



ОТЧЕТ  
Национално проучване на  
концентрацията на радон в  
жилищни сгради  
2015-2016



НАЦИОНАЛЕН ЦЕНТЪР ПО  
РАДИОБИОЛОГИЯ И  
РАДИЦИОННА ЗАЩИТА

МОНИТОРИНГ И  
ПРЕВЕНЦИЯ НА РАДОН  
София, 2017

## СЪДЪРЖАНИЕ

РЕЗЮМЕ .....	3
<b>1. ВЪВЕДЕНИЕ</b> .....	4
<b>2. МЕТОДОЛОГИЯ</b> .....	7
2.1. Пробовземане.....	7
2.2. Анкетни карти и протоколи .....	8
2.3. Методи на измерване и обработка .....	8
2.4. Осигуряване на качеството и анализ на резултатите .....	11
<b>3. РЕЗУЛТАТИ</b> .....	13
3.1. За цялата страна .....	13
3.2. По области.....	16
3.3. По показатели .....	17
<b>4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b> .....	25
ПРИЛОЖЕНИЕ .....	28
<i>Приложение № 1 – Анкетна карта за провеждане на проучването</i> .....	29
<i>Приложение № 2 - Протоколи от дублиращи детектори</i> .....	32
<i>Приложение № 3 – Таблицы с резултати</i> .....	38

## ИЗПОЛЗВАНИ СЪКРАЩЕНИЯ

МААЕ	Международна агенция за атомна енергия
НЦРРЗ	Национален център по радиобиология и радиационна защита
МПР	Мониторинг и превенция на радон
РЗИ	Регионална здравна инспекция
СЗО	Световна здравна организация
AM	Средно аритметична стойност
C-Rn	Концентрация на радон във въздух
GM	Геометричната средна стойност
GSD	Геометрично стандартно отклонение
SDV	Стандартно отклонение
$^{222}\text{Rn}$	Радон 222

## РЕЗЮМЕ

Отчетът обобщава резултатите от проучването на концентрацията на радон в жилища на територията на България, проведено в изпълнение на Национална програма за намаляване на въздействието на концентрацията на радон върху здравето на Българското население.

Националното проучване на нивата на радон в сгради има за цел да се оцени скринингово разпределение на средните годишни концентрации на радон в жилища по области в Република България. Средните годишни концентрации на радон в жилища биха могли да се свържат с облъчването на населението от естествения източник на йонизиращо лъчение - радон.

Проучването е проведено съвместно с Регионалните здравни инспекции, в две фази в рамките на една година, с оценка на средногодишната концентрация на радон в обследваните жилища. Подборът на участниците е произволен: „от врата до врата“, като детекторите бяха разпространени в съответната област от специалистите на РЗИ.

Измерванията на концентрацията на радон беше извършена в **2 776** жилища в цялата страна. Нивата на радон варират от **12 до 1314 Bq/m<sup>3</sup>** при средна концентрация на радон **111.2 Bq/m<sup>3</sup>**. **Резултатите от проучването показват, че 4,4% от населението на Република България живее в домове с нива на радон над референтната стойност от 300 Bq/m<sup>3</sup>**, регламентирани в Наредба за основните норми за радиационна защита - 2012.

Резултатите от това проучване биха могли да послужат за приоритизиране на дейности, осигуряващи редуциране на нивата на радон, в това число предприемане на мерки при строителство на нови и ремонт на съществуващи сгради, подобряване на информираността и образованието на населението.

Резултатите от това проучване не трябва да се използват като инструмент за определяне на потенциалния риск от радон в сграда, в която не е направено измерване. Данните също така не могат да послужат като информация дали конкретното жилище да бъде тествано или не за определяне на концентрацията на радон.

Единственият начин да се установи дали в помещенията има повишено ниво на концентрацията на радон е да бъде измерена по стандартизирани методи, независимо от местоположението ѝ.

# 1. ВЪВЕДЕНИЕ

Основният дял в облъчването на човека от естествения радиационен фон се дължи на радон и неговите дъщерни радионуклиди. Най-голям принос за вътрешното облъчване на населението на Земята има естественият радиоактивен елемент радон (радон-222). Подобно на останалите инертни газове, той се вдишва и издишва, без значимо взаимодействие върху организма. Въпреки че  $^{222}\text{Rn}$  е  $\alpha$ -лъчител, биологичната опасност е свързана с краткоживеещите му продукти на разпадане –  $^{218}\text{Po}$ ,  $^{214}\text{Pb}$  и ( $^{214}\text{Bi}$  +  $^{214}\text{Po}$ ). Дъщерните продукти на радона са химически активни, образуват йони, които лесно се прикрепват към аерозолите във въздуха, явявайки се негова съставна част, и чрез инхалиране постъпват в човешкия организъм. Попаднали в организма аерозолите го облъчват вътрешно. Радонът е класифициран от Световната здравна организация (СЗО) като канцерогенен за човека. Облъчването от радон води до повишен риск от развитие на рак на белите дробове. Индивидуалният риск за заболяване от рак на белия дроб зависи предимно от факторите: концентрация на радон; продължителността на облъчването; характеристики на отделния индивид; тютюнопушене. Съществен елемент в оценката на рисковите фактори за развитие на рак на белия дроб е разглеждането на комбинираното им въздействие. Връзката между продължителното облъчване с високи концентрации на радон и риска от развитие на рак на белите дробове е установена отдавна [1]. През последното десетилетие редица епидемиологични проучвания потвърждават, увеличаването на риска от рак на белите дробове при продължително облъчване от радон и дъщерните му продукти в жилища. [1-5].

Основният източник на радон в помещенията са почвата и скалите, намиращи се в основата на сградата, особено при високи нива на концентрация на радон, с малък принос от строителните материали и/или водата от кладенци [6, 7]. Въпреки това, от 80-те години на миналия век някои строителни материали са признати за възможни източници на високи концентрации на радон, това са строителни материали, съдържащи гипс; бетон, съдържащ алуминиеви шисти; тухли и други [8, 9].

Средногодишната концентрация на радон в конкретно жилище не може да бъде оценена надеждно по косвен начин чрез информация за почвата, водата и други данни. Въпреки че почвата е основният източник на радон, оценката на разпространението на концентрациите на радон в сгради, в определен район или в цялата страна, само въз основа на информация за характеристиките на почвата не е надеждна, тъй като върху концентрациите на радон в сградата оказват влияние не само характеристиките на почвата, но и характеристиките на сградата. Отдавна е известно, че има вероятност да има слаба корелация между характеристиките на почвата и концентрация на радон в сградата [10]. Възможният начин за оценка на концентрацията на радон е измерване, препоръчан от СЗО [6] и Международната агенция по атомна енергия (МААЕ) [11].

Концентрациите на радон в сгради могат да бъдат намалени. Създадени са международни и национални регламенти/препоръки, както и всеобхватни национални

програми – за измерване на радон, с цел да се намали облъчването на населението от радон и съответно риска за здравето [6, 12-14]. Важен компонент на всяка национална програма - радон е оценката на разпределение на концентрациите на радон в жилищата. Такава оценка се получава с национални проучвания на концентрацията на радон, планирани и проведени по такъв начин, че да бъдат представителни за облъчването на населението в жилища. Представителното национално проучване сред населението е един от първите етапи на национална програма за радон, насочена към намаляване на рисковете от облъчване от радон, както е препоръчано от СЗО [6]. На база на проучването се обосновава и оптимизира изборът на национално референтно ниво. Директивата на Европейския съюз препоръчва  $300 \text{ Bq/m}^3$  за референтно ниво, но на база на проучването всяка страна би могла да направи своя избор, като при избора на референтното ниво е важно да се знае въздействието на различните възможни стойности на референтното ниво, например да се оценени процент на жилищата с концентрация на радон над тези нива.

Референтните нива на концентрацията на радон в сгради в България са регламентирани в Наредбата за основните норми за радиационна защита (ДВ, бр. 76 от 2012 г.), както следва [15]:

1. средногодишна концентрация на радон във въздуха -  $200 \text{ Bq/m}^3$  за новопостроени жилищни и обществени сгради;
2. средногодишна концентрация на радон във въздуха -  $300 \text{ Bq/m}^3$  за съществуващи жилищни и обществени сгради;
3. средногодишна концентрация на радон във въздуха -  $1000 \text{ Bq/m}^3$  за работни места.

В специфични случаи, когато продължителността на обитаване в съществуващи сгради с обществено предназначение е малка, министърът на здравеопазването може да определи за средногодишната концентрация на радон във въздуха референтно ниво, по-голямо от  $300 \text{ Bq/m}^3$ , но не повече от  $1000 \text{ Bq/m}^3$ .

При идентифициране на сгради и работни места, където референтните нива са надвишени, се предприемат мерки за:

1. намаляване концентрацията на радон във въздуха на обществени сгради и работни места в съответствие с принципа за оптимизация;
2. информиране и насърчаване на лицата, живеещи в съществуващи сгради, за предприемане на действия за намаляване концентрацията на радон във въздуха на съответните помещения (чрез подобряване на вентилацията, ограничаване на постъплението на радон и др.);
3. системен контрол на концентрацията на радон в сгради и работни места с повишено съдържание на радон във въздуха.

В България Национална програма за намаляване въздействието на радон в жилищни сгради върху българското население (2013-2017 г.) е приета с Решение № 537 от 12.09.2013 г. на Министерски съвет. Систематизирано Националното проучване на

концентрацията на радон в жилища на цялата територия на България, е един от ключовите приоритети, които България е предприела като част от своята Национална радонова програма. Проучването е разработено и координирано от Национален център по радиобиология и радиационна защита и проведено в сътрудничество с Регионалните здравни инспекции в страната за позициониране на детекторите и попълване на въпросници. Детекторите са обработени в Лаборатория „Мониторинг и превенция на радон“ в НЦРРЗ.

Целта на националното проучване е получаване на информация за разпределението на средните годишни концентрации на радон в жилища, претеглена спрямо регионалния дял на населението, което може да се счита за представително за облъчването на населението от естествения източник на йонизиращо лъчение - радон. Проучването на нивата на радон в сгради оценява скринингово териториалното разпределение на концентрацията на радон по области в Република България, но не дава подробна информация за географското разпределение на концентрацията на радон в сгради, което би изисквало много по-голям брой на измерени жилища. В отчета са представени обобщени резултатите от проучването и въпросника.

## 2. МЕТОДОЛОГИЯ

За провеждане на националното проучване на нивата на радон НЦРРЗ е изготвил „Процедура за разпределяне на детектори при провеждане на национално проучване на нивата на радон в сгради“ [16]. В Процедурата са описани дейностите, които се извършват за планиране и изпълнение, за подготовка, поставяне и събиране на детекторите в цялата страна. В нея са очертани основните елементи на проекта на проучването, схемата за вземане на проби, анкетните карти и осигуряването на качеството. При провеждането лаборатория Мониторинг и превенция на радон е изготвила пакети, които се състоят от детектори, инструкции за примерното позициониране в помещението, информационна брошура и анкетна карта. Тези пакети се изпратиха до РЗИ-та във всички области на страната.

### 2.1. Пробовземане

Схемата за вземане на проби (измерване на концентрация на радон в жилища) беше ограничена до извадка от 2800 жилища за всички 28 области. Броят на 2800 включени в извадката жилища, е избран въз основа на опита от проведеното пилотно проучване през 2011 с помощта на МААЕ по регионален проект в 4 области. Извадката обхваща както селските, така и градските райони във всички административни области в България. На всяка област са отделени 100 броя детектори, а разпределението им в областта е стратифицирано по населени места, в зависимост от броя на населението. С цел да се контролира разпределението на пробите в областта за всяко РЗИ бе изготвена таблица с броя детектори за съответното населено място, които са приложения към Процедурата [16]. Метода на разпределение е избран „от врата до врата“ с домакинства от служителите на РЗИ. Жилищата в градовете и селата се избират произволно или с помощта на кметствата в региона. Участниците в проучването са служители в администрацията на кметствата, техни познати или живеещи в населеното място получили информация за проучването. Тези две условия – контролираното разпределение и подбора на доброволци, както и личния разговор на служителите от РЗИ „от врата до врата“, които са подбрани на случаен принцип, гарантират представителността на извадката за България.

Измерването на концентрацията на радона се извърши в приземните етажи на обитаеми жилищни сгради. Концентрацията на радон зависи и от начина на проветряване и навиците на обитателите, поради това детекторите трябваше да се поставят в дневни или спални, където се предполага, че обитателите прекарват повечето от времето си. За точното позициониране на детекторите в помещенията бяха предоставени инструкции. Препоръчано бе детекторите да се постави далеч от врати, прозорци и отоплителни уреди, като най-подходящото място може да е върху етажерка или библиотека в дневната или спалнята.

За описанието на вида на конструкциите на сградите и други данни за сградата се попълваха въпросите от анкетната карта. Поставянето на детекторите, попълването на анкетните карти и базата данни беше извършено от съответните представители на РЗИ.

Общият брой на предоставените детектори за първа и втора фаза е 5600 броя, както и броя на загубените детектори за първа фаза е 191 броя, а за втора фаза 204 броя. В много от случаите детекторите са върнати в лабораторията неотваряни от защитното фолио или след обработката на чиповете, резултата е под минимално откриваемото ниво, което също се счита за загуба на резултат.

През втората фаза много от доброволците включени по време на първата фаза са отказали измерванията. Поради тази причина във втората фаза бяха добавени нови жилищни сгради. По този начин броя на общите загуби на резултат в резултат на откази на доброволците да участват във втората фаза е редуциран до 24 броя, тъй като всички измервания, дори и само от една от двете фази са включени при оценката.

## *2.2. Анкетни карти и протоколи*

За събиране на допълнителна информация при провеждане на Националното проучване са изготвени анкетни карти (Приложение № 1). Анкетната карта е оформена така, че да се получи необходимата за базата данни информация за обследваните жилища. Попълването на анкетната карта, съгласно Процедурата се извършва от доброволците с помощта на служителите на РЗИ. Тази информация се попълваше в електронен вид от служители на РЗИ и беше изпратена в НЦРРЗ. Обобщаването на данните беше затруднено от големия брой показатели, които са включени в електронната база данни.

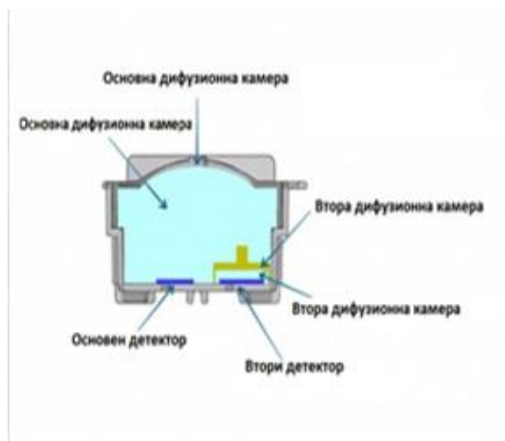
Голяма част от събираната информация е свързана със строителни термини, поради това не всички позиции са попълнени, като има вероятност някои от тях да са попълнени некоректно. В точка „Резултати“ от настоящия отчет е представен точния брой на отговорите по показатели. Въпреки, че РЗИ провериха и верифицираха данните, голяма част от анкетните карти не бяха попълнени в електронен вид, а РЗИ – Монтана и София-град изобщо не въведоха данни. Сътрудници на НЦРРЗ от лаборатория „Мониторинг и превенция на радон“ провериха значителна част от анкетните карти за съответствие с информацията на РЗИ в електронен вид, като отстраниха неточностите и допълниха базата с резултатите от РЗИ, които не са попълнили електронния файл.

