Приложение



за и РАДОН на

НАЦИОНАЛНИЯ ПЛАН ЗА ДЕЙСТВИЕ ЗА НАМАЛЯВАНЕ РИСКА ОТ ОБЛЪЧВАНЕ ОТ РАДОН

2018 – 2022 г.

МИНИСТЕРСТВО НА ЗДРАВЕОПАЗВАНЕТО
СОФИЯ

СЪДЪРЖАНИЕ

I. ВЪВЕДЕНИЕ 4

II. ЦЕЛИ НА НАЦИОНАЛНИЯ ПЛАН 6

III. ПОСТИГНАТИ РЕЗУЛТАТИ 9

Оперативна цел 1. 9

1.1. Въвеждане и прилагане на европейски и международни норми, правила и препоръки в българското законодателство, както и нови научни достижения в областта на радиационната защита. 9

Оперативна цел 2. 10

2.1. Създаване със заповед на министъра на здравеопазването на Национален координационен съвет и утвърждаване на правила за работата му. 11

2.2. Създаване със заповед на директора на РЗИ на областни координационни съвети за управление и координиране на дейностите за изпълнение на политиката по намаляване на облъчването от радон на регионално ниво. 11

2.3. Интегриране доколкото е възможно с други стратегии за превенция на риска за здравето (например тютюнопушене, качество на въздуха, енергоспестяване и др.) 13

2.4. Разработване и прилагане на адекватни методи за периодична оценка на ефективността на Националните планове за действие включително: оценка на изпълнението; анализ на ефективността на направените разходи и при необходимост актуализация на оценъчните критерии. 14

Оперативна цел 3 15

3.1. Изготвяне на методика за разработване и поддържане на националната база данни за измерванията на концентрацията на радон. 15

3.2. Използване на специфични показатели за идентифициране на зони с потенциално високи концентрации на радон въз основа на съществуващи карти, бази данни или информационни системи. 16

3.3. Организиране и провеждане на национални проучвания (измервания) на концентрацията на радон в сгради с акцент върху измервания провеждани в жилища, обществени сгради и др. 17

ПРОУЧВАНИЯ НА РАДОН В ЖИЛИЩА 17

УЧИЛИЩНИ СГРАДИ 27

ДЕТСКИ ГРАДИНИ 40

3.4. Провеждане на проучване на радон на работни места, където има вероятност нивата на концентрация на радон да са високи. 52

3.5. Проучвания на радон в почвен газ, радон във вода, строителни продукти, които могат да повлияят на концентрацията на радон в сгради и др. 68

3.6. Епидемиологични проучвания за оценка на заболеваемостта в дадена област и възможността им да се използват като ориентир за последващ анализ на резултатите от изпълнение на програми за намаляване на концентрацията на радон. 69

Оперативна цел 4 70

Оперативна цел 5 ……69

Оперативна цел 6……..81

IV ЗАКЛЮЧЕНИЕ: ……..……86

ЛИТЕРАТУРА: ……88

СПИСЪК НА ИЗПОЛЗВАНИТЕ СЪКРАЩЕНИЯ

АЯР	Агенция за ядрено регулиране
БАН	Българска Академия на Науките
ДНСК	Дирекция за национален строителен контрол
ЕК	Европейска комисия
ЕС	Европейски съюз
ЗУТ	Закона за устройство на територията
ИА „БСА”	Изпълнителна агенция „Българска служба за акредитация”
ИА „ГИТ“	Изпълнителна агенция „Главна инспекция по труда“
ИАОС	Изпълнителна агенция по околна среда
КАБ	Камара на архитектите в България
КИИП	Камара на инженерите в инвестиционното проектиране
КСБ	Камара на строителите в България
МААЕ	Международна агенция по атомна енергия
МКРЗ	Международна комисия по радиационна защита
МЗ	Министерство на здравеопазването
МОН	Министерство на образованието и науката
МОСВ	Министерство на околната среда и водите
МРРБ	Министерство на регионалното развитие и благоустройството
МТСП	Министерство на труда и социалната политика
МФ	Министерство на финансите
НКДАР	Научен комитет по изучаване на действието на атомната радиация
НКС	Национален координационен съвет
НЦРРЗ	Национален център по радиобиология и радиационна защита
НРЗ	Наредба за радиационна защита
ОАР	Обемна активност на радон
ОКС	Областен координационен съвет
РЗИ	Регионални здравни инспекции
СГОАР	Средногодишна обемна активност на радон
СЗО	Световна здравна организация

