watch מדידות קרינה	11.06.2012	1255	אורי בולוניה	20
3-6	3-7	yaron@galit.co.il	1-700-505054 0525404060	גלית החברה לאיכות הסביבה	11.06.2012	1256	ירון גונן	21
3-6	3-7	vossi@galit.co.il	1-700-505054 0525290040	גלית החברה לאיכות הסביבה	11.06.2012	1257	יוסי עבאדי	22
3-6	3-7	ophel.eng@gmail.com	0524704424 02-6712666	עופל מדידות והנדסה בע"מ	27.06.2012	1258	ניזאר עמירה	23
3-6	3-7		0524704412	עופל מדידות והנדסה בע"מ	27.06.2012	1259	אלי יששכר	24

ב. הנחיות לבדיקת ריכוז ראדון במבנים

1. כללי

קיימים שני מקורות לחדירת גז הראדון במבנים: חדירה מן הקרקע ופליטה מחומרי הבניה. מודדים ריכוז הראדון ביחידות של "בקרל למטר מעוקב" (בקרלומ"ק), כאשר "בקרל" הוא קצב התפרקות רדיואקטיבי של אטום אחד לשניה. בהתאם לעקרונות של בטיחות קרינה, יש להקטין ריכוז הראדון במבנים גבוה מ-"רמת הפעולה". בישראל, המשרד להגנת הסביבה קבע שהערך של רמת הפעולה בבניינים משומשים ע"י הציבור יהיה 200 בקרלומ"ק. משרד התמ"ת (עבודה) קבע שרמת הפעולה בבניינים משומשים כמקומות עבודה יהיה 500 בקרלומ"ק. ההבדל נובע מזמן שהיית האדם 7000 \ 2000 שעות לשנה (לפי תקן UCRP-65), בגורים \ מקום עבודה. כדי להשוות ריכוז הראדון הקיים במבנים עם רמת הפעולה, יש למדוד אותו בטווח ארוך של 3 חודשים לפחות בתנאי מחייה רגילים.

לרוב, הגורם הראשי לריכוז ראדון במבנים גבוה מרמת הפעולה הוא חדירה מן הקרקע. מקור זה קיים בחדרים צמודי קרקע. פליטת הראדון מחומר הבניה הינה יותר נמוכה כך שבהעדר חדירת ראדון מן הקרקע אין לצפות לריכוז ראדון גבוה מרמת הפעולה בתנאי אוורור נורמלי. למרות זאת, בתנאים של חוסר אוורור, פליטת הראדון מחומר הבניה (בעיקר מבטון מסיבי) יכול לגרום לריכוז ראדון גבוה מרמת הפעולה.

ריכוז הראדון בחדר סגור תלוי ברמת האטימות של הדלתות וחלונות. חדר "נורמלי" הוא חדר עם סגירה רגילה, ללא איטום, שמאפשר החלפת אוויר סבירה במצב סגור. חדר סגור "כמעט הרמטי" מאפשר קצב תחלופת אוויר נמוך. חדר סגור הרמטי (ממ"ד, מקלט וכ"ד) לא מאפשר תחלופת אוויר. טבלה 1 מגדירה סוגי סגירת חדר כפונקציה של קצב תחלופת ראדון באוויר.

סוג	סגירת החדר	קצב תחלופת אוויר (לשעה)	רמת איטום
1	רגילה	0.1-0.3	ללא איטום בדלת ובחלון
2	כמעט הרמטית	0.1-0	עם איטום בדלת ו \ או בחלון
3	הרמטית	0	עם איטום מוחלט בדלת ובחלון

טבלה 1. הגדרה סוגי סגירת החדר כפונקציה של קצב תחלופת ראדון באוויר.