В процеса на провеждане на проучването за по-голяма яснота, се изготвиха допълнителни инструкции и указания за смяната на детекторите, съхранението, изпращането до НЦРРЗ и въвеждането на данните.

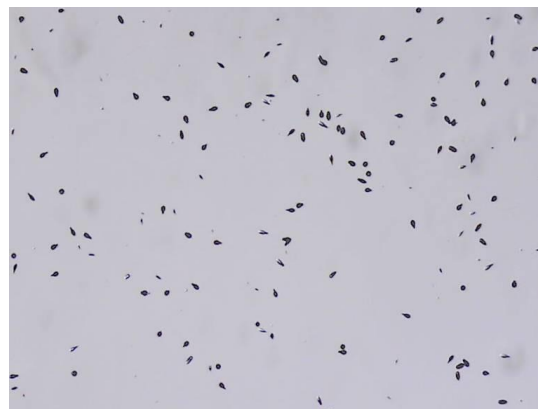
## *2.3. Методи на измерване и обработка*

В провеждане на националното проучване са използвани пасивни детектори за дългосрочно (6 месеца) измерване на концентрацията на радон в сгради. Детекторите се състоят от два CR-39 чипа, поставени в цилиндрични дифузионни камери, представляващи филтър за прах и дъщерните продукти на радон (Фигура 1). Алфа-частиците попаднали

върху чипа оставят следи (трекове) върху него. Двата чипа осигуряват линейната зависимост на трековете, получени от  $^{222}\text{Rn}$  върху CR-39 чипа, и концентрацията на радон в измерваното помещение. Следите по материала, с диаметър няколко десетки нанометра, получени след химична обработка, са показани на фигура 2. Основният детекторен чип е разположен в основната на дифузионна камера тип RSF. Вторичният чип работи с вторична дифузионна камера, чийто обем е много по-малък от този на основната камера.



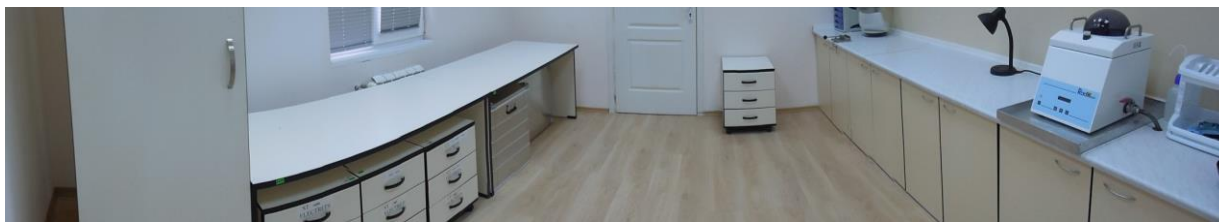
Фигура 1. Напречно сечение на RSFV камера



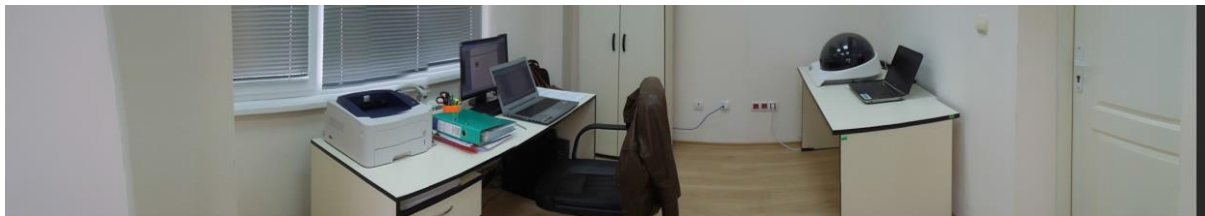
Фигура 2. Трекове върху CR-39 чип след химическа обработка

Основната камера има по-висока чувствителност, която е подобна на тази на стандартния тип RSFS камери. Коэффициентите на калибриране за RSFS и за RSFV камери се отнасят с формирация фактор 1.2 (препоръчан от производителя). При плътност на трековете на първичния чип над горната граница на линейния модел ( $40 \text{ tr./mm}^2$  препоръчана стойност от производителя), повреда или други артефакти на същия чип, за определяне на концентрацията се използва вторичният детекторен чип. Вторият чип в същото време служи и за проверка на качеството на резултата, наред с това втория чип подsigурява избягване на загуба на резултат, причинена от фабрична повреда или повреда на първичния чип. Вторият чип също има идентификационен номер, който се различава от номера на първичния чип по последната цифра.

За обработката на детекторите и оценяване на концентрацията на радон във въздух в помещения в лаборатория „Мониторинг и превенция на радон“ се използва RADOSYS система, която се състои от: баня за ецване (Снимка 2), микроскоп за четене на трековете и софтуер за обработка на данните (Снимка 3). Обработката на детекторите и средствата за измерване се подготвят за работа съгласно инструкциите за измерване в Лаборатория „Мониторинг и превенция на радон“.



Снимка 1. Баня за ецване в Лаборатория МПР



Снимка 2. Електронен микроскоп на четене на трековете в Лаборатория МПР

При връщането на детекторите от РЗИ те се завеждат в лабораторията във Входящ дневник и се съхраняват в ексикатор с активен въглен до подготовката за ецване и както и преди самото ецване. Преди ецването детекторите се разглобяват с помощта на клещи. Използват се ръкавици, за да се избегне замърсяването на чиповете, което може да доведе до грешни резултати. Чиповете се поставят на слайда, който се закрепя на държач. Слайдът се номерира, като се записва годината (последните 2 цифри от нея) и поредния номер на слайда за съответната година. Всяка година номерирането на слайдовете започва от 1. На всеки слайд има по 12 гнезда за CR-39 чипове. След механичната обработка на детекторите се извършва химична обработка (ецване). Детекторите се подготвят за ецване съгласно работните инструкции. При всяко ецване се издава протокол за проверка на ецването с цел да се избегнат грешки и предприемането на коригиращи действия, ако възникнат такива. За всяко ецване се приготвя нов разтвор. Броят на следите от алфа частиците на единица площ, след изваждане на фона, е право пропорционален на концентрацията на радон в измерваното помещение. Получените резултати от прочитането на трековете от електронния микроскоп, за обработваните детектори се записват във файл. Резултатът от микроскопа се получава в плътност на трековете [ $\text{tr./mm}^2$ ]. Файлът се обработва в Ексел, като се следват работните инструкции в лабораторията.

***Пробовземането, обработката и изчислението на резултатите се извършва в съответствие с ISO 11665-4:2012 „Measurement of radioactivity in the environment - Air: radon-222 - Part 4: Integrated measurement method for determining average activity concentration using passive sampling and delayed analysis“.***

Основен компонент при оценка на концентрацията на радон е фонът на партидата детектори. Фонът на детекторите зависи от условията на производство и съхранение и може да бъде доста различен за детекторите от различни производствени партии, така че те трябва да бъдат рутинно оценени, чрез измерване на плътността на трековете на детектори, които не са използвани за измерване, както и оценката на нулевите детектори. По този начин се оценява стареенето на чипа на детектора, което може да повлияе на коректната оценка на концентрацията на радон.

Определеното ниво на детектиране (откриване) на базата на калибрирането и оцененения фон е  $LD=10 \text{ Bq/m}^3$  за партидите детектори, използвани при провеждане на Националното проучване.

В лаборатория „Мониторинг и превенция на радон“ са обработени 5262 броя чипове за първа фаза и 5242 за втора фаза или общо за двете фази **10504** детектора. Резултатите, за които са получени стойности под нивото на детектиране не се включват при обобщаването и обработката в настоящия отчет.

#### *2.4. Осигуряване на качеството и анализ на резултатите*

Основният елемент за осигуряване качество на измерванията е осигуряване на проследимостта на измерванията. Лаборатория „МПР“ осигурява проследимост на измерваната величина до първичен еталон, чрез непрекъснатата верига от калибрания. Чрез калибрирането се определя стойността, която преобразува измереното число трекове във физична величина – концентрация на радон. Проследимостта на резултатите за концентрацията на радон във въздух, измерени с RADOSYS система до референтна атмосфера се извършва за всяка закупена партида детектори в три или пет точки (различни концентрации на радон) съгласно ISO 11665-4:2012. Облъчването на детекторите в референтна атмосфера, проследима до национален или международен еталон се извършва от външна акредитирана лаборатория. За двете партиди детектори, използвани в националното проучване Лаборатория „Мониторинг и превенция на радон“ е изпратила детектори за облъчване до акредитирана лаборатория в Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) – Германия. Издадените сертификати за калибриране се съхраняват в досието на измерващата система: СК № 04/05.05.2015 г. и № 07/20.04.2016 г. Поради продължителния период на престой в измерваните помещения на детекторите от първата фаза на измерването се появи необходимост от повторно калибриране на тези детектори (СК № 05/20.04.2016 г.). За определяне на калибровъчния коефициент облъчените детектори са обработени по същия начин, както останалите от проучването.

За да се гарантира точността на получените резултати, се провеждат измервания за контрол на качеството. Използват се два типа измервания: дублиращи и нулеви. За оценка на точността и прецизността на измерваните концентрации на радон се разпространени дублиращи и нулеви детектори. С дублиращи измервания се оценява прецизността на измерванията. Те се използват за оценка на качеството на измерването през целия процес. Дубликати са детектори, разположени на същото място, за същия период на измерване. Бройката на дублиращите детектори за една група от измервания е приблизително 10 % от целия брой детектори. Дублиращите детектори се обработват в лабораторията за анализ по същия начин като останалите детектори, така че процесът на обработка да не влияе върху получения резултат. Резултатите от дублиращия детектор, трябва да са приблизително равни на резултатите от основния. Оценка на точността се извършва с нулеви детектори. Те се използват за оценка на влиянието на пренасянето от лабораторията до помещението и обратно, съхранението и други процеси при определяне на концентрацията на радон в помещението. Нулевите детектори са детектори, които не се разопаковат или отварят, за да

не могат да регистрират радон. Те престояват същия период от време в измерваното помещение, но в затворено състояние. Тъй като нулевите детектори не са изложени на експозицията на радон, то тяхната стойност теоретично трябва да е около 0.03 Bq/m<sup>3</sup>.

През първата фаза са разпространени 98 броя дублиращи детектори и 28 нулеви детектори, а през втората фаза 51 броя дублиращи и 28 нулеви детектори. За двете фази са изготвени протоколи за дублиращи измервания № МПР-07/14.10.2016 г. и № МПР-08/15.12.2016 г. представени в Приложение № 2.

Разпределението на измерените концентрации на радон има логнормална форма. Това се дължи на мултипликативната комбинация от много параметри, влияещи на концентрацията на радон в сградите [17]. При представяне на обобщените стойности се оценят параметрите, описващи логнормалното разпределение, които са средна геометрична стойност (GM) и стандартно геометрично отклонение (GSD) [17]. При разглеждането на разпределението на стойностите е извършена проверка на логнормалността чрез графично представяне на стойностите върху Q-Q графика, където перфектно логаритмично разпределените данни ще изглеждат като права линия. Отклонения от логаритмичното разпределение често се случват на опашката, където са високите стойности на измерените концентрации на радон. Оценката на параметрите на логнормалните разпределителни – GM и GSD, в настоящия отчет са получени от разпределението на логаритмичните стойности, които не са коригирани със стойности на концентрацията на радон на открито. Концентрации на радон на открито не са измервани систематично на територията на цялата страна, а само на отделни места. Очаквания брой на жилищата надвишаващи референтното ниво е получен от логнормалното разпределение на база средна геометрична стойност (GM) и стандартно геометрично отклонение (GSD).

Средногодишната концентрацията на радон в жилищата е оценена от измерените стойности за първа и втора фаза, чрез средно претеглена стойност за двете фази. За резултатите, за които няма две измервания за цялата година стойностите са определени, чрез съотношението на двете фази за съответната област, тъй като вариациите на концентрацията на радон зависят, както от геологията на района, така и от климатичните условия на областта.

За обобщаването на резултатите се използват основни статистически методи – дескриптивна статистика, процентното разпределение на измерените стойности и вариациите на концентрацията на радон във жилищата, оценени са и параметрите, описващи лог-нормалното разпределение на средногодишните стойности на концентрацията на радон. Тъй като настоящият отчет има за цел представяне на резултатите от националното проучване в него не са търсени корелационни зависимости, както и не са оценявани факторите, които биха повлияли на концентрацията на радон в жилища. В него са анализирани и обединени резултатите по области и различни показатели, събрани от анкетните карти.

### 3. РЕЗУЛТАТИ

#### 3.1. За цялата страна

Обобщение на резултатите от двете години на проучването е представено в Таблица 1 от Приложение № 3. Средната годишна концентрация на радон в помещения за измерените жилища е  $111.2 \text{ Bq/m}^3$ . Измерените стойности са в диапазона от 12 до  $1314 \text{ Bq/m}^3$ . Максималната стойност от  $1314 \text{ Bq/m}^3$  е измерена в къща в област Сливен. В таблицата са представени стойностите на средноаритметичната стойност за измерванията през фаза 1 –  $100 \text{ Bq/m}^3$  и за фаза 2 –  $142 \text{ Bq/m}^3$ . Средната концентрация на измерванията през втората фаза от националното проучване е през зимния период и е близка до средната концентрация на радон ( $158 \text{ Bq/m}^3$ ) от пилотното проучване на концентрацията на радон в 4 области, проведено октомври 2011 – май 2012 г. [18,19]. Измерванията включващи зимния период, дори и да са продължителни (6 месеца) могат да доведат до завишение на стойностите на концентрациите.

Средната геометрична стойност - GM ( $\text{Bq/m}^3$ ), определена за първа фаза е  $76.4 \text{ Bq/m}^3$ , за втора фаза  $98.0 \text{ Bq/m}^3$ , а за целия период на измерване от една година е  $81.6 \text{ Bq/m}^3$ . В следващата таблица са сравнени средно аритметичните и средно геометричните стойности за страната с публикувани стойности за други страни.

Таблица. Литературна справка за средно аритметични и геометрични стойности за други страни

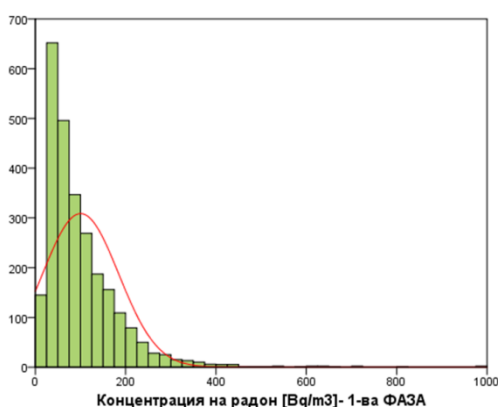
ДЪРЖАВА	<sup>222</sup> Rn ( $\text{Bq/m}^3$ )		Литература	
	AM	GM		
1	Белгия	48	38	[9]
2	Франция	89.3	53.5	[9]
3	Германия	50	40	[9]
4	Ирландия	89	57	[9]
5	Англия	90	50	[9]
6	Чехия	118	94.4	[9]
7	Унгария	107	82	[9]
8	Полша	49	31	[9]
9	Румъния	25	-	[9]
10	Словакия	87	-	[9]
11	Гърция	73	52	[9]
12	Италия	75	57	[9]
13	Словения	87	60	[9]
14	Испания	90.4	45.7	[9]
15	Македония	105	84	[20]
16	Естония	120	92	[9]

ДЪРЖАВА		<sup>222</sup> Rn (Bq/m <sup>3</sup> )		Литература
		AM	GM	
17	Финландия	120	84	[9]
18	Латвия	49	38	[9]
19	Швеция	108	56	[9]
20	Норвегия	73	40	[9]
<b>България</b>		<b>111</b>	<b>82</b>	

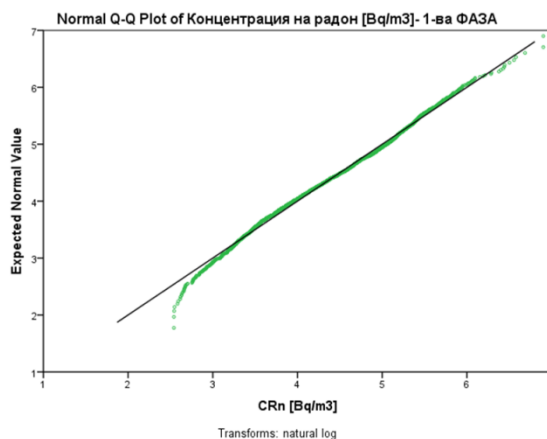
Стойностите за концентрацията на радон в жилища са в граници типични за стойностите в страните в Европа. Средно аритметичните и средно геометричните стойности са по-ниски от публикуваните в литературата за Естония, Финландия, Чехия. Те са съизмерими с Македония, Унгария и Швеция, но са по – високи от публикуваните стойности за Белгия, Франция, Германия, Ирландия, Англия, Гърция, Италия, Испания и други.