I. ВЪВЕДЕНИЕ

Вредното въздействие върху здравето на човека при облъчване с радон е подробно документирано (1). Радонът се счита за източник на облъчване на населението с най-голям дял (приблизително 50%) от средногодишната радиационна доза (2). Това облъчване води до повишен риск за развитие на рак на белите дробове, като рискът е пропорционален на обемната активност на радон (ОАР) и на времето на облъчване. Ракът е на второ място сред причините за смъртност в държавите от ЕС, след сърдечно-съдовите заболявания. Всяка година 2,6 милиона души са диагностицирани с рак, а други 1,2 милиона души умират вследствие на ракови заболявания. Според докладите за състояние на здравеопазването ракът е една от основните причини за преждевременна смърт в ЕС. Той влияе не само върху здравето на отделния човек, но оказва и значително социално и икономическо въздействие на семейството. Ракът на белия дроб е най-често срещаният рак в света и е водеща причина за смъртност и при мъжете. На фигура 1 е представена смъртността от злокачествени заболявания за периода 2016 – 2021 г. за България (3). Ракът на белия дроб е труден за лечение и изисква комплексен подход, тъй като диагнозата често се установява, когато заболяването вече е в напреднал стадий.



Фигура 1. Смъртност по злокачествени заболявания по години от 2016 до 2021 г.

Ракът е един от основните приоритети на Европейската комисия в областта на здравеопазването. Тази болест поставя под натиск националните системи за здравеопазване и социална закрила и държавните бюджети, и засяга производителността и растежа на икономиката.

Националният план за действие за намаляване риска от облъчване от радон (2018-2022г.) представлява съвместно усилие на всички заинтересовани ведомства в Република България, ангажирани с намаляването на риска от облъчване от радон. Планът за действие е разработен в изпълнение на Стратегията за намаляване на риска от облъчване от радон. Той е основен организационно-управленски инструмент за реализация на стратегията и

представлява неразделна част от нея. Планът за действие отчита националния опит, както и оценките и препоръките на Европейския съюз в областта на намаляването на риска от облъчване от радон. Чрез изпълнение на дейности по националният план за радон се продължават усилията за обединяване на правителствения и неправителствения сектор за продължаване на действията за намаляване на риска от облъчване от радон в дългосрочен план. Идентифицирането на сгради, където има вероятност стойностите на ОАР да са над националното референтно ниво от 300 Bq/m^3 (НРЗ, 2020 г.) е свързано с провеждането на проучвания не само в жилищни сгради, а и в сгради с обществен достъп и на работни места, както и с приоритизиране на райони, където има повишена вероятност от високи нива на радон в сградите. За постигането на тези цели се провеждат проучвания на различните типове сгради, където населението прекарва част от времето си, както и работните места, където има вероятност от повишени нива на радон по утвърдени процедури и работни инструкции за обследване.

Националния план 2018-2022 г. съдържа действия за внедряване на приоритетите, посочени в стратегията, индикатори за проследяване, срокове за изпълнение, водещи отговорни институции и партньори, и източници на финансиране.

За идентифициране на здравния риск и поради сложността и обхвата на проблема е необходимо обединяване на усилията на всички отговорни институции и активното им включване в дейностите за намаляване на риска от облъчване от радон за населението на Република България, което се очаква да доведе до снижаване на заболеваемостта и смъртността от рак на белия дроб.

За изпълнението на Националния план за действие е необходимо прилагането на междусекторен подход и затова в действията са интегрирани компетенции и отговорности, и на държавни институции и неправителствения сектор.