לרוב, בתנאי מחייה רגילים (שילוב של תנאים סגורים ופתוחים ביממה), קצב תחלופת האוויר משתנה בין 0.1 (סגירת החדר בלילה) ל-2 בשעה (פתיחת החדר ביום). יש לציין שקצב תחלופת ראדון באוויר הינו יותר נמוך יחסית לקצב תחלופת אוויר. המודל הפיסיקלי של ראדון בחדר (הנחיה מס' 5) מאפשר להעריך את ריכוז הראדון בחדר כפונקציה של אקטיביות המקורות וקצב תחלופת אוויר. ניתן להעריך, בהתאם ותוצאות בדיקה במבנים, שבתנאי מחייה רגילים קצב תחלופת האוויר הממוצע הינו 0.3 לשעה.

2. שיטות לבדיקות הראדון

2.1 בדיקה ארוכת טווח

ריכוז הראדון הנמדד בתנאים פתוחים משתנה מיום ליום, כפונקציה של תנאי האוויר של החדר ומזג האוויר. כדי לוודא תוצאה אמינה, מבצעים בדיקה זו בפרק זמן ארוך, לפחות 3 חודשים, בתנאי מחייה רגילים. בדיקה זו קובעת האם ריכוז הראדון בחדר הינו תקין, דהיינו נמוך מרמת הפעולה.

2.2 בדיקה קצרת טווח

בגלל חדירה (אפשרית) ראדון מן הקרקע, ריכוז הראדון בחדר צמוד קרקע יכול להיות גבוה. כדי למנוע חשיפה מיותרת של האדם לריכוז ראדון גבוה עד לסיום הבדיקה הארוכה, יש לבצע קודם בדיקה "קצרת טווח". מבצעים בדיקה זו בחדרים צמודים קרקע בלבד בתנאים סגורים במשך של 3-7 ימים. בדיקה זו קובעת האם יש צורך בפעולות מיידיות להקטנת ריכוז הראדון (מיטיגציה).

האם, בהתאם לבדיקה הקצרה, ריכוז הנמדד יהיה קטן מ-"הסף לפעולות שיפור מיידיות", אין לצפות ריכוז ראדון גבוה בתנאים פתוחים ואפשר יהיה לבצע בדיקה ארוכת טווח. האם ריכוז הנמדד בתנאים סגורים עובר את הסף, יש לבצע פעולות שיפור בפרק זמן מוקצב.

מגדירים את הסף לפעולות שיפור מיידיות כריכוז הראדון הקיים בחדר בתנאים סגורים שאמור לרדת לרמה של בקרלומ"ק בתנאים פתוחים עם קצב תחלופת אוויר 0.3 לשעה. הוא תלוי בקצב תחלופת אוויר ובזמן הבדיקה.

3. אופן ביצוע בדיקות ראדון

3.1 בדיקה ארוכת טווח

מבצעים בדיקה ארוכת טווח בכל הקומות, במשך של 3 חודשים לפחות, בתנאים מחייה רגילים. כאשר החיבור בין הריכוז הנמדד והאי ודאות שלו יהיה:

1. **נמוך** מ- 200 \ 500 בקרלומ"ק במקום ציבורי \ עבודה, ריכוז הראדון **הינו תקין** ואין צורך בבדיקות נוספות.

2. **גבוה** מ- 200 \ 500 בקרלומ"ק, במקום ציבורי \ עבודה, ריכוז הראדון **אינו תקין**.

במידה וריכוז ההמדד אינו תקין, יש לבצע מיד פעולות להקטנתו (מיטיגציה). כדי למנוע חשיפה מיותרת של האדם, יש לקבוע את פרק הזמן המוקצב T_{mit} עד לסיום העבודות לפי הנוסחות:

במקום ציבורי:

בעלי היתר לשירותי בדיקת גז ראדון, אגף מניעת רעש וקרינה, המשרד להגנת הסביבה

(1)

$$T_{mit} = \frac{3,500}{C_{open}}$$

במקום עבודה:

(1')

$$T_{mit} = \frac{10,000}{C_{open}}$$

כאשר C_{open} הינו ריכוז הראדון הנמדד בבדיקה ארוכת טווח (בקרלומ"ק).