В Таблица 1 от Приложение № 3 е представена определената средно претеглена стойности (107.8 Bq/m<sup>3</sup>) въз основа на броя население към 31.12.2016 г. за страната по статистически данни от Националния статистически институт (<http://www.nsi.bg/bg/content/>). Схемата на разпределението на детекторите е осъществена на базата на броя на населението, за това средно претеглената стойност по брой на населението е приблизително равна на средно аритметичната стойност. Поради това може да се счита за представителна по отношение облъчване на населението от естествения източник на йонизиращо лъчение радон.

Разпределението на измерените стойности на концентрацията на радон за първа и втора фаза и оценената средногодишна концентрация на радон са представени на Фигури 3, 4 и 5.



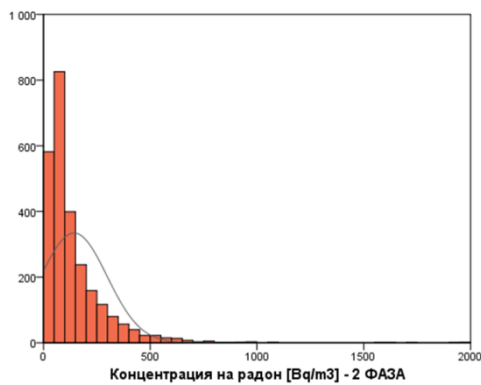
а)



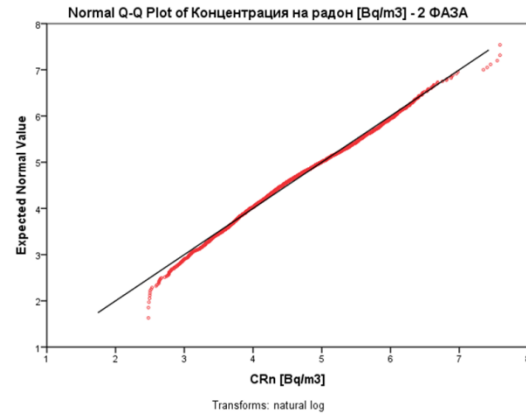
б)

Фигура 3. Разпределение на измерените стойности на концентрацията на радон през първа фаза

а) хистограма на концентрацията на радон б) Q-Q графика на разпределението на стойностите



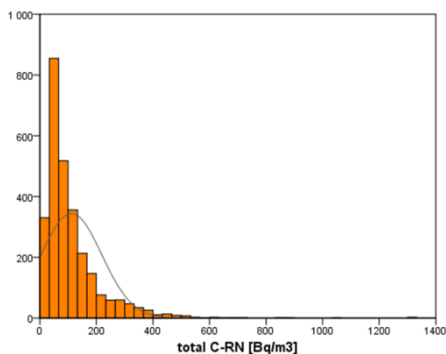
а)



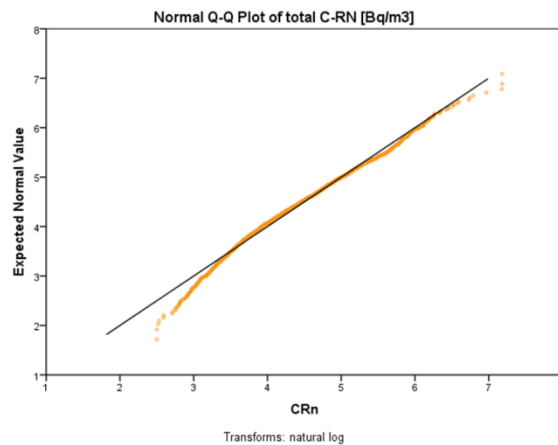
б)

Фигура 4. Разпределение на измерените стойности на концентрацията на радон през втора фаза а) хистограма на концентрацията на радон б) Q-Q графика на разпределението на стойностите

На Фигурите 3б), 4б) и 5б) е представена проверката на логнормалността на разпределението, чрез графично представяне на стойностите върху Q-Q графика, където се вижда, че логаритмично разпределените данни следват права линия. Отклонения от правата линия има в краищата на графиките, където са високите стойности на честотното разпределение на измерените концентрации на радон. Логаритмичното разпределение, оценено с геометричните средни и геометричните стандартни стойности води до подценяване на високите стойности [21,22]. По-добро съответствие с резултатите от измерването може да бъде получено, когато от всяка измерена стойност се изважда концентрация на радон на открито - представляваща външен принос към вътрешната концентрация. Това води до увеличаване на геометричното стандартно отклонение, както до повишаване на очаквания брой жилища с висока концентрация на радон .



а)



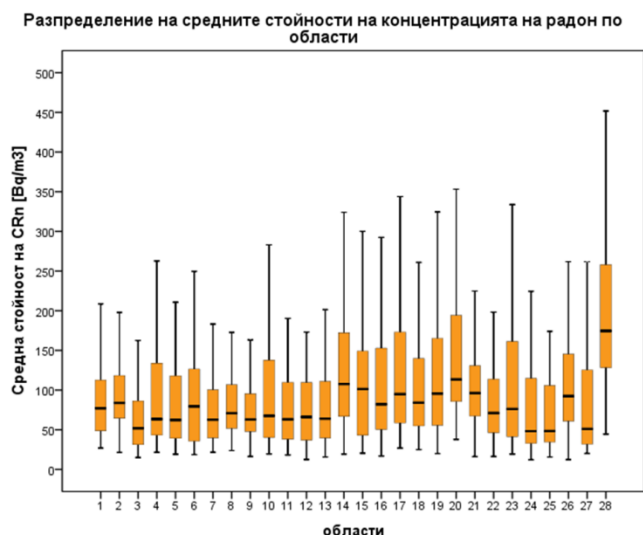
б)

Фигура 5. Разпределение на оценената годишна концентрация на радон в жилища за България а) хистограма на концентрацията на радон б) Q-Q графика на разпределението на стойностите

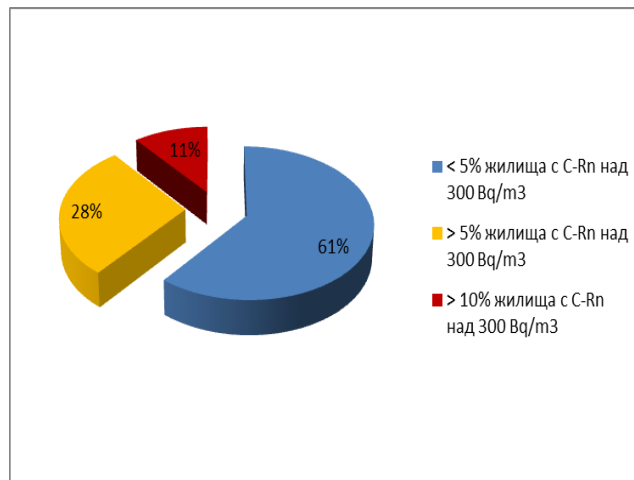
Таблица 2 от Приложение № 3 е представен като процент очаквания брой жилищни сгради с произход от предположението за логнормално разпределение на стойностите за страната. Получените по този начин резултати за концентрации под  $300 \text{ Bq/m}^3$ , над  $300 \text{ Bq/m}^3$ , и над  $200 \text{ Bq/m}^3$  са съответно 95,6 %; 4.4 % и 12.0%.

### 3.2. По области

Дескриптивната статистика на средно годишната концентрация на радон в жилища по области е представена в Таблица 3 от Приложение №3. Средната стойност на концентрацията на радон в измерените жилища по области варира от  $76 \text{ Bq/m}^3$  за област Монтана до  $212 \text{ Bq/m}^3$  за област Ямбол. Разпределението на средната концентрация на радон по области е представено на Фигура 6. Проучването не е планирано така, че да определи радоноопасни райони, но спомогна за идентифицирането на неизвестни досега райони с висока концентрация на радон.



Фигура 6. Средна стойност на концентрацията на радон по административни области



Фигура 7. Разпределение на областите по процент на жилища над  $300 \text{ Bq/m}^3$

В Таблица 2 от Приложение № 3 е оценен процента жилища над референтното ниво от  $300 \text{ Bq/m}^3$  за всяка област, при лог-нормално разпределение на годишните концентрации на радон от обследваните жилища, като той варира от 0.6 за област Бургас до 17.5 % за област Ямбол. В таблицата са представени кодовете на областите, определени в Процедурата. На Фигура 7 е показано процентното съотношение на областите по процент жилища над референтното ниво. В 61% от областите в България очаквания процент на жилищата над референтната стойност от  $300 \text{ Bq/m}^3$  е по малък от 5%, в 28% от областите е над 5%, а в 11% или в 3 от областите този процент е на 10 %. В някои страни референтното

ниво е  $200 \text{ Bq/m}^3$ , за това в Таблица 2 от Приложение № 3 е определен очаквания процент жилища по области и за страната за  $200 \text{ Bq/m}^3$ . Тези данни могат да послужат за обосноваване на референтното ниво в нашето законодателство и оптимизиране на радиационната защита.

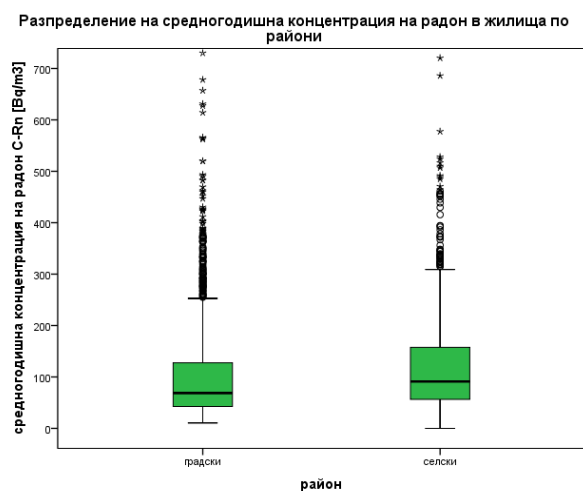
В Таблица 3 от Приложение № 3 е определен коефициента на вариации на годишната концентрация на радон за всяка област. Той е показателен за вариациите на концентрациите на радон в областта. Най-високият коефициент е 139.6 % за област Пазарджик, което демонстрира, че могат да бъдат установени концентрации над  $1000 \text{ Bq/m}^3$ , макар че процентът на жилища е 2.2 % и средно-геометричната концентрация на радон е  $68.6 \text{ Bq/m}^3$ . Следователно действия за редуцирането на облъчването от радон следва да бъдат прилагани навсякъде, дори и в районите с нисък потенциален риск, но тези мерки могат да бъдат степенувани на база на определена класификация.

### 3.3. По показатели

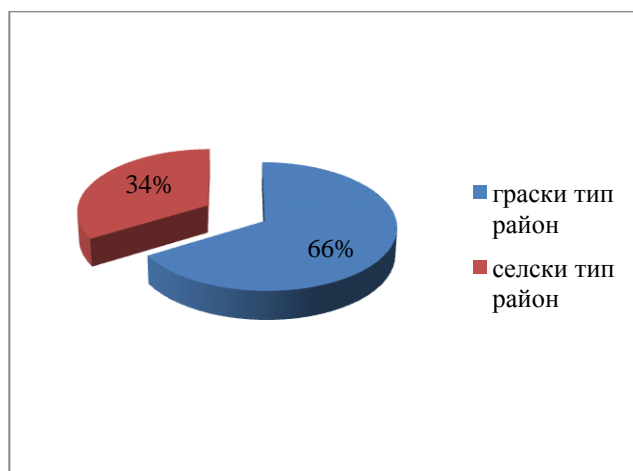
Събраната информация по анкетните карти позволява данните за годишната концентрация на радон в жилища да бъдат обобщени по различни показатели. Оценките са извършени само на концентрациите на радон, за които има отговор за показателя. При липса на информация, резултата не се отчита. За някои показатели, някои подгрупи са отпаднали, поради малкия брой на извадката проби за съответната подгрупа, а резултатите са обединени с други групи.

#### Особености на местността и тип на района

По показател „особености на местността“ резултатите за средногодишна концентрация на радон са обединени на следните групи: утаечни скали (варовик, доломит, пясъчник); пясъчлива почва; глинеста почва; магмени скали (гранит, базалт); метаморфни скали (мрамор, гнайс...) и дескриптивната статистика е представена в Таблица 4 от Приложение № 3. Групата магмени скали е с най-висока средна стойност на средногодишната концентрация на радон в жилища.



Фигура 8. Средна стойност на концентрацията на радон по тип район



Фигура 9. Разпределение резултатите в зависимост от типа район

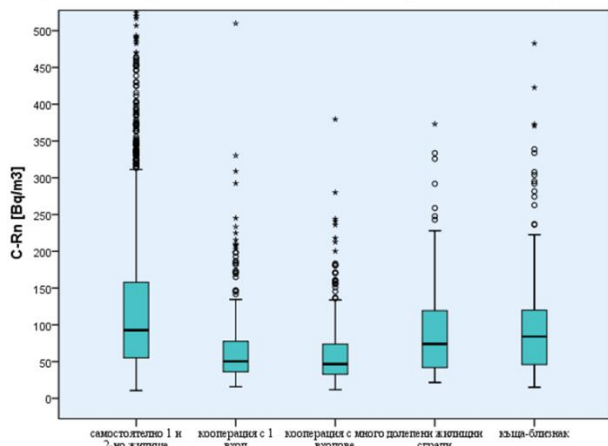
По показател „особеностите на местността“ резултатите са групирани в зависимост от вида на скалите в района, но съдържа и видове почва. Групата пясъчлива почва е подгрупа в групата утаечни скали. Отговорите за метаморфни скали (мрамор, гнайс...) са само 6, което показва, че при попълването на отговорите в анкетата има вероятност да са допуснати грешки. За това тези данни при следващи проучвания следва да се събират от специализирани инстанции.

Средногодишните концентрации на радон са групирани по типа на района – градски или селски, резултатите по групи са представени в Таблица 5 от Приложение № 3, а на Фигура 8 са показани средните стойности по групите. Процента на измерените жилища в градски тип район е по-голям този в селски район. Пробите са разпространени в зависимост от броя на населението, живеещо в населеното място. Средната стойност на концентрацията на радон в селски тип район е по-голяма от средната стойност в градски тип, но не е оценена статистически значимата разлика между двете стойности.