Планът за действие е документ, за който е предвидено да бъде периодично актуализиран на всеки 5 години, с цел постигане на качествено и ефективно внедряване на описаните в стратегията цели и приоритети и на основа изводите, които произтичат от представения отчет по изпълнението.

II. ЦЕЛИ НА НАЦИОНАЛНИЯ ПЛАН

В приетия с Решение № 55 от 1 февруари 2018 година на Министерския съвет Националния план за действие за намаляване риска от облъчване от радон 2018-2022 г., бяха изведени и целите, които да бъдат постигнати, а именно:

А. Стратегическа цел

Намаляване на колективния и индивидуалния риск за българското населението от облъчване на радон в сгради, чрез провеждане на дългосрочна политика за осигуряване на стабилна правна и институционална рамка, и подпомагане на изпълнението на мерките за намаляване на облъчването от радон.

За постигане на стратегическата цел за намаляване на облъчването от радон са поставени следните оперативни цели и приоритети за систематизирано и поетапно прилагане на дейностите:

Б. Оперативни цели

1. Провеждане на интегрирана и системна национална политика, насочена към намаляване въздействието на радон, с цел превенция на риска за здравето.

1.1. Въвеждане и прилагане на европейски и международни норми, правила и препоръки в българското законодателство, както и нови научни достижения в областта на радиационната защита.

2. Създаване на рамка за управление и изпълнение на национални планове за действие с ясна структура, приоритети, отговорности, и последователни стъпки, за дългосрочно намаляване на облъчването с радон.

2.1. Създаване със заповед на министъра на здравеопазването на Национален координационен съвет с участието на всички заинтересовани ведомства (МЗ, МРРБ, МТСП, МФ, МОН, НЦРРЗ, АЯР, ИАОС, представители на КАБ, КИИП, КСБ и др.), имащи отговорности за изпълнение на политиката по намаляване на облъчването от радон и утвърждаване на правила за работата му.

2.2. Създаване със заповед на директора на РЗИ на областни координационни съвети за управление и координиране на дейностите за изпълнение на политиката по намаляване на облъчването от радон на регионално ниво, включващ всички заинтересовани страни (териториалните административни структури на МЗ, МРРБ, МОСВ и МОН; представители на областната и общинските администрации; представители на териториалните структури на КАБ, КИИП, КСБ и др.), като се определи регионален координатор и правилна за работата на съвета.

2.3. Интегриране доколкото е възможно с други стратегии за превенция на риска за здравето (например тютюнопушене, качество на въздуха, енергоспестяване и др.)

2.4. Разработване и прилагане на адекватни методи за периодична оценка на ефективността на Националните планове за действие включително: оценка на изпълнението; анализ на ефективността на направените разходи и при необходимост актуализация на оценъчните критерии.

3. Събиране и систематизиране на информация за облъчването от радон в жилищни, обществени сгради и работни места, чрез провеждането на национални проучвания и други систематизирани измервания.

3.1. Изготвяне на методика за разработване и поддържане на националната база данни за измерванията на концентрацията на радон. Подобряване и поддържане в актуално състояние данните, чрез разширяване на систематизираната база данни от измервания.
3.2. Използване на специфични показатели за идентифициране на зони с потенциално високи концентрации на радон въз основа на съществуващи карти, бази данни или информационни системи.
3.3. Организиране и провеждане на национални проучвания (измервания) на концентрацията на радон в сгради с акцент върху измервания провеждани в жилища, обществени сгради и др.
3.4. Провеждане на проучване на радон на работни места, където има вероятност нивата на концентрация на радон да са високи.
3.5. Проучвания на радон в почвен газ, радон във вода, строителни продукти, които могат да повлияят на концентрацията на радон в сгради и др.
3.6. Епидемиологични проучвания за оценка на заболеваемостта в дадена област и възможността им да се използват като ориентир за последващ анализ на резултатите от изпълнение на програми за намаляване на концентрацията на радон.

4. Въвеждане на технически правила и норми за прилагането на практика на адекватни превантивни (защитни) технически мерки при строеж на нови сгради и коригиращи (възстановителни) технически мерки в съществуващи сгради в експлоатация.