אחרי סיום העבודות יש לבדוק שוב את ריכוז הראדון באותו חדר ע"י הבדיקה בטווח ארוך.

3.2 בדיקה קצרת טווח

מבצעים בדיקה זו בחדר צמוד קרקע במשך של 3-7 ימים בתנאים של דלת וחלון סגור. יש להבטיח סגירתם במשך הבדיקה ע"י מדבקה. האם קיימים בחדר אמצעים אוורור (פתחים, מפוחים, מזגנים וכ"ד) או אמצעים להפחתת מקור הראדון (מיטיגציה), שאמורים לפעול גם בתנאי מחייה רגילים, אין סיבה לסגור או לאטום אותם.

מטרת הבדיקה היא גילוי מיידי של ריכוז גבוה (שנובע ממקור גבוה, בדרך כלל קרקע), שאמור לגרום לריכוז גבוה מרמת הפעולה בתנאי מחייה רגילים. בדיקה זו לא אמורה לגלות את המצב, תקין או לא תקין, של החדר. סגירת החדר הינה מיועדת להקטין רמת האוויר במשך הבדיקה כדי להגדיל את ריכוז הראדון ולהבטיח מדידה יותר מדויקת.

בבדיקה זו ריכוז הראדון הנמדד תלוי ברמת האיטום של החדר: כאשר מקור הראדון הינו קבוע וקצב תחלופת האוויר קטן, ריכוז הנמדד גודל. לכן, כדי להעריך את הריכוז הצפוי בתנאי מחייה רגילים, יש לבדוק קצב תחלופת האוויר. מבצעים בדיקה זו ע"י גלאי לנטור רציף או שני בדיקות חוזרות ע"י גלאים פסיביים, בהתאם להנחיה מס' 3 או 4.

כדי לבדוק את הצורך לפעולות שיפור מיידיות, יש להשוות את הריכוז הנמדד עם הסף לפעולות שיפור. האם החיבור בין ריכוז הנמדד והאי ודאות שלו יהיה:

1. נמוך מהסף לפעולות שיפור, יש לבצע בדיקה ארוכת טווח.

2. גבוה מהסף לפעולות שיפור, יש לבצע פעולות מידיות להקטנת הריכוז בזמן מוקצב.

הסף לפעולות שיפור C_{mit} נתון בטבלות 2 ו-3 בהנחיה מס' 2, כפונקציה של סוג הגלאי, קצב תחלופת האוויר ומשך זמן הבדיקה, עבור גלאי שמודד את הריכוז ואת הריכוז הממוצע, בהתאמה.

במידה ויש לבצע פעולות שיפור, מחשבים את הזמן המוקצב לעבודות (בחודשים) לפי הנוסחה:

(2)

$$T_{mit} = \frac{3500}{C_{open}^{pred}}$$

כאשר C_{open}^{pred} (בקרלומ"ק) הינו הריכוז הצפוי בתנאים מחייה רגילים. מחשבים אותו לפי הנוסחה:

בעלי היתר לשירותי בדיקת גז ראדון, אגף מניעת רעש וקרינה, המשרד להגנת הסביבה

(3)

$$C_{\text{open}}^{\text{pred}} = C_{\text{closed}}^{\text{max}} \cdot \frac{0.00755 + \lambda_v}{0.00755 + 0.3}$$

כאשר λ_v הינו קצב תחלופת אוויר לשעה ו- $C_{\text{closed}}^{\text{max}}$ (בקרלומ"ק) הינו הריכוז המרבי הצפוי בבדיקה הקצרה. מחשבים אותו לפי הנוסחה:
מחשבים ריכוז זה בהתאם לפי הנוסחה:

(4)

$$C_{\text{closed}}^{\text{max}} = F_{\text{eq}}(t) \cdot C_{\text{closed}}(t)$$

כאשר C_{closed} הינו הריכוז הנמדד בזמן הבדיקה t ו- F_{eq} הינו פקטור ה- "רוויה". מחשבים אותו מטבלה 2 או 3 בהנחיה מס' 2 על יד חלוקת הערך שמופיע בעמודה "אין סופי" לערך המתאים לזמן הבדיקה.