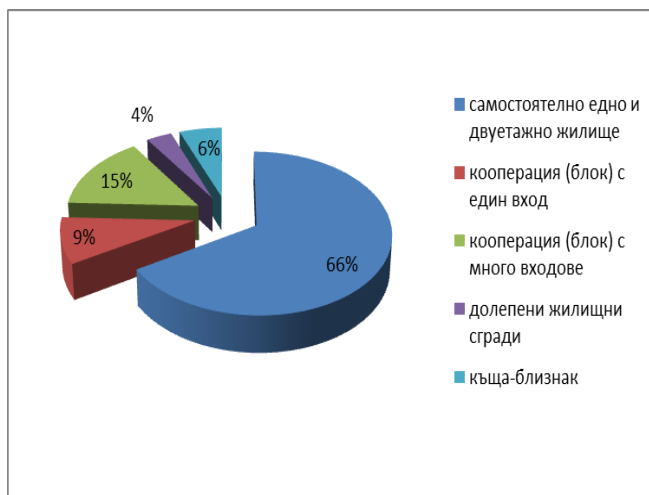
### Предназначение и тип на сградата

По показател „предназначение и тип на сградата“ резултатите са обединени в 5 групи, както следва: самостоятелно едно и двуетажно жилище; кооперация (блок) с един вход; кооперация (блок) с много входове; долепени жилищни сгради; къща-близнак. Разпределението на детекторите съгласно Процедурата за провеждане се извърши само в жилища за постоянно пребиваване, за това резултатите от групата „жилищни сгради за постоянно обитаване“ са прегрупирани в другите групи в зависимост от отговорите на показателя „етажност на сградата“.

Разпределение на средногодишните концентрации по предназначение на сградата



Фигура 10. Средна стойност на концентрацията на радон по предназначение и тип на сградата



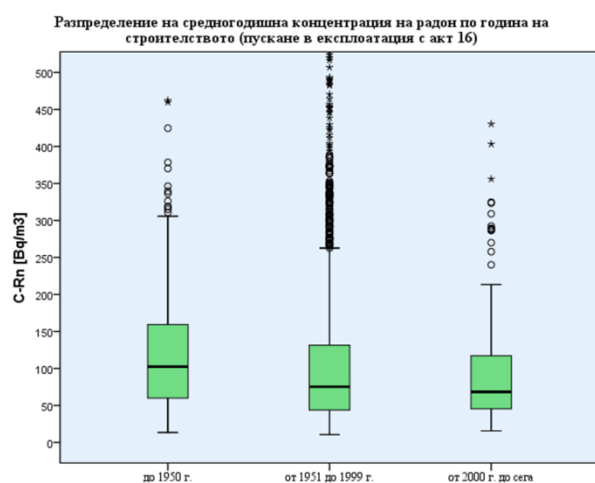
Фигура 11. Процент на резултатите в зависимост от предназначение и тип на сградата

Резултатите на обобщените стойности за средната стойност на концентрацията на радон по предназначение и тип на сградата са представени в Таблица 6 от Приложение № 3. Процента на измерени сгради в зависимост предназначението и типа е показан на графиката на Фигура 11, а разпределението на средните стойности на Фигура 10. Средните стойности на оценените годишни концентрации на радон за измерените къщи е по-голяма от стойностите за кооперации.

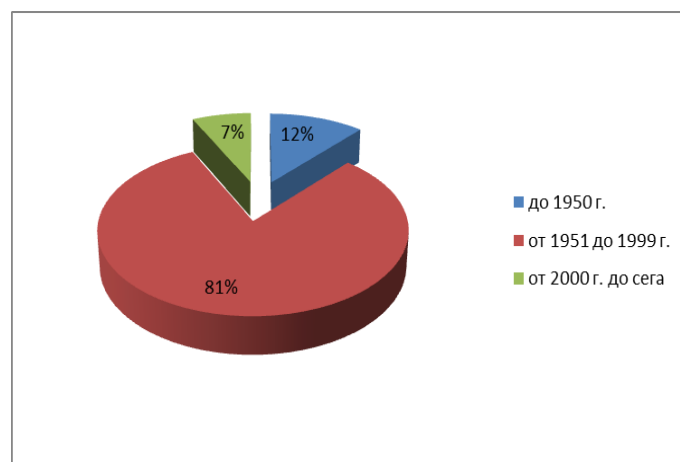
Показателя на „етажност на сградата“ не е разглеждан в настоящия отчет поради дублиране на информацията с показателя „предназначение и тип на сградата“.

#### Година на строителство

Резултатите за оценената годишна концентрация на радон в обследваните жилища са обединени в три групи: сгради строени до 1950 г., сгради с година на строителство от 1951 до 1999 г. и от 2000 г. до сега. Обобщените резултати са представени на Таблица 7 от Приложение № 3, а графиките на Фигури 12 и 13.



Фигура 12. Средна стойност на концентрацията на радон по година на строителството на сградата

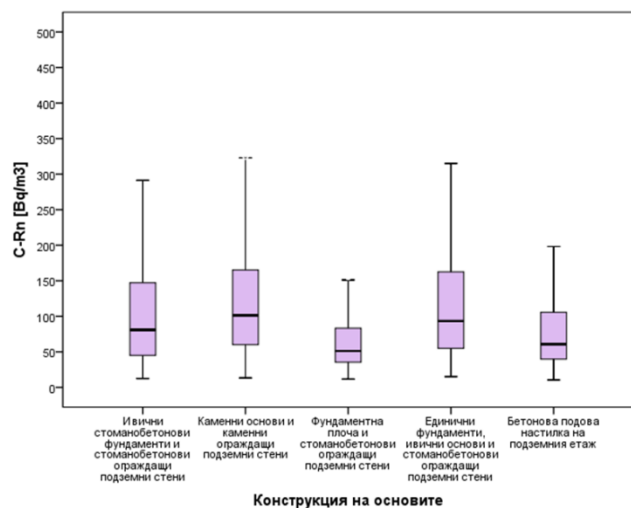


Фигура 13. Процент на резултатите в зависимост от година на строителството на сградата

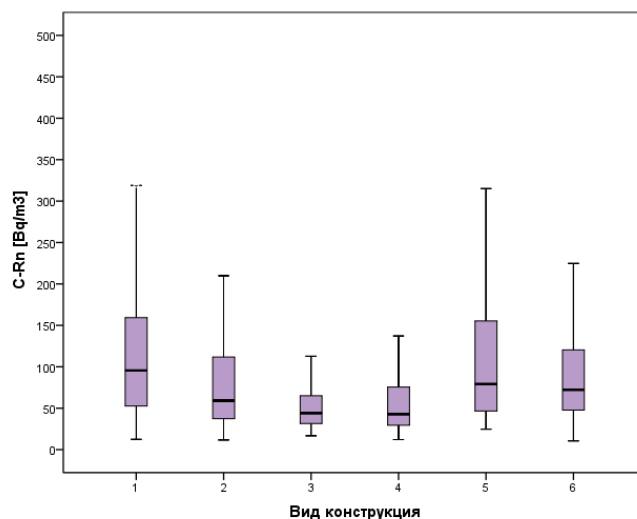
За този показател данните от анкетните карти са за 2409 броя жилища, за 367 броя няма попълнени отговори. Процентът на измерените жилища, които са построени през периода 1951 г. до 1999 г. е най-голям – 81%. Коефициентът на вариации 96% е най-голям за тази група и максималната стойност за годишната концентрация е оценена за тази група. Средните стойности на оценените годишни концентрации на радон за групата сгради, построени до 1951 г. е най-висок, вероятно поради състоянието на сградите или извършен ремонт без да е взета под внимание концентрацията на радон в жилището.

#### Конструкция на основите

За вида на конструкция на основите резултатите са обединени в 5 групи, както следва: Ивични стоманобетонени фундаменти и стоманобетонени ограждащи подземни стени; Каменни основи и каменни ограждащи подземни стени; Фундаментна плоча и стоманобетонени ограждащи подземни стени; Единични фундаменти, ивични основи и стоманобетонени ограждащи подземни стени; Бетонена подова настилка на подземния етаж. Резултатите за групата „Фундаменти върху скална основа“ са 9 броя и те са обединени с групата „Каменни основи и каменни ограждащи подземни стени“. Резултатите за „Пилотни фундаменти“ са 15 броя и тези резултати с резултатите за групата „Единични фундаменти, ивични основи и стоманобетонени ограждащи подземни стени“. Събирането на подробна информация за конструкцията на основите е много специализирана. Тази информация следва да бъде класифицирана и обобщена за по-окупнени групи, което да позволява систематизиране на резултатите, които да носят достоверна и свързана с проблема радон информация. По показател – „конструкция на основите“ отговори има за 2687 резултата.



Фигура 14. Средна стойност на концентрацията на радон по вида на конструкцията на основите



Фигура 15. Средна стойност на концентрацията на радон по вид на конструкцията.

**Легенда** 1-Зидани сгради (носеща зидария от тухли; 2-Монолитни (носещи стоманобетонени колони, греди, плочи); 3-Панелно жилищно строителство (ПЖС); 4-Пакетно повдигани плочи (ППП); 5-Сгради със скелетно-гредова конструкция и различни видове на фундиране; 6-Сгради с комбинирани конструкции от други нови строителни материали

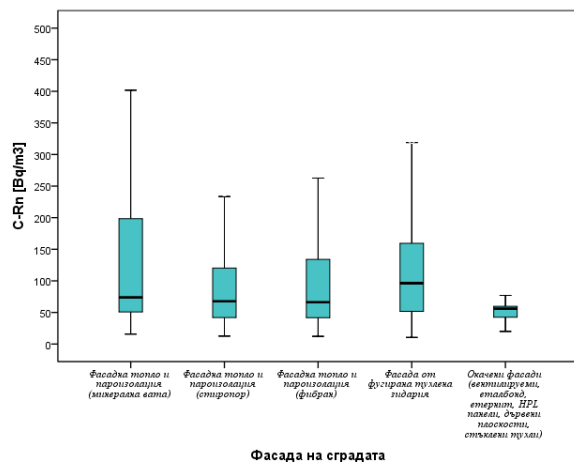
Обобщена информация по показателя е представена в Таблица 8 от Приложение № 3 и на графика на Фигура 14. Броя на обследваните жилища с „Каменни основи и каменни ограждащи подземни стени“ е най-голям – 942 броя и средната стойност на оценената годишна концентрация на радон за тази група е с най-висока стойност ( $136 \text{ Bq/m}^3$ ).

## Вид на конструкцията на сградите

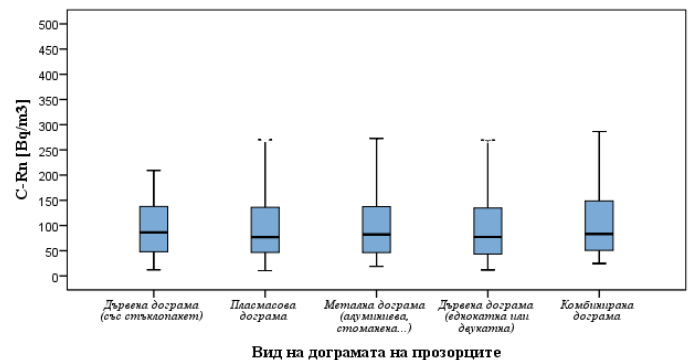
За вида на конструкцията на сградите резултатите са обединени в 6 групи: 1-Зидани сгради (носеща зидария от тухли; 2-Монолитни (носещи стоманобетонени колони, греди, плочи); 3-Панелно жилищно строителство (ПЖС); 4-Пакетно повдигани плочи (ППП); 5-Сгради със скелетно-гредова конструкция и различни видове на фундиране; 6-Сгради с комбинирани конструкции от други нови строителни материали. Поради малкия обем на извадката на резултати следните групи са обединени с групи както следва: „Сгради с дървени конструкции“ с брой на отговорите 37 са добавени към 6--Сгради с комбинирани конструкции от други нови строителни материали; „Едроплощен кофраж (ЕПК)“ с отговори 18 броя е добавена към 4-Пакетно повдигани плочи (ППП); „Масивна конструкция“ с брой отговори 7 към 2-Монолитни (носещи стоманобетонени колони, греди, плочи). Обобщена информация по показателя е представена в Таблица 9 от Приложение № 3 и на графика на Фигура 15, като в легенда под фигурата е описан вида на групите конструкции. Средната аритметична стойност на оценените годишни концентрации на радон на групите 3-„Панелно жилищно строителство (ПЖС)“ и 4-„Пакетно повдигани плочи (ППП)“ са с най-ниска концентрация, съответно 56 и 61 Bq/m<sup>3</sup>.

## Вид на фасада на сградата

Отговорите за вида на фасадата на сградата по анкетните карти са 1218 броя или за по-малко от половината резултати има отговор. Това показва, че въпросът и дадените отговори в анкетата са формулирани така, че са затруднили участниците в проучването и служителите от РЗИ и изискват специални познания за строителството на сградата.



Фигура 16. Средна стойност на концентрацията на радон в зависимост от фасадата на сградата



Фигура 17. Средна стойност на концентрацията на радон по вид на дограмата на прозорците.

Групите по този показател са 5 и са както следва: Фасадна топло и пароизолация (минерална вата); Фасадна топло и пароизолация (стиропор); Фасадна топло и

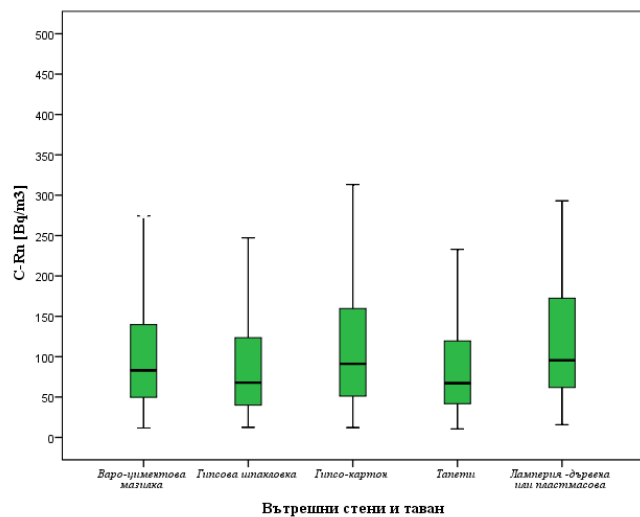
пароизолация (фибран); Фасада от фугирана тухлена зидария; Окачени фасади (вентилируеми, еталбонд, етернит, HPL панели, дървени плоскости, стъклени тухли). Резултатите за средната стойност за годишната концентрация на радон са представени в Таблица 10 от Приложение № 3 и на Фигура 16.

#### Вид на дограмата на прозорците

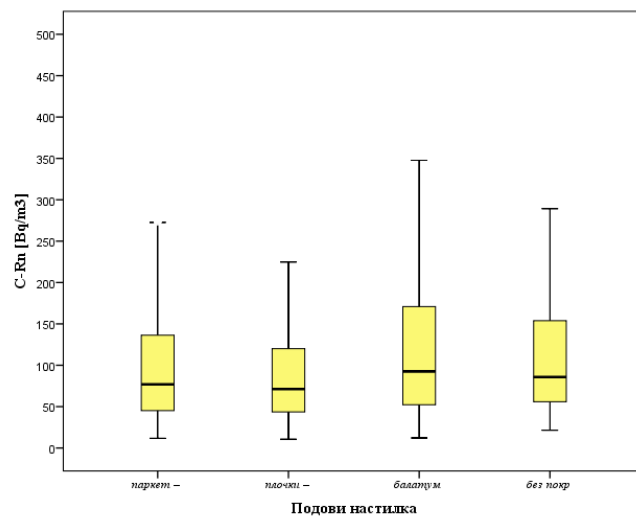
Групите по показател вид на дограмата на прозорците са 5 и са както следва: Дървена дограма (със стъклопакет); Пластмасова дограма; Метална дограма (алуминиева, стоманена); Дървена дограма (еднокатна или двукатна); Комбинирана дограма. Резултатите за средната стойност за годишната концентрация на радон са представени в Таблица 11 от Приложение № 3 и на Фигура 17. Средната аритметична стойност на групите резултати на годишните концентрации на радон в жилищата са приблизително равни.