4.1. Обучение на проектанти и строители.
4.2. Създаване на работещ механизъм за прилагане на коригиращи действия в сгради, оценка на най-добри практики за ефикасно и икономично снижаване на нивата на радон в сгради, включително система за контрол в това число и предварителен контрол на вложените строителни материали.
4.3. Механизъм за провеждане на ефективни коригиращи действия в обществени сгради в това число училища, детски градини, болници и други, в които са констатирани високи стойности на концентрацията на радон.
4.4. Създаване на система за предоставяне на детектори за оценка на ефективността на коригиращите действия за намаляване на концентрацията на радон

5. Подобряване на обществената осведоменост за здравния риск от радон и възможностите за редуцирането му.

5.1. Идентифициране на цел и ключови послания на комуникационната стратегия, насочени към различни целеви групи.
5.2. Идентифициране на заинтересованите страни и разработване на подходящи канали за комуникация за всяка от тях.
5.3. Сформиране и обучаване на екипи за комуникация.
5.4. Планиране на национални и регионални програми за комуникация.
5.5. Оценка на постигнатото от приложената комуникационна стратегия.

6. *Създаване на система за мониторинг на концентрацията на радон в обществени сгради и на работни места.*

6.1. Разработване на механизъм за измерване на радон на работни места и идентифициране на такива, в които има вероятност да бъдат установени високи нива на

концентрацията на радон и би било необходимо работниците да се класифицирани като професионално облъчвани лица.

6.2. Класифициране на работните места съобразно тяхната специфика (при които е необходимо създаването на система за контрол; места с вероятни високи стойности на концентрацията на радон, където населението също има достъп; обществени сгради, които могат да бъдат третирани като жилища, т.е. референтната концентрация трябва да бъде 300 Bq/m^3 и други).

6.3. Определяне на подходящи мерки за редуциране на облъчването на работни места, където работниците не са класифицирани като професионално облъчвани, но където има вероятност да бъдат установени високи концентрации на радон.

6.4. Поддържане на регистър на дейности, при които облъчването от радон на работни места не може да бъде пренебрегнато от гледна точка на радиационната защита.

За изпълнението на оперативните цели беше съставена Работна програма с формулирани приоритети и конкретни дейности, които да осигурят изпълнението им. По решение на Националния координационен съвет на програмата (НКС), съобразно годишното финансиране, се изпълняваха поетапно поставените в програмата задачи.

III. ПОСТИГНАТИ РЕЗУЛТАТИ

Оперативна цел 1.

Провеждане на интегрирана и системна национална политика, насочена към намаляване въздействието на радон, с цел превенция на риска за здравето.

1.1. Въвеждане и прилагане на европейски и международни норми, правила и препоръки в българското законодателство, както и нови научни достижения в областта на радиационната защита.

През последните петнадесет години, водещи международни организации в областта на опазване на човешкото здраве и радиационната защита, насочват проучванията си към оценка на здравния риск от радон и начините за намаляването му.

Световната здравна организация публикува резултатите от Международния проект „Радон" с участието на експерти от около 40 страни в наръчник „WHO Handbook on Indoor Radon: A Public Health Perspective", през 2009 г. (1) В него облъчването на населението от радон се посочва като втора по важност причина за белодробен рак след тютюнопушенето, а за хора, които никога не са пушили, тя е номер едно. Съществено място се отделя на необходимостта от разработването на национални планове и формулиране на основни приоритети, сред които: [1]установяване на национално референтно ниво от 100 Bq/m^3, а ако това не е възможно, да се избере ниво, което не надхвърля 300 Bq/m^3; [2]разработване и внедряване на строителни правила и норми, регламентиращи противорадонови мерки в новостроящи се жилища; [3]разработване на национално ръководство за измервания, осигуряващи качество и съгласуваност на резултатите.

Международна комисия по радиационна защита публикува данни, че последните епидемиологични проучвания в Европа, САЩ, Канада и Китай свидетелстват