אחרי סיום העבודות שיפור יש לבדוק שוב את ריכוז הראדון בחדר ע"י הבדיקה בטווח ארוך.

3.3 בדיקה של קצב תחלופת אוויר

מבצעים בדיקה זו בהתאם לשיטות המפורטות בהנחיה מס' 3. השיטה המומלצת הינה באמצעות נטור רציף של ריכוז הראדון בחדר סגור במשך של 4–7 ימים. בדיקה זו אינה תלויה במקור הראדון בחדר, אלא רק רמת האיטום ובנפח החדר. לכן, ניתן לבצע את הבדיקה בחדר "אופייני" (עם אותו נפח וסוג האיטום). האם מבצעים את הבדיקה בשיטה של שתי בדיקות חוזרות, במשך של 3 ו- 7 ימים, ע"י גלאים פסיביים, יש לבחור את החדר בקומה עליונה.

3.4 ערכה של מקור הראדון

האם הריכוז הנמדד בבדיקה קצרה עובר את הסף לפעולות שיפור מיידיות, יש לבצע עבודות להקטנתו. כדי לתכנן את הפטרון האופטימלי, מומלץ להעריך את מקורות הראדון, דהיינו את האקטיביות שנובעת מחומר הבניה ומן הקרקע. אפשר לבצע ערכה זו בעזרה של המודל הפיסיקלי (הנחיה מס' 5), האם מודדים קצב האקסהלציה מהקירות.

שאלות ותשובות

א. מה מקור הראדון בממ"ד?

ראדון הוא גז רדיואקטיבי חסר צבע, ריח או טעם, הנוצר מהתפרקות ראדיום-226 שנמצא בכל סוגי הקרקעות בריכוזים שונים. לאחר היווצרות הראדון בקרקע הוא נע כלפי מעלה ועלול לחדור למבנים.

חומר הגלם העיקרי למוצרי הבנייה השונים הוא הקרקע. מכיוון שבקרקע נמצא ראדיום-226, גם מוצרי הבניה מכילים חומר זה. כלומר, הימצאות הראדיום במוצרי בנייה מהווה מקור נוסף להימצאות ראדון במבנים.

ב. כיצד נוצר גז ראדון בממ"ד?

כאמור, בכל מוצרי הבנייה הבאים מהקרקע מצוי המרכיב הכימי (ראדיום-226) היוצר את גז הראדון. פליטת הגז מהקירות היא תהליך איטי והכמות הנפלטת – קטנה. עם זאת, בשל מסת החומר והרכב הבטון ממנו עשוי הממ"ד, פליטת ראדון מבטון בממ"דים הינה כפי 5 גבוהה יותר מהפליטה מקיר רגיל בנוי מבלוקים בניה. יש לזכור, כי פליטת ראדון היא תהליך הקיים גם בקירות וברצפה בחדרים רגילים.

ג. מה היא התופעה הפיסיקלית של הצטברות ראדון בחדר סגור?

יש לציין שבכל חדר סגור, אבל שאינו סגור הרמטית, קיים תחלופת אוויר שגורם לדילול הראדון בתוך האוויר ולכן להקטנת הריכוז. לכן, המודל הפיסיקלי הבאה מתאים לכל חדר עם מקור ראדון קבוע בזמן, כמו פליטת ראדון מהקירות.