#### Вътрешни стени и подова настилка

Обобщена информация по показател вътрешни стени е представена в Таблица 12 от Приложение № 3 и на графика на Фигура 18. Резултатите за оценената годишна концентрация на радон са обединени в следните групи: Варо-циментова мазилка; Гипсова шпакловка; Гипсо-картон; Тапети; Ламперия -дървена или пластмасова



Фигура 18. Средна стойност на концентрацията на радон в зависимост от покритието на вътрешните стени и тавани



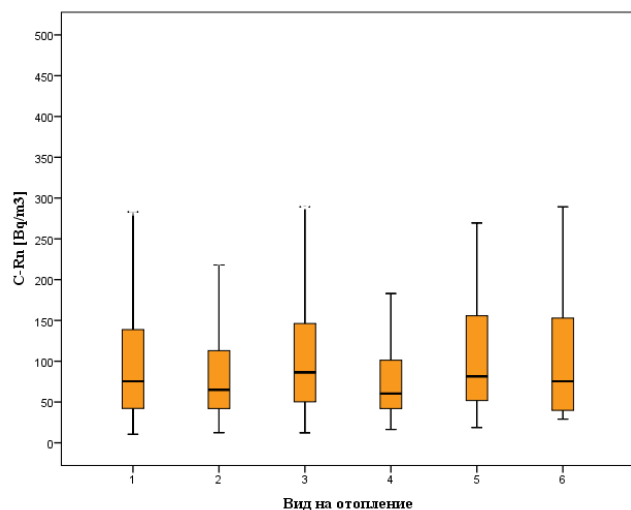
Фигура 19. Средна стойност на концентрацията на радон по вид на подовата настилка .

Резултатите за оценените средногодишни концентрации на радон са обединени в зависимост от вида на подовата настилка в жилището в 4 групи: паркет –дърво или ламинат, дюшеме; плочки – фаянс, теракот, гранитогрес; балатум; без покритие. Средните концентрации, броя на жилищата, вариациите, максимална и минимална стойност за

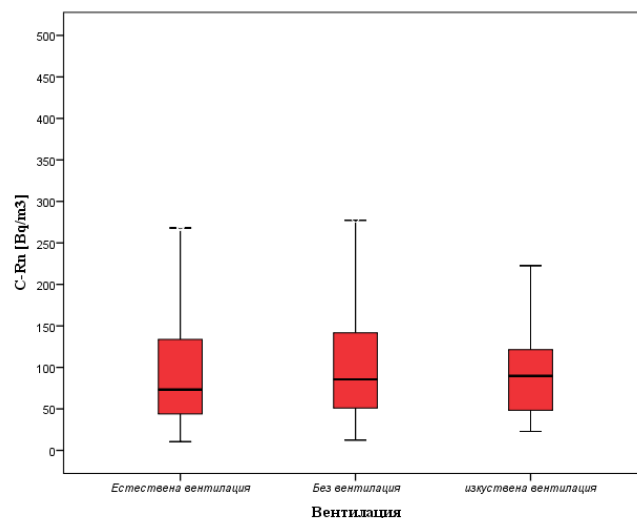
групата са представени в Таблица 13 от Приложение № 3. На Фигура 19 са показани графично средно аритметичните стойности по групите за показателя „вид на подовата настилка“. Най-ниската средно аритметична концентрация на концентрацията на радон има групата на обследваните жилища, които имат подови настилки - плочки – фаянс, теракот, гранитогрес ( $99 \text{ Bq/m}^3$ ), а най-висока стойност жилищата с подова настилка балатум ( $124 \text{ Bq/m}^3$ ).

#### Вид на отоплението и вентилацията

Резултатите за оценените средногодишни концентрации на радон са обединени в зависимост от вида на отоплението в жилището в 6 групи: Централно, локално отопление (водна пара); Електрическо; Отопление на твърдо гориво (дърва, въглища, пелети и др.); Отопление на газ; Без отопление; Локално отопление на дизелово гориво. Средните концентрации, броя на жилищата, вариациите, максимална и минимална стойност за групата са представени в Таблица 14 от Приложение № 3. На Фигура 20 са показани графично средно аритметичните стойности по групите за показателя „вид на отоплението“. Най-ниската средно аритметична концентрация на концентрацията на радон имат групите на обследваните жилища, които използват електричество и газ ( $93 \text{ Bq/m}^3$  и  $90 \text{ Bq/m}^3$  съответно), а най-висока стойност жилищата с твърдо гориво ( $121 \text{ Bq/m}^3$ ).



Фигура 20. Средна стойност на концентрацията на радон в зависимост от вида отопление  
**Легенда** 1-Централно, локално отопление (водна пара); 2-Електрическо; 3-Отопление на твърдо гориво; 4-Отопление на газ; 5-Без отопление; 6-Локално отопление на дизелово гориво



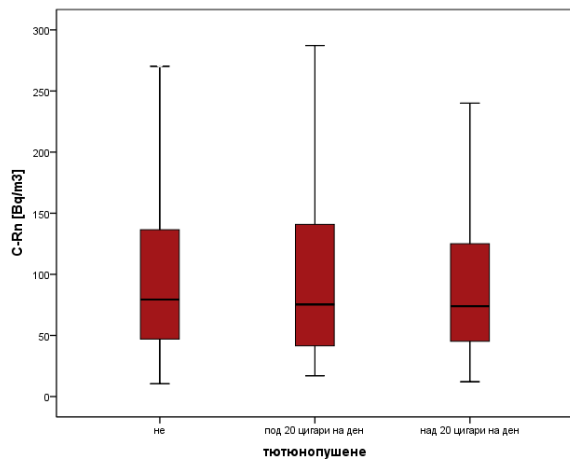
Фигура 21. Средна стойност на концентрацията на радон по вид на вентилационната система в обследваното жилище .

Средно аритметичната стойност на групата жилища, които са без отопление е  $124 \text{ Bq/m}^3$ , тази група е с брой на извадката 37 жилища и може да се предположи, че не се използват постоянно, за това концентрацията на радон е по-висока.

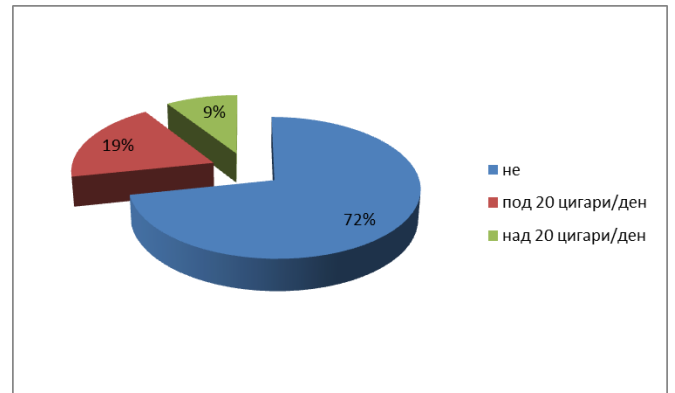
Вентилацията е показател, който основно оказва влияние върху концентрацията на радон в помещенията. Разгледани са групите – с естествена вентилация; без вентилация и с изкуствена вентилация. Обобщена информация по показателя е представена в Таблица 15 от Приложение № 3 и на графика на Фигура 21. Броя на обследваните жилища с Изкуствена вентилация е 29 броя и както се очаква средната стойност на оценената годишна концентрация на радон за тази група е с най-ниска стойност ( $99 \text{ Bq/m}^3$ ).

### Тютюнопушене

Информацията за оценената годишна концентрацията на радон е обобщена в зависимост от тютюнопушенето на обитателите в обследваното жилище. Резултатите са представена в Таблица 16 от Приложение № 3 и на графика на Фигура 22 са показани средно аритметичните стойности на групите: не пушат; пушат под 20 цигари на ден и над 20 цигари на ден. Отговорите на въпроса са 2699, а процента на жилищата в съответната група е представен на Фигура 23.



Фигура 22. Средна стойност на концентрацията на радон по показател „тютюнопушене“



Фигура 23. Процент на резултатите в зависимост от показателя „тютюнопушене“

Съгласно отговорите от анкетните карти на обитателите на обследваните жилища 72% от доброволците не пушат. Най-високата средна аритметична стойност на концентрацията на радон е на групата, които не пушат, но следва да се определи дали разликата между групите е статистически значима.

#### 4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Националното проучване на нивата на средногодишната концентрация на радон в жилища по територията на Република България е проведено при изпълнение на Национална програма за намаляване на въздействието на концентрацията на радон върху здравето на българското население. Проучването е реализирано за период от една година и позволява оценката на средногодишната концентрация радон в жилищата. Разпределянето на детекторите е извършено на база процента на населението, живеещо в населените места и е реализирано от Регионалните здравни инспекции в произволно избрани жилища в градовете и селата. Националното проучване позволява за пръв път да бъде представено систематизирано разпределението на концентрациите на радон на територията на страната, която е представителна за облъчването на българското население от радон в жилища.

Средната концентрация на радон (средно аритметична стойност) за България е определена на  $111.2 \text{ Bq/m}^3$ , базирана на данните от оценената средно годишна концентрация на радона в обследваните жилища. Средно претеглена стойност на концентрацията на радон, оценена въз основа на броя население по области за 2016 г. е  $107.8 \text{ Bq/m}^3$ . Разпределението на стойностите на концентрацията на радон в жилища е лог-нормално и параметрите (средно геометрична стойности и геометрично стандартно отклонение), които го характеризират са установени на  $81.6 \text{ Bq/m}^3$  и  $2.1 \text{ Bq/m}^3$ . Средните стойности са съизмерими с публикувани стойности за страни от нашата географска ширина от Европа и могат да бъдат основа за изготвяне на национална стратегия за намаляване на облъчването от радон на българското население.

Очакваният процент, определен от логнормалното разпределение на годишните концентрации на радон в изследваните жилища, на надвишаващите референтното ниво от  $300 \text{ Bq/m}^3$  сгради е 4.4 %. Определен е очаквания процент на сградите с концентрация на радон над референтната стойност за всяка област, който варира от 0.6 до 17.5 %. Разликите в определения процент за различните области на страната или средните стойности могат да бъдат използвани за прилагане на степенувания подход за справяне с дългосрочния риск от облъчване от радон.

Участниците в проучването следва да бъдат информирани, за концентрацията на радон в жилищата им, за възможните рискове и възможните начини за намаляването на концентрацията, особено там където са установени такива над референтното ниво.

Провеждането на национално проучване на концентрацията на радон в жилища е един основен елемент при разработването на дългосрочна Национална стратегия за въвеждане и прилагане на мерките за редуциране нивата на концентрацията на радон и за гарантиране правилното управление на ситуацията на облъчване съразмерно на рисковете и ефективността на защитните мерки. Резултатите от него потвърждават необходимостта от продължаване на съвместните усилия на националните институции за намаляване на общия риск за населението, както и индивидуалния риск за всеки индивид.

## 7. ЛИТЕРАТУРА

[1] UNSCEAR 1977. Report of the United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation to the General Assembly. Sources and Effects of Ionising Radiation. United Nations, New York (1977).

[1] LUBIN, J.H., et al., (2004). Risk of lung cancer and residential radon in China: pooled results of two studies, *Int. J. Cancer* 109 1 (2004) 132–137.

[2] DARBY, S., et al., Radon in homes and lung cancer risk: collaborative analysis of individual data from 13 European case-control studies. *BMJ* 330 (2005) 223–226.

[3] DARBY, S., et al., Residential radon and lung cancer: Detailed results of a collaborative analysis of individual data on 7,148 subjects with lung cancer and 14,208 subjects without lung cancer from 13 epidemiological studies in Europe. *Scand. J. Work, Environ. & Health* 32 1 (2006) 1–84.

[4] KREWSKI, D., et al., Risk of lung cancer in North America associated with residential radon, *Epidemiology* 16 (2005) 137–145.

[5] KREWSKI, D., et al., A combined analysis of North American case-control studies of residential radon and lung cancer, *J. Toxicol. Environ. Health A* 69 (7-8) (2006) 533–597.

[6] WORLD HEALTH ORGANIZATION, WHO Handbook on Indoor Radon: A Public Health Perspective, WHO, Geneva (2009) (available for download at [www.who.int/ionizing\\_radiation/env/radon/en/index1.html](http://www.who.int/ionizing_radiation/env/radon/en/index1.html)).

[7] NERO, A.V., NAZAROFF, W.W., Characterising the source of radon indoors, *Radiat. Prot. Dosim.* 79 (1984) 23–39

[8] UNITED NATIONS SCIENTIFIC COMMITTEE ON THE EFFECTS OF ATOMIC RADIATION, Ionizing radiation: sources and biological effects, UNSCEAR 1982 Report to the General Assembly, with annexes. Annex E: Exposures to radon and thoron and their decay products. United Nations ed., New York, E.82.IX.8 (1982) (available for download at [www.unscear.org/unscear/en/publications.html](http://www.unscear.org/unscear/en/publications.html)).

[9] UNITED NATIONS SCIENTIFIC COMMITTEE ON THE EFFECTS OF ATOMIC RADIATION, UNSCEAR 2006 Report, Volume II, Annex E: Source-to-effects assessment for radon in homes and workplaces. United Nations ed., New York (2009) (available for download at [www.unscear.org/unscear/en/publications.html](http://www.unscear.org/unscear/en/publications.html)).

[10] LEVESQUE, B., et al., Radon in residences: influences of geological and housing factors, *Health Phys.* 72 (1997) 907–914.

[11] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, National and regional survey of radon concentration in dwellings, IAEA Analytical Quality in Nuclear Applications No. IAEA/AQ/33 (2013), (available for download at <http://www.iaea.org/books>)

[12] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standard - General Safety Requirements Part 3. IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 3, IAEA, Vienna (2014)

[13] ЕВРОПЕЙСКА КОМИСИЯ, Директива 2013/59/ЕВРАТОМ НА СЪВЕТА 2013 г. за определяне на основни норми на безопасност за защита срещу опасностите, произтичащи от излагане на йонизиращо лъчение

[http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radiation\\_protection/radiation\\_protection\\_en.htm](http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radiation_protection/radiation_protection_en.htm)).

[14] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, Radiological Protection against Radon Exposure, ICRP Publication 126. Ann. ICRP 43(3) (2014) (available for download at [www.icrp.org](http://www.icrp.org)).

[15] МИНСТЕРСКИ СЪВЕТ, Наредба за основните норми за радиационна защита, Приета с ПМС № 229 от 25.09.2012 г., Обн. ДВ. бр.76 от 5 Октомври 2012г.

[16] НАЦИОНАЛНА ПРОГРАМА ЗА НАМАЛЯВАНЕ ВЪЗДЕЙСТВИЕТО НА КОНЦЕНТРАЦИЯТА НА РАДОН ВЪРХУ ЗДРАВЕТО НА БЪЛГАРСКОТО НАСЕЛЕНИЕ, Процедура за провеждане на Национално проучване на нивата на радон в сгради, НЦРРЗ София (2014).

[17] NERO, A.V., SCHWEHR, M.B., NAZAROFF, W.W., REVZAN, K.L., Distribution of airborne radon-222 concentrations in U.S. homes, Science 234, 992–997, (1986).

[18] НАЦИОНАЛЕН ЦЕНТЪР ПО РАДИОБИОЛОГИЯ И РАДИАЦИОННА ЗАЩИТА, Отчет за национално проучване на концентрацията на радон в 4 области на Република България, София (2013).

[19] K. IVANOVA, Z. STOJANOVSKA, V. BADULIN, B. KUNOVSKA. Pilot Survey of indoor radon in the dwellings of Bulgaria, Journal of Radiation Protection Dosimetry, Vol. 157, No 4, pp. 594-599 (2013)

[20] STOJANOVSKA Z., JANUSESKI J., BOEV B., RISTOVA M. Indoor exposure of population to radon in The FYR of Macedonia. Radiat. Prot. Dosim. 148(2):162-167, 2012

[21] BOCHICCHIO F, CAMPOS VENUTI G, MANCIOPPI S, PIERMATTEI S, RISICA S, TOMMASINO L, TORRI G. Natural radiation indoor exposure of Italian population. Proc. of the Int. Congress of the International Radiation Protection Association (IRPA 8), Montreal, Canada, 1992; Vol. II: 1561– 1565 (1992)

[22] CASTRÉN O. Radon reduction potential of Finnish dwellings. Radiat Prot Dosim 1994; 56: 375–378.

# ПРИЛОЖЕНИЕ

## Приложение № 1 – Анкетна карта за провеждане на проучването

### Анкетна карта за измерване на концентрацията на радон в жилищни сгради

№ ...../.....

<b>I. МЕСТОПОЛОЖЕНИЕ</b> <i>(Попълват се данни за местоположението на жилището и обитатели, информация за връзка. В т.8 „допълнителна информация“ се попълва информация за собственика на жилището, когато той не живее в него или друга информация, необходима за връзка. Във т. 9 „вид на земния материал“ се отбелязва преобладаващия материал около жилището или в населеното място).</i>	1. ОБЛАСТ	
	2. ОБЩИНА	
	3. НАСЕЛЕНО МЯСТО	
	4. АДРЕС	
	5. GPS координати	N ____° ____' ____" E ____° ____' ____"
	6. ИМЕ на обитателите	
	7. Телефон за връзка	
	8. Допълнителна информация	
	9. Вид на земния материал	<input type="checkbox"/> пясъчлива почва <input type="checkbox"/> глинеста почва <input type="checkbox"/> магмени скали(гранит,базалт) <input type="checkbox"/> утаечни скали (варовик, доломит, пясъчник..) <input type="checkbox"/> метаморфни скали(мрамор, гнайс...)

<b>II. ХАРАКТЕРИСТИКА НА ЖИЛИЩЕТО</b> <i>(В т.1 се отбелязва тип на сградата според предназначението и. В т. 2 се отбелязва етажността на сградата, а в т. 3 приблизителната година на строителство на сградата. В т.4 се отбелязва вида на основата на сградата и материала и. В т. 5 се отбелязва наличието на подземни етажи и вида им. В т.6 се отбелязва типа на асансьора ако има такъв. В т.7 се попълва информация за извършен ремонт на сградата / жилището за енергийна ефективност и тип на използвания материал.</i>	1. Предназначение и тип на сградата	Жилищни сгради за постоянно обитаване: <input type="checkbox"/> къща (самостоятелно едно и двуетажно жилище) <input type="checkbox"/> къща-близък <input type="checkbox"/> долепени жилищни сгради <input type="checkbox"/> кооперация (блок) с един вход <input type="checkbox"/> кооперация (блок) с много входове
	2. Етажност на сградата	<input type="checkbox"/> малоетажни (от 1 до 2 етажа) <input type="checkbox"/> средноетажни сгради (3 до 5 ) <input type="checkbox"/> многоетажни сгради (6 до 9 ) <input type="checkbox"/> високи сгради - на повече от 10 ет.
	3. Година на стр.	
	4. Конструкция на основите <i>*при неясноти ползвай приложение А</i>	<input type="checkbox"/> Фундаментна плоча и стоманобетонени ограждащи подземни стени (предимно високоетажни сгради) <input type="checkbox"/> Ивични стоманобетонени фундаменти и стоманобетонени ограждащи подземни стени (предимно в къщи) <input type="checkbox"/> Единични фундаменти, ивични основи и стоманобетонени ограждащи подземни стени (стари къщи) <input type="checkbox"/> Бетонена подова настилка на подземния етаж <input type="checkbox"/> Каменни основи и каменни ограждащи подземни стени <input type="checkbox"/> Без вкопан фундамент (основа)
	5. Наличие на подземни етажи	<input type="checkbox"/> сгради с полуподземен етаж <input type="checkbox"/> сгради с един подземен етаж <input type="checkbox"/> сгради с повече от един подземни етажи
	6. Асансьори и подеминици	<input type="checkbox"/> Пътнически асансьори със затворена кабина <input type="checkbox"/> Товарни асансьори със закрыта кабина <input type="checkbox"/> Външни асансьори
	7. Извършен ремонт за енергийна ефективност- фасадна топло и паро изолация - материал	<input type="checkbox"/> експандиран полистирол - стиропор <input type="checkbox"/> екструдирани полистирол - фибран <input type="checkbox"/> каменна минерална вата <input type="checkbox"/> трансперантна или вакуумна

<b>III. ХАРАКТЕРИСТИКА НА СТРОИТЕЛНИЯ МАТЕРИАЛ И КОНСТРУКЦИЯТА</b>	1. Вид конструкция на сградата и основен строителен материал <i>*при неясноти ползвай приложение А</i>	<input type="checkbox"/> масивни конструкции <input type="checkbox"/> дървени конструкции <input type="checkbox"/> пластмасови конструкции <input type="checkbox"/> монолитни (носещи стоманобетонени)
--	---	---

<p>(В т.1 се отбелязва конструкцията на сградата, която определя основния вид на строителния материал, който е използван за строителството на сградата. В т.2 се записва вида на покритието на пода. В т.3 се отбелязва покритието на стените и тавана)</p>		колони, греди, плочи <input type="checkbox"/> зидани сгради (носеща зидария от тухли) <input type="checkbox"/> скелетно-гредова (греди, колони) <input type="checkbox"/> едроплощен кофраж (ЕПК) <input type="checkbox"/> пакетно повдигани плочи (ППП) <input type="checkbox"/> пълзящ кофраж <input type="checkbox"/> панелно строителство (ПЖС) <input type="checkbox"/> сгради с комбинирани конструкции от други нови строителни материали
	2. Материал на пода	<input type="checkbox"/> паркет –дърво или ламинат, дюшеме <input type="checkbox"/> плочки – фаянс, теракот, гранитогрес <input type="checkbox"/> балатум <input type="checkbox"/> без покритие <input type="checkbox"/> утъпкана почва,глина
	3. Материал на стените и тавана	<input type="checkbox"/> Варо-циментова мазилка <input type="checkbox"/> Гипсова шпакловка <input type="checkbox"/> Гипсо-картон <input type="checkbox"/> Тапети <input type="checkbox"/> Ламперия -дървена или пластмасова

<p><b>IV. ОТОПЛЕНИЕ, ВЕНТИЛАЦИЯ, ДОГРАМА, ВОДОИЗТОЧНИЦИ И</b>          (В т.1 се попълва вида на използваното отопление в жилището. В т.2 се уточнява вида на вентилационната система. В т.3 се отбелязва вида на дограмата на прозорците. В т. 4 се описва водопроводната система, която се ползва в сградата.</p>	1. Вид на отоплителната система	<input type="checkbox"/> Централно градско отопление <input type="checkbox"/> Локално отопление (водна пара) <input type="checkbox"/> Отопление на газ <input type="checkbox"/> Локално отопление на дизелово гориво <input type="checkbox"/> Отопление на твърдо гориво (дърва, въглища, пелети и др.) <input type="checkbox"/> Соларно отопление <input type="checkbox"/> Без отопление <input type="checkbox"/> Електрическо
	2. Вид на вентилационната система.	<input type="checkbox"/> Естествена вентилация (отдушници) <input type="checkbox"/> Изкуствена вентилация <input type="checkbox"/> Приточна (нагнетателна) вентилация <input type="checkbox"/> Смукателна вентилация <input type="checkbox"/> Общообменна вентилация (централна) <input type="checkbox"/> Без вентилация
	3. Вид на дограмата на прозорците.	<input type="checkbox"/> Дървена дограма(еднокатна или двукатна) <input type="checkbox"/> Дървена дограма (със стъклопакет) <input type="checkbox"/> Пластмасова дограма (PVC) <input type="checkbox"/> Метална дограма (алуминиева,стоманена...) <input type="checkbox"/> Комбинирана дограма
	4. Водопроводна система	<input type="checkbox"/> Локален открит водоизточник(кладенец,езеро,язовир.) <input type="checkbox"/> Локален закрит водоизточник (каптаж) <input type="checkbox"/> Централно водоснабдяване <input type="checkbox"/> Минерален водоизточник

<p><b>V. ИНФОРМАЦИЯ ЗА ОБИТАТЕЛИТЕ НА ЖИЛИЩЕТО</b>          (Тази информация е необходима за оценката на облъчването на обитателите. В т.1 се попълват от коя година обитателите живеят в сградата. В т.2 се уточнява броя на обитателите в жилището и броя на обитателите до 18 и над 18 години. т.3 се уточнява броя обитатели на подземен или приземен етаж ако има такива. В т4 се уточнява времето на престой в жилището. В т. 5 се отбелязва дали се пуши и колко.</p>	1. От коя година живеете в сградата.	
	2. Колко човека живеят в жилището.	..... (брой) (от тях ..... до 18 г. ; ..... над 18 г.)
	3. Брой обитатели на приземен или подземен етаж.	..... (брой)
	4. Колко време се престоява в жилището	..... (часове)
	5. Пушите ли?	<input type="checkbox"/> > 20 цигари <input type="checkbox"/> < 20 цигари <input type="checkbox"/> не

**VI. ПРОБОВЗЕМАНЕ** (В колона 1 се попълват номера на детектора, които е изписан на него и на металния плик. В к. 2 се отбелязва етаж на измерваното жилище. В к. 3 се отбелязва къде е поставен детектора в жилището. В к. 4 се записва

дата, когато е разпечатан металния плик и детектора/ите е/са поставен/и в жилището, а в к. 5 - датата на събиране на детектора/ите ).

Номер на детектора	Местоположение		Период на пробоземане	
	Място в сградата	Място в жилището	Начална дата	Крайна дата
1	2	3	4	5
	Етаж .....	<input type="checkbox"/> дневна <input type="checkbox"/> спалня <input type="checkbox"/> детска		

<b>VII. ДОПЪЛНИТЕЛНА ИНФОРМАЦИЯ</b> Попълва се ако е необходимо.	1. Забележка (при поставяне на дублиращ детектор се записва номера му) 2. При загубване на детектора се отбелязва -	..... <input type="checkbox"/> Загубен
---	---	---

<b>VIII. ПОПЪЛНИЛ АНКЕТАТА</b>	1.	ПОДПИС
--------------------------------	----	--------

## Приложение № 2 - Протоколи от дублиращи детектори

### ПРОТОКОЛ ЗА ДУБЛИРАЩИ ИЗМЕРВАНИЯ № МПР-07/14.10.2016 г

- 1. Изпитван обект:** Жилищни сгради от 28 области на Р. България
- 2. Номер на първичен протокол:** по Процедура за разпределяне на детектори при провеждане на национално проучване за нивата на радон в сгради  
**Период и условия на извършване на измерването:** дългосрочно измерване
- 3. Метод за контрол:** дублиращи измервания на помещенията
- 4. Детектори:** Дългосрочни
- 5. Описание на проверката:** проверка на точността и прецизността
- 6. Процедури за изпитване:**  
ПИК 5-2-Р „Определяне на концентрацията на радон във въздух с E-PERM система“  
ПИК 5-4-Р „Определяне на концентрацията на радон във въздух с RADOSYS система“
- 7. Метод за оценка на резултатите:**

Резултатите от дублиращите измервания се оценяват по формулата:

$$Z = \frac{|C_1 - C_2|}{\sqrt{u_{C1}^2 + u_{C2}^2}}$$

Където  $C_1$  и  $C_2$  е концентрацията на радон на основния и дублиращия детектор, а  $u_{C1}$  и  $u_{C2}$  са съответните комбинирани неопределености.

Приемливите граници на резултатите са както следва: предупредителната граница на оценката е  $Z \leq 2$ , контролната е  $Z \leq 3$ .

Всяка двойка резултати се оценяват за приемливост или не. При оценка на 10 % от общите двойки за „неприемливи“ се провежда обследване на обстоятелствата и предприемане на коригиращи действия от лабораторията за цялата извадка от измерени сгради.

#### **8. Резултати от контрола:**

Общ брой дублиращи измервания – 98 броя, от които:

8 броя некоректно поставени дублиращи детектори

4 броя неотваряни дублиращи детектори

78 броя дублиращи детектори с приемлив резултат от анализ на сравнението

8 броя дублиращи детектори с неприемлив резултат от анализ на сравнението.

Оценката за приемливост на резултата, е направена за 86 броя от двойките детектори.

Резултатите са представени в таблицата:

Номер на първичен протокол	дублиращи детектори			основни детектори			Оценка на резултатите	Анализ на сравнението
	№ на детектора	Концентрация на радон	неопределеност	№ на детектора	Концентрация на радон	неопределеност		
01.03-017	354295	62	4	350179	58	4	0.6	приемлив
01.09-075	354353	34	2	350373	37	2	0.9	приемлив
01.11-090	354751	149	10	350537	151	10	0.1	приемлив
02.02-015	359041	78	5	358401	80	5	0.3	приемлив
02.02-021	359029	96	7	358447	114	8	1.7	приемлив
02.02-026	358783	58	4	358685	171	11	9.5	некоректно пост.
03.03-010	359017	131	9	358441	53	4	8.4	некоректно пост.
03.05-054	358807	78	5	360141	61	4	2.7	неприемлив
03.05-074	358795	29	2	361327	82	5	9.3	некоректно пост.
04.01-006	350473	124	8	359043	130	9	0.5	приемлив
04.01-015	350745	53	3	358879	56	4	0.6	приемлив
04.01-031	350241	70	5	359137	68	4	0.3	приемлив
05.04-024	359057	32	2	360133	32	2	0.1	приемлив
05.04-046	358787	36	2	359627	38	2	0.4	приемлив
05.04-056	358771	101	7	358029	93	6	0.8	приемлив
05.06-080	359027	182	12	359433	162	11	1.3	приемлив
06.03-021	358777	60	4	352351	65	4	0.9	приемлив
06.03-022	358785	46	3	352329	50	3	0.9	приемлив
06.06-073	358775	31	3	352991	31	2	0.1	приемлив
06.06-075	359031	27	3	352741	31	2	1.1	приемлив
07.01-001	358803	67	4	351945	54	4	2.3	неприемлив
07.02-055	359429	226	39	352169	181	31	0.9	приемлив
07.03-091	359335	50	3	352091	50	3	0.0	приемлив
07.04-095	359061	94	6	352719	77	5	2.1	неприемлив
08.03-021	359539	8	1	353975	42	3	12.0	неотварян
08.03-031	358907	10	1	353995	57	4	12.4	неотварян
08.04-047	359833	10	1	354407	87	6	13.5	неотварян
08.04-053	358871	7	0	354527	122	8	14.3	неотварян
09.03-025	359635	85	6	354289	93	6	1.0	приемлив
09.05-040	354657	202	13	354477	211	14	0.5	приемлив
09.05-064	359559	45	3	354767	63	4	3.4	некоректно пост.
09.05-080	354431	39	3	354741	45	3	1.4	приемлив
10.05-046	358789	95	6	357079	102	7	0.7	приемлив
10.05-052	359333	173	30	356501	167	29	0.2	приемлив
10.05-053	358079	185	12	357105	192	13	0.4	приемлив
10.05-078	359841	172	11	357145	159	10	0.9	приемлив
11.03-021	359443	66	4	357895	63	4	0.5	приемлив
11.05-053	358939	119	8	357507	115	8	0.4	приемлив
11.05-065	357227	175	12	356067	176	12	0.0	приемлив
12.09-073	353997	141	10	353609	129	9	0.9	приемлив
12.09-075	353739	89	6	353925	153	10	5.3	некоректно пост.
12.09-086	353567	77	5	353577	82	5	0.7	приемлив
13.06-029	353533	130	9	351111	121	8	0.7	приемлив
13.06-036	351203	32	2	351461	36	2	1.3	приемлив
13.06-054	353485	193	13	351451	171	11	1.3	приемлив
13.06-055	353081	102	8	350689	108	8	0.5	приемлив
13.08-077	351439	44	3	351177	37	2	2.0	неприемлив
14.04-009	353359	100	7	351445	129	9	2.7	неприемлив
14.04-010	353715	78	5	351527	76	5	0.2	приемлив
14.04-011	353505	66	4	351067	59	4	1.3	приемлив
14.05-096	353479	91	6	353951	91	6	0.0	приемлив
15.09-040	354347	38	3	355043	35	2	0.9	приемлив
15.09-058	354283	98	6	350361	96	6	0.2	приемлив
15.09-080	354169	32	2	356727	27	2	1.8	приемлив
15.09-082	354443	110	7	350747	111	7	0.1	приемлив
16.01-001	353253	74	5	359845	95	6	2.6	неприемлив
16.08-025	353217	138	9	359331	136	9	0.1	приемлив