לפני הבדיקה יש לפתוח את הדלת והחלון כדי לוודא ריכוז ראדון אפסי. אחרי סגירת החדר, ריכוז הראדון הנובע מהקירות, עולה לפי הנוסחה:

$$C(t) = C_{\max} \{1 - \exp[-(\lambda + \lambda_v) t]\} \quad (1א)$$

כאשר:

t = הזמן אחרי סגירת החדר (שעות)

$C(t)$ הריכוז בחדר בזמן t אחרי סגירת החדר (בקרלומ"ק)

C_{\max} הריכוז המרבי בחדר בתנאי הרוויה (בזמן אין סוף $t = \infty$) (בקרלומ"ק)

λ = קבוע דעיכת רדיואקטיבי הראדון 0.00755 שעה⁻¹

λ_v = קצב החלפת אוויר בחדר במצב סגור(שעה⁻¹)

נובע מנוסחה (1א) שפרק הזמן המוקצב לריכוז הראדון להגיע ל- 95% מרמת הרוויה הוא:

$$T_{eq} = \frac{3}{\lambda + \lambda_v} \quad (2א)$$

לכן, אחרי סגירת החדר, ריכוז הראדון עולה ומגיע לרוויה יותר מהר כאשר קצב החלפת האוויר הינו יותר גבוה. כמובן, הוא מגיע לריכוז מרבי יותר נמוך. לדוגמה, בחדר "ישן" סגור נורמלי (ללא איטום בדלת והחלון), עם רמת אוויר כ- 0.2 תחלופות לשעה, ריכוז הראדון מגיע לרוויה (95% מ- C_{\max}) במשך של 15 שעות. אבל בממ"ד, כאשר קצב החלפת האוויר הינו אפס, עלית הריכוז צריך 17 ימים. אחרי יום הראשון הוא מגיע קרוב ל- 200 בקרלומ"ק. יש לציין שלפי הוראות של פיקוד העורף הזמן המקסימלי המותר לשהיית אדם בממ"ד סגור הרמטית הוא 6 שעות. בזמן זה ריכוז הראדון המקסימלי יהיה כ- 80 בקרלומ"ק.

הריכוז המרבי האפשרי בחדר סגור הוא:

$$C_{\max} = \frac{ES}{(\lambda + \lambda_v)V} \quad (3א)$$

כאשר:

E = קצב פליטת ראדון (אקסהלציה) מהקירות (בקרלומ"ר/שעה)

S = שטח פולט ראדון בחדר (מ"ר)

V = נפח החדר (מ"ק)

בעלי היתר לשירותי בדיקת גז ראדון, אגף מניעת רעש וקרינה, המשרד להגנת הסביבה כאשר "בקרל" הוא יחידת מדידה את קצב התפרקות רדיואקטיבי ושווה להתפרקות אחת לשנה.

נובע מנוסחה (א2) שריכוז הראדון בחדר הינו פרופורציונלי לקצב פליטת ראדון מהקירות והפוך פרופורציונלי לקצב החלפת אוויר.

הקצב של תחלופת האוויר בחדר סגור קובע באופן משמעותי את ריכוז הראדון. לדוגמה, ריכוז הראדון בחדר סגור הרמטי (עם אפס תחלופות אוויר לשעה) יהיה פי 25 יותר גבוה יחסית לאותו חדר סגור נורמלית (עם 0.2 תחלופות אוויר לשעה).

הנוסחות (א3) מסבירה למה ריכוז הראדון הנמדד בממ"ד בתנאים סגורים הרמטי הינו גבוה ובתנאים פתוחים הינו נמוך:
 - קצב פליטת הראדון E מבטון המסיבי של הממ"ד הינו כ- 5 בקרלומ"ק/שעה.
 - היחס בין שטח פולט ראדון S ונפח V של חדר הממ"ד S/V הינו כ- 2.
 - רמת האוורור בתנאי מחיה רגילים (ממוצע של 24 שעות) λ_v הינה כ- 0.3 תחלופות לשעה.

לכן, ריכוז הראדון בתנאים סגורים הרמטיים יהיה 1324 בקרלומ"ק ובתנאים מחיה רגילים יהיה 33 בקרלומ"ק.

לסיכום, ריכוז הראדון בממ"ד הנובע מחומר הבניה הינו תקין, בגלל שריכוז הראדון המקסימלי המותר במבנים בתנאים של מחיה רגילים הינו ציבוריים בקרלומ"ק.

ד. האם יש סכנה ברמת הראדון בממ"דים?

הראדון עשוי להצטבר בחדרים שאין בהם אוורור, לדוגמה בממ"ד כאשר הוא סגור הרמטי. בבדיקות של ממ"דים בתנאי מחיה רגילים, הכוללים פתיחה של חלון או דלת, נמצאו ריכוזי ראדון נמוכים, שאינם מהווים סיכון בריאותי. הראדון, כמו כל גז אחר, מתפזר בקלות באוויר. באם פותחים ממ"ד שהיה סגור הרמטי תקופה ארוכה, הוא מתפזר מיד בתוך הדירה ומגיע לריכוז הנמוך בדירה.

ה. האם נדרשת בדיקת ראדון בחדרים ובממ"דים שאינם צמודים לקרקע?

כעקרון, בקומות גבוהות (ללא קשר לקרקע) אין סיבה לבדיקות ראדון. במידה ומעוניינים לבצע בדיקה – יש לבצע בדיקה ארוכת טווח בתנאי מחיה רגילים.

ו. כיצד בודקים את ריכוזי הראדון בחדר רגיל צמוד קרקע?

בחדר רגיל הצמוד לקרקע, קיימת אפשרות לחדירת ראדון מהקרקע. בחדר שכזה יש לבצע בדיקה קצרת טווח, הכוללת סגירה מוחלטת של החדר.

ז. כיצד בודקים את ריכוזי הראדון בחדרים אטומים צמודי לקרקע?

כעיקרון, בממ"ד צמוד לקרקע, קיימת אפשרות לחדירת ראדון מהקרקע. כדי לבדוק אפשרות זו יש לבצע בהתחלה בדיקה קצרת טווח, הכוללת סגירה מוחלטת של החדר. בגלל שפליטת הראדון מהקירות הינה מוכרת היטב ניתן לצפות את ריכוזי הראדון ממקור זה. לכן, הבדיקה מאפשרת להעריך האם קיימת או לא קיימת חדירה משמעותית מהקרקע.

הבדיקה של ריכוזי הראדון בחדר, ביחד עם הבדיקה של פליטת הראדון מחומרי הבניה (קיר, רצפה, תקרה, וכ"ד), מאפשרת להעריך בנפרד את עוצמת המקורות: חומר הבניה וקרקע.

בעלי היתר לשירותי בדיקת גז ראדון, אגף מניעת רעש וקרינה, המשרד להגנת הסביבה

כאשר הממ"ד אינו צמוד קרקע מקור הראדון היחיד הוא הפליטה מהקירות. אחרי סגירת החדר, ריכוז הראדון בחדר עולה בגלל הפליטה הנמשכת מהקירות. מקור זה הינו קבוע בזמן והעוצמה שלו הינה מוכרת היטב. בגלל שלא קיים אוורור, ההפסד היחיד של הראדון בחדר הינו ההתפרקות הרדיואקטיבי שלו. בגלל זמן מחצית החיים של הראדון יחסית ארוך של 3.8 ימים, קצב הפסד הינו מאוד קטן 0.00755 לשעה. בגלל זה ריכוז הראדון בחדר סגור הרמטית יכול להגיע לערך גבוה, וכמובן תהליך זה לוקח הרבה זמן. בממ"ד סגור הרמטית ריכוז הראדון מגיע לערך הרוויה (המקסימלי) כ-2000 בקרלומ"ק רק אחרי 17 ימים. במצב הרוויה קצב פליטת הראדון מהקיר שווה לקצב התפרקותו הרדיואקטיבי. למרות זאת, ריכוז הראדון באותו חדר בתנאי אוורור הקיימים באופן טבעי בכל בית (כ-0.3 תחלופות לשעה) יהיה תקין, דהיינו פחות מרמת הפעולה של 200 בקרלומ"ק.

כאשר הממ"ד הינו צמוד קרקע, בנוסף לפליטת הראדון מהקירות, קיים אפשרות לחדירת ראדון מן הקרקע. זו היא הסיבה העיקרית למה בודקים ממ"דים צמודי קרקע בתנאים סגורים. באם לא קיים חדירה מהקרקע, דהיינו כל הראדון בממ"ד נובע מחומר הבניה, ריכוז הראדון הצפוי יהיה נמוך מ-2000 בקרלומ"ק בדיוק כמו בממ"ד קומתי.

יש להבהיר שבדיקת ממ"ד קרקעי בתנאים סגורים הרמטיים, כאשר החדר הינו מנותק לחלוטין מיתר הבית, לא מאפשרת להעריך את ריכוז הראדון בחדר בתנאים מחיה רגילים (שקובע את המצב תקין או לא תקין של החדר). הוא יהיה תלוי ברמת האוורור של הבית. בנוסף, קיימת אפשרות להצטברות ראדון בממ"ד כאשר הגז לא נובע מהממ"ד עצמו, אלא מחדר אחר בבית. לכן, הבדיקה הקצרה הינה מיועדת אך רק להעריך חדירה (אפשרית) מן הקרקע בממ"ד הנבדק. במקרה של חדירה מהקרקע מאוד גבוהה, כך שיהיה לצפות ריכוז לא תקין בתנאים פתוחים, יש לבצע פעולות מידיות לאטימת הממ"ד מהקרקע. האם המקור קרקעי אינו ברמה שדורש פעולות מידיות, למען זהירות מונעת, אחרי הבדיקה הקצרה, יש לבצע בדיקה ארוכת טווח של 3-6 חודשים בתנאים מחיה רגילים.

ח. מי בודק ריכוזי ראדון בממ"ד?

רק בעל היתר מאת המשרד להגנת הסביבה לבדיקת ריכוזי ראדון, יכול לבצע בדיקה זו. ע"פ ההיתר מחויבים הבודקים לבצע בדיקה ארוכת טווח בממ"דים. כזכור, בדיקת ראדון קצרת טווח, שמבצעים רק בחדרים צמודי קרקע, הינה מיועדת לגלות ולהעריך את המקור הקרקעי (במידה שהוא קיים) והצורך לפעולות שיפור מידיות. בדיקה קצרה בממ"ד אינה מיועדת לבדוק את ריכוזי הראדון שאדם הנחשף עליו.

במתן ההיתר אין משום הסמכת הבודקים לבצע הערכת סיכונים, לפרש את הממצאים או לייעץ לגבי פתרונות בנושא ראדון. כמו-כן, אין בהיתר משום אישור לתוצאות הבדיקה.

ט. המלצות כלליות-

1. בתנאי מחיה רגילים אין כל מניעה לשימוש בממ"ד למגורים ולשינה. תנאי מחיה רגילים כוללים אוורור סביר של הממ"ד (למשל ע"י פתיחת דלת או חלון).
2. בבתים אשר מסיבה כל שהיא רמת האוורור הינה מאוד נמוכה, על-מנת להפחית את פליטת הראדון מחומרי בניה, ניתן לצבוע את החדר בצבע מיוחד ובתנאי שהוא עומד בתקן השימוש במגורים.
3. מומלץ לבדוק שנותן השירות הינו בעל היתר בתוקף למתן שירותי בדיקת גז ראדון של המשרד להגנת הסביבה.
4. במשך הבדיקה אסור לגעת בגלאים.
5. בחלק מהרשויות המקומיות קיים נוהל אכלוס לדירות חדשות (טופס 4), המפרט את דרישות הבנייה והבדיקות הנדרשות. מומלץ לבדוק את הנושא עם הרשות המקומית.

בעלי היתר לשירותי בדיקת גז ראדון, אגף מניעת רעש וקרינה, המשרד להגנת הסביבה