Номер на първичен протокол	дублиращи детектори			основни детектори			Оценка на резултатите	Анализ на сравнението
	№ на детектора	Концентрация на радон	неопределеност	№ на детектора	Концентрация на радон	неопределеност		
16.10-038	353465	106	7	359507	104	7	0.2	приемлив
17.04-047	354311	30	2	355315	29	2	0.6	приемлив
17.05-053	354165	179	12	355347	165	11	0.9	приемлив
17.05-085	354753	90	7	355317	99	7	0.9	приемлив
17.06-095	354619	159	11	355405	170	12	0.7	приемлив
18.02-004	354175	73	5	358015	77	5	0.6	приемлив
18.06-072	350193	78	5	356433	78	5	0.0	приемлив
18.06-054	350721	85	6	357225	79	5	0.8	приемлив
18.06-063	350487	181	12	357601	145	10	2.4	неприемлив
19.01-002	354271	202	24	350507	207	25	0.1	приемлив
19.05-046	350167	59	4	354421	57	4	0.2	приемлив
19.05-054	354739	50	4	354507	52	4	0.4	приемлив
19.05-077	354503	141	9	354273	136	10	0.4	приемлив
19.06-084	354231	181	12	350511	177	12	0.2	приемлив
20.03-036	352655	102	7	351653	105	7	0.4	приемлив
20.03-068	352627	40	3	353023	35	2	1.4	приемлив
20.03-084	352675	102	7	351557	109	7	0.8	приемлив
21.01-001	351619	78	5	352707	105	7	3.1	некоректно пост.
21.02-006	351735	303	55	352839	299	51	0.1	приемлив
21.04-020	351625	61	4	351719	155	10	8.6	некоректно пост.
21.06-038	352693	103	7	351929	93	6	1.2	приемлив
21.07-052	352159	65	4	352807	65	4	0.0	приемлив
21.09-066	352795	298	51	352843	305	52	0.1	приемлив
21.10-098	351921	66	4	351293	68	4	0.3	приемлив
23.11-043	359919	44	3	360215	36	2	2.2	неприемлив
23.19-086	361351	212	25	360535	229	27	0.4	приемлив
23.20-094	359975	47	3	360549	357	43	7.2	некоректно пост.
24.10-060	360029	37	2	359871	36	2	0.4	приемлив
24.10-061	360197	36	2	358073	33	2	0.8	приемлив
24.10-080	360353	109	7	358845	101	7	0.9	приемлив
25.05-076	350673	44	3	351781	43	3	0.4	приемлив
25.05-078	350691	27	2	352087	23	1	1.8	приемлив
25.05-079	350717	60	4	351981	61	4	0.3	приемлив
25.05-080	350259	32	2	351857	34	2	0.6	приемлив
27.07-032	350131	41	3	352045	37	2	1.1	приемлив
27.10-051	350719	196	34	351799	161	28	0.8	приемлив
27.10-064	350323	22	1	355941	25	2	1.3	приемлив
27.10-081	350355	106	7	356667	110	7	0.4	приемлив
28.02-010	357733	165	11	355179	175	11	0.6	приемлив
28.05-057	359941	126	8	357883	125	8	0.1	приемлив
28.05-068	360343	164	11	357569	181	12	1.1	приемлив

**90.7% приемлив резултат 9.3% неприемлив резултат**

## 9. Мнения и интерпретации

(Мненията и интерпретациите не са оценка на съответствието и сертификация по ISO 17020)

Оценката на резултатите на всички двойки детектори са под предупредителната граница. В съответствие с оценката на резултатите няма загуба на контрол и не се налага обследване на обстоятелствата и предприемане на коригиращи действия.

**Извършили измерването:**

**Мартина Ценова - мениджър по качеството**  
(име, фамилия, длъжност)

**Извършил оценката:**

**Кремена Иванова – Зав. ИКАЕ**  
(име, фамилия, длъжност)

# ПРОТОКОЛ

## ЗА ДУБЛИРАЩИ ИЗМЕРВАНИЯ

№ МПР-08/15.12.2016 г

- 1. Изпитван обект:** Жилищни сгради от 28 области на Р. България
- 2. Номер на първичен протокол:** по Процедура за разпределяне на детектори при провеждане на национално проучване за нивата на радон в сгради
- Период и условия на извършване на измерването:** дългосрочно измерване – 6 месеца
- 3. Метод за контрол:** дублиращи измервания - система RADOSYS V8
- 4. Детектори:** тип RSFV – партида 2
- 5. Сертификат от калибриране:** (СК № 07/20.04.2016 г.)
- 6. Описание на проверката:** проверка на точността и прецизността на метода
- 7. Процедури за изпитване:**

ПИК 5-4-Р „Определяне на концентрацията на радон във въздух с RADOSYS система”

- 8. Метод за оценка на резултатите:**

Резултатите от дублиращите измервания се оценяват по формулата:

$$Z = \frac{|C_1 - C_2|}{\sqrt{u_{C1}^2 + u_{C2}^2}}$$

Където  $C_1$  и  $C_2$  е концентрацията на радон на основния и дублиращия детектор, а  $u_{C1}$  и  $u_{C2}$  са съответните комбинирани неопределености.

Приемливите граници на резултатите са както следва: предупредителната граница на оценката е  $Z \leq 2$ , контролната е  $Z \leq 3$ .

Всяка двойка резултати се оценяват за приемливост или не. При оценка на 10 % от общите двойки за „неприемливи” се провежда обследване на обстоятелствата и предприемане на коригиращи действия от лабораторията за цялата извадка от измерени сгради.

- 9. Резултати от контрола:**

Общ брой дублиращи измервания – 51 броя, от които:

- 3 броя некоректно поставени дублиращи детектори
- 2 броя неотваряни дублиращи детектори
- 42 броя дублиращи детектори с приемлив резултат от анализ на сравнението
- 4 броя дублиращи детектори с неприемлив резултат от анализ на сравнението.

Оценката за приемливост на резултата, е направена за 46 броя от двойките детектори.

Резултатите са представени в таблицата:

Номер на първичен протокол	основни детектори			дублиращи детектори			Оценка на резултатите	Анализ на сравнението
	№ на детектора	Концентрация на радон	неопределеност	№ на детектора	Концентрация на радон	неопределеност		
01.03-012	548047	56	4	547847	55	4	0,1	приемлив
01.04-035	548077	205	15	548143	214	16	0,4	приемлив
02.02-021	547887	99	8	548369	80	6	2,0	приемлив
02.02-026	548405	112	5	548489	106	5	0,9	приемлив
03.03-010	548209	31	3	547953	27	2	1,3	приемлив
03.05-054	548175	44	4	548323	38	3	1,1	приемлив
04.01-006	549597	160	12	548377	162	12	0,2	приемлив
04.01-031	549957	51	5	548439	62	5	1,6	приемлив
05.04-024	550619	55	4	548523	60	5	0,8	приемлив
05.04-056	544085	285	21	543929	186	14	3,9	неприемлив
06.03-021	544079	79	6	545013	84	6	0,6	приемлив
06.06-075	545087	48	4	543921	49	4	0,1	приемлив
07.01-001	543927	70	5	544521	66	6	0,5	приемлив
07.03-091	550601	43	4	544281	40	3	0,8	приемлив
08.03-023	548725	86	6	548707	105	8	1,9	приемлив
08.04-053	549721	116	9	543901	112	8	0,3	приемлив
09.05-080	549239	8	2	549783	10	2	0,9	приемлив
10.05-053	552007	208	16	544297	216	16	0,3	приемлив
10.05-078	551677	337	25	543925	336	25	0,0	приемлив
12.09-077	544939	125	10	544247	143	12	1,2	приемлив
12.09-086	546155	103	8	543947	114	9	0,9	приемлив
13.06-054	546265	401	30	544259	410	30	0,2	приемлив
13.06-055	546181	130	10	544285	150	11	1,3	приемлив
14.04-011	544941	79	6	546023	97	7	1,8	приемлив
14.05-096	546503	104	8	544221	93	7	1,0	приемлив
15.09-080	546893	35	3	544279	37	3	0,6	приемлив
15.09-082	546841	132	10	544397	124	9	0,6	приемлив
17.05-053	547741	254	19	549751	286	21	1,1	приемлив
17.06-095	548845	270	20	548891	265	20	0,2	приемлив
18.06-054	548859	183	14	550305	177	13	0,3	приемлив
18.06-062	549377	164	13	548907	153	12	0,6	приемлив
19.03-021	549425	288	22	549073	299	22	0,3	приемлив
19.05-054	548977	116	10	549025	114	9	0,2	приемлив
20.03-036	545085	119	9	550341	121	9	0,2	приемлив
20.03-040	543943	103	8	550437	96	8	0,6	приемлив
21.09-065	544747	419	47	543985	441	49	0,3	приемлив
21.09-066	549293	426	48	544681	375	42	0,8	приемлив
23.20-094	545433	641	76	548877	533	61	1,1	приемлив
24.10-061	545625	70	5	544135	71	6	0,1	приемлив
25.05-078	552767	49	4	550421	50	4	0,2	приемлив
25.05-080	551893	56	5	544715	32	3	4,1	неприемлив
26.11-064	553085	110	9	544453	148	11	2,7	неприемлив
27.07-032	552013	83	7	545257	63	6	2,1	неприемлив
27.10-064	549181	45	4	552511	44	4	0,2	приемлив
28.05-050	546875	587	66	544419	719	81	1,3	приемлив
28.05-057	547971	141	11	544497	126	9	1,1	приемлив

91.3% приемлив резултат 8.7% неприемлив резултат

## 10.Мнения и интерпретации

*(Мненията и интерпретациите не са оценка на съответствието и сертификация по ISO 17020)*

Оценката на резултатите на всички двойки детектори са под предупредителната граница. В съответствие с оценката на резултатите няма загуба на контрол и не се налага обследване на обстоятелствата и предприемане на коригиращи действия.

**Извършили измерването:**

**Мартина Ценова - мениджър по качеството**

(име, фамилия, длъжност )

**Извършил оценката:**

**Кремена Иванова – Зав. ИКАЕ**

(име, фамилия, длъжност)

### Приложение № 3 – Таблицы с резултати

Таблица 1. Дескриптивна статистика на измерените концентрация на радон през 1 и 2 фаза и оценената средногодишна концентрация на радон

Показател	Концентрация на радон [Bq/m <sup>3</sup> ] 1-ва ФАЗА	Концентрация на радон [Bq/m <sup>3</sup> ] 2 ФАЗА	Оценена средногодишна концентрация на радон C-Rn [Bq/m <sup>3</sup> ]
Брой измерени валидни жилища	2609	2596	2776
Липсващи	167	180	0
Средна аритметична стойност - AM (Bq/m <sup>3</sup> )	<b>99.9</b>	<b>142.1</b>	<b>111.2</b>
Медиана (Bq/m <sup>3</sup> )	75.8	91.1	77.8
Стандартно отклонение - SDV (Bq/m <sup>3</sup> )	82.6	150.9	105.0
Минимална стойност (Bq/m <sup>3</sup> )	13	12	12
Максимална стойност (Bq/m <sup>3</sup> )	995	1983	1314
Вариация - CV %	83	106	94
Средна геометрична стойност - GM (Bq/m <sup>3</sup> )	<b>76.4</b>	<b>98.0</b>	<b>81.6</b>
Геометричното стандартно отклонение - GSD (Bq/m <sup>3</sup> )	2.1	2.3	2.1
Средна претеглена стойност за населението за България за 2016 г. (Bq/m <sup>3</sup> )			<b>107.8</b>

Таблица 2. Процент на очаквания брой жилищни сгради за лог-нормално разпределение и брой население по области и за цялата страна

<i>Код</i>	<i>Област</i>	<i>Население – 2016 г.</i>	<i>% на жилища под 300 Вq/m<sup>3</sup></i>	<i>% на жилища над 300 Вq/m<sup>3</sup></i>	<i>% на жилища над 200 Вq/m<sup>3</sup></i>
01	Благоевград	310321	98,4	1,6	6,7
02	Бургас	412684	99,4	0,6	4,3
03	Варна	472654	98,0	2,0	6,0
04	Велико Търново	242259	95,0	5,0	12,9
05	Видин	88867	97,6	2,4	7,7
06	Враца	168727	96,5	3,5	9,7
07	Габрово	112334	99,2	0,8	3,7
08	Добрич	178438	97,6	2,4	8,7
09	Кърджали	150837	98,2	1,8	6,9
10	Кюстендил	123431	94,9	5,1	12,7
11	Ловеч	129222	97,9	2,1	6,9
12	Монтана	134669	97,9	2,1	4,4
13	Пазарджик	260814	97,4	2,6	7,9
14	Перник	123770	90,7	9,3	22,1
15	Плевен	248138	94,7	5,3	13,3
16	Пловдив	671573	91,2	8,8	18,8
17	Разград	115402	91,9	8,1	20,0
18	Русе	223489	97,2	2,8	9,6
19	Силистра	111957	94,1	5,9	15,4
20	Сливен	189788	88,5	11,5	26,8
21	Смолян	109425	89,3	10,7	21,3
22	София – град	1323637	98,9	1,1	5,1
23	София –област	234185	93,0	7,0	16,0
24	Стара Загора	321377	98,3	1,7	5,4
25	Търговище	113694	98,8	1,2	4,5
26	Хасково	233415	95,8	4,2	13,1
27	Шумен	174476	98,0	2,0	6,4
28	Ямбол	122276	82,5	17,5	43,6
<b>Общо за страната</b>		<b>7101859</b>	<b>95,6</b>	<b>4,4</b>	<b>12,0</b>

Таблица 3. Дескриптивна статистика на оценената средногодишна концентрация на радон по области

Показател / Код на област	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
Брой жилища N	102	106	102	104	96	99	100	99	106	98
Средна аритметична стойност - AM (Bq/m <sup>3</sup> )	96,3	104,2	82,9	112,0	93,3	99,5	81,8	102,1	97,5	113,3
Медиана (Bq/m <sup>3</sup> )	77,0	83,8	51,9	63,5	62,3	79,5	62,6	71,0	63,0	67,6
Стандартно отклонение - SDV (Bq/m <sup>3</sup> )	68,5	63,3	98,6	107,9	78,1	83,6	59,5	83,3	109,7	113,7
Минимална стойност (Bq/m <sup>3</sup> )	26,9	21,4	15,0	21,7	19,1	18,7	21,6	23,8	16,4	19,5
Максимална стойност (Bq/m <sup>3</sup> )	334,5	330,7	686,0	565,8	424,6	398,3	338,8	375,7	837,4	562,4
Вариация - CV %	71,2	60,8	118,9	96,3	83,7	84,0	72,8	81,5	112,5	100,4
Средна геометрична стойност - GM (Bq/m <sup>3</sup> )	77,7	85,8	56,5	81,6	69,6	71,8	65,6	82,6	74,0	77,5
Геометричното стандартно отклонение - GSD (Bq/m <sup>3</sup> )	1,9	1,6	2,3	2,2	2,1	2,2	1,9	1,9	2,0	2,3

Таблица 3 - продължение (области от 11 до 20)

Показател / Код на област	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Брой жилища N	98	88	103	100	101	91	106	102	99	89
Средна аритметична стойност - AM (Bq/m <sup>3</sup> )	89,2	76,0	101,1	144,8	114,4	138,2	133,4	110,2	126,2	173,5
Медиана (Bq/m <sup>3</sup> )	63,2	66,1	64,0	107,5	101,3	82,1	94,8	84,2	95,5	113,4
Стандартно отклонение - SDV (Bq/m <sup>3</sup> )	88,0	51,4	141,0	114,6	97,5	141,1	105,8	90,4	90,7	182,3
Минимална стойност (Bq/m <sup>3</sup> )	18,2	12,5	15,8	19,4	20,5	16,8	27,0	25,0	20,0	37,8
Максимална стойност (Bq/m <sup>3</sup> )	506,9	267,9	1310,0	614,2	631,0	720,3	488,6	577,5	374,0	1313,5
Вариация - CV %	98,7	100,4	139,6	79,1	85,2	102,1	79,3	82,0	71,9	105,0
Средна геометрична стойност - GM (Bq/m <sup>3</sup> )	65,8	60,6	68,6	114,5	81,5	93,4	108,4	82,8	93,9	130,4
Геометричното стандартно отклонение - GSD (Bq/m <sup>3</sup> )	2,1	2,0	2,1	2,1	2,2	2,4	2,1	2,0	2,1	2,0

Таблица 3 - продължение (области от 21 до 28)

Показател Код на област	21	22	23	24	25	26	27	28
Брой жилища N	88	102	96	104	99	97	101	100
Средна аритметична стойност - AM (Bq/m <sup>3</sup> )	130,6	91,8	117,9	88,9	80,9	120,5	89,0	212,2
Медиана (Bq/m <sup>3</sup> )	96,2	71,1	76,1	48,3	48,4	92,4	51,1	174,5
Стандартно отклонение - SDV (Bq/m <sup>3</sup> )	114,0	64,0	104,5	83,9	74,8	119,1	84,6	129,2
Минимална стойност (Bq/m <sup>3</sup> )	16,2	16,4	19,3	12,2	15,7	12,4	20,1	44,4
Максимална стойност (Bq/m <sup>3</sup> )	627,5	386,2	454,6	470,5	349,9	1059,7	527,9	845,6
Вариация - CV %	87,3	69,8	88,7	94,4	92,5	98,8	95,0	60,9
Средна геометрична стойност - GM (Bq/m <sup>3</sup> )	97,4	72,8	86,0	58,4	59,0	94,5	60,9	183,9
Геометричното стандартно отклонение - GSD (Bq/m <sup>3</sup> )	2,5	1,9	2,3	2,2	2,1	1,9	2,2	1,7

Таблица 4. Дескриптивна статистика на оценената средногодишна концентрация на радон за особености на местността

Показател	утаечни скали(варовик, доломит, пясъчник...)	песъчлива почва	глинеста почва	магмени скали (гранит, базалт)	метаморфни скали (мрамор, гнайс...)
брой жилища N	282	821	1475	63	6
Средна аритметична стойност - АМ (Bq/m <sup>3</sup> )	<b>89.7</b>	<b>115.9</b>	<b>112.2</b>	<b>126.0</b>	<b>103.1</b>
Медиана (Bq/m <sup>3</sup> )	63.2	83.2	78.7	86.9	98.3
Стандартно отклонение - SDV (Bq/m <sup>3</sup> )	82.5	116.7	100.9	126.0	63.2
Минимална стойност (Bq/m <sup>3</sup> )	15	11	12	13	22
Максимална стойност (Bq/m <sup>3</sup> )	578	1314	1060	837	198
Вариация - CV %	92	101	90	100	61

Таблица 5. Дескриптивна статистика на оценената средногодишна концентрация на радон за типа на района

Показател	градски тип район	селски тип район
Брой жилища N	1844	936
Средна аритметична стойност - АМ (Bq/m <sup>3</sup> )	103.9	125.0
Медиана (Bq/m <sup>3</sup> )	68.8	91.1
Стандартно отклонение - SDV (Bq/m <sup>3</sup> )	101.9	109.6
Минимална стойност (Bq/m <sup>3</sup> )	11	12
Максимална стойност (Bq/m <sup>3</sup> )	1314	1310
Вариация - CV %	98.0	87.7

Таблица 6. Дескриптивна статистика на оценената средногодишна концентрация на радон по предназначение и тип на сградата

Показател	самостоятелно едно и двуетажно жилище	кооперация (блок) с един вход	кооперация (блок) с много входове	долепни жилищни сгради	къща-близък
брой жилища N	1738	243	395	91	152
Средна аритметична стойност - AM (Bq/m <sup>3</sup> )	<b>127.3</b>	<b>73.5</b>	<b>60.2</b>	<b>95.5</b>	<b>113.4</b>
Медиана (Bq/m <sup>3</sup> )	92.7	50.2	46.6	74.1	84.0
Стандартно отклонение - SDV (Bq/m <sup>3</sup> )	114.6	71.8	44.1	75.4	105.3
Минимална стойност (Bq/m <sup>3</sup> )	11	16	12	22	15
Максимална стойност (Bq/m <sup>3</sup> )	1314	631	380	373	846
Вариация - CV %	90	98	73	79	93

Таблица 7. Дескриптивна статистика на оценената средногодишна концентрация на радон по година на строителство на сградата

Показател	до 1950 г.	от 1951 до 1999 г.	от 2000 г. до сега
Брой жилища N	277	1960	172
Средна аритметична стойност - AM (Bq/m <sup>3</sup> )	<b>127.3</b>	<b>107.6</b>	<b>97.0</b>
Медиана (Bq/m <sup>3</sup> )	102.5	75.3	68.3
Стандартно отклонение - SDV (Bq/m <sup>3</sup> )	97.6	103.0	80.3
Минимална стойност (Bq/m <sup>3</sup> )	13	11	16
Максимална стойност (Bq/m <sup>3</sup> )	846	1310	430
Вариация - CV %	77	96	83

Таблица 8. Дескриптивна статистика на оценената средногодишна концентрация на радон по конструкция на основите

Показател	Ивични стоманобето нови фундаменти и стоманобето нови ограждащи подземни стени	Каменни основи и каменни ограждащи подземни стени	Фундаментна плоча и стоманобето нови ограждащи подземни стени	Единични фундаменти, ивични основи и стоманобетонов и ограждащи подземни стени	Бетонова подова настилка на подземния етаж
Брой жилища N	559	942	537	275	374
Средна аритметична стойност - AM (Bq/m <sup>3</sup> )	<b>114.0</b>	<b>136.3</b>	<b>71.0</b>	<b>128.5</b>	<b>90.9</b>
Медиана (Bq/m <sup>3</sup> )	80.8	101.4	51.3	93.5	60.9
Стандартно отклонение - SDV (Bq/m <sup>3</sup> )	108.1	119.5	62.2	115.7	85.9
Минимална стойност (Bq/m <sup>3</sup> )	13	13	12	15	11
Максимална стойност (Bq/m <sup>3</sup> )	1314	1310	686	887	628
Вариация - CV %	95	88	88	90	95

Таблица 9. Дескриптивна статистика на оценената средногодишна концентрация на радон по конструкция на сградата

Показател	Зидани сгради (носеца зидария от тухли)	Монолитни (носеци стоманобетонови колони, греди, плочи)	Панелно жилищно строителство (ПЖС)	Пакетно повдигани плочи (ППП)	Сгради със скелетно-гредова конструкция и различни видове на фундиране	Сгради с комбинирани конструкции от други нови строителни материали
Брой жилища N	1279	361	186	74	91	624
Средна аритметична стойност - AM (Bq/m <sup>3</sup> )	<b>127</b>	<b>94</b>	<b>56</b>	<b>61</b>	<b>108</b>	<b>103</b>
Медиана (Bq/m <sup>3</sup> )	96	59	44	43	79	72
Стандартно отклонение - SDV (Bq/m <sup>3</sup> )	110	101	44	48	80	90
Минимална стойност (Bq/m <sup>3</sup> )	12	12	17	12	25	11
Максимална стойност (Bq/m <sup>3</sup> )	1310	837	380	244	507	657
Вариация - CV %	87	108	78	80	74	87

Таблица 10. Дескриптивна статистика на оценената средногодишна концентрация на радон по вид на фасадата на сградата

Показател	Фасадна топло и пароиолизация минерална вата)	Фасадна топло и пароиолизация (стиропор)	Фасадна топло и пароиолизация (фибран)	Фасада от фугирана тухлена зидария	Окачени фасади (вентилируеми, еталбонд, етернит, HPL панели, дървени плоскости, стъклени тухли)
Брой жилища N	42	447	211	508	10
Средна аритметична стойност - AM (Bq/m <sup>3</sup> )	<b>158</b>	<b>99</b>	<b>107</b>	<b>124</b>	<b>71</b>
Медиана (Bq/m <sup>3</sup> )	74	68	66	96	56
Стандартно отклонение - SDV (Bq/m <sup>3</sup> )	216	93	108	108	68
Минимална стойност (Bq/m <sup>3</sup> )	16	13	12	11	20
Максимална стойност (Bq/m <sup>3</sup> )	1310	657	686	1060	260
Вариация - CV %	137	94	101	87	95

Таблица 11. Дескриптивна статистика на оценената средногодишна концентрация на радон по вид на дограмата на прозорците в жилището

Показател	Дървена дограма (със стъклопакет)	Пласмасова дограма	Метална дограма (алуминиева,с томанена...)	Дървена дограма(еднока тна или двукатна)	Комбинирана дограма
Брой жилища N					
Средна аритметична стойност - AM (Bq/m <sup>3</sup> )	113	1406	128	993	72
Медиана (Bq/m <sup>3</sup> )	<b>117</b>	<b>113</b>	<b>106</b>	<b>109</b>	<b>113</b>
Стандартно отклонение - SDV (Bq/m <sup>3</sup> )	86	77	82	77	83
Минимална стойност (Bq/m <sup>3</sup> )	115	107	102	104	91
Максимална стойност (Bq/m <sup>3</sup> )	12	11	19	12	25
Вариация - CV %	631	1310	730	1314	462
	99	95	96	95	81

Таблица 12. Дескриптивна статистика на оценената средногодишна концентрация на радон по вид на материалите на вътрешните стени в жилището

Показател	Варо-циментова мазилка	Гипсова шпакловка	Гипсокартон	Тапети	Ламперия - дървена или пластмасова
Брой жилища N	1358	706	237	353	55
Средна аритметична стойност - AM (Bq/m <sup>3</sup> )	<b>118</b>	<b>100</b>	<b>122</b>	<b>101</b>	<b>123</b>
Медиана (Bq/m <sup>3</sup> )	83	68	91	67	96
Стандартно отклонение - SDV (Bq/m <sup>3</sup> )	116	92	102	91	89
Минимална стойност (Bq/m <sup>3</sup> )	12	12	12	11	16
Максимална стойност (Bq/m <sup>3</sup> )	1314	678	657	614	455
Вариация - CV %	98	92	83	91	72

Таблица 13. Дескриптивна статистика на оценената средногодишна концентрация на радон по вида подова настилка в измерваното жилище

Показател	паркет –дърво или ламинат, дюшеме	плочки – фаянс, теракот, гранитогрес	балатум	без покритие
Брой жилища N	2023	394	238	43
Средна аритметична стойност - AM (Bq/m <sup>3</sup> )	<b>112</b>	<b>99</b>	<b>124</b>	<b>119</b>
Медиана (Bq/m <sup>3</sup> )	77	71	93	86
Стандартно отклонение - SDV (Bq/m <sup>3</sup> )	110	83	98	90
Минимална стойност (Bq/m <sup>3</sup> )	12	11	12	22
Максимална стойност (Bq/m <sup>3</sup> )	1314	493	562	374
Вариация - CV %	98	84	79	76

Таблица 14. Дескриптивна статистика на оценената средногодишна концентрация на радон в зависимост от вида на използваното отопление

Показател	Централно, локално отопление (водна пара)	Електрическо	Отопление на твърдо гориво	Отопление на газ	Без отопление	Локално отопление на дизелово гориво
Брой жилища N	557	544	1426	118	37	20
Средна аритметична стойност - AM (Bq/m <sup>3</sup> )	<b>109</b>	<b>93</b>	<b>121</b>	<b>90</b>	<b>124</b>	<b>109</b>
Медиана (Bq/m <sup>3</sup> )	75	65	86	60	82	75
Стандартно отклонение - SDV (Bq/m <sup>3</sup> )	97	85	116	87	113	84
Минимална стойност (Bq/m <sup>3</sup> )	11	12	12	16	19	29
Максимална стойност (Bq/m <sup>3</sup> )	686	846	1314	565	510	289
Вариация - CV %	89	92	96	97	91	77

Таблица 15. Дескриптивна статистика на оценената средногодишна концентрация на радон в зависимост от вида на вентилацията

Показател	Естествена вентилация (отдушници)	Без вентилация	Изкуствена вентилация
Брой жилища N	1759	897	29
Средна аритметична стойност - AM (Bq/m <sup>3</sup> )	<b>108</b>	<b>119</b>	<b>99</b>
Медиана (Bq/m <sup>3</sup> )	73	86	90
Стандартно отклонение - SDV (Bq/m <sup>3</sup> )	103	111	62
Минимална стойност (Bq/m <sup>3</sup> )	11	12	23
Максимална стойност (Bq/m <sup>3</sup> )	1310	1314	273
Вариация - CV %	95	94	62

Таблица 16. Дескриптивна статистика на оценената средногодишна концентрация на радон в зависимост от тютюнопушене на обитателите

<i>Показател</i>	<i>не</i>	<i>под 20 цигари/ден</i>	<i>над 20 цигари/ден</i>
Брой жилища N	1936	515	248
Средна аритметична стойност - AM (Bq/m <sup>3</sup> )	<b>113</b>	<b>110</b>	<b>103</b>
Медиана (Bq/m <sup>3</sup> )	79	75	74
Стандартно отклонение - SDV (Bq/m <sup>3</sup> )	108	102	92
Минимална стойност (Bq/m <sup>3</sup> )	11	17	12
Максимална стойност (Bq/m <sup>3</sup> )	1314	730	520
Вариация - CV %	96	93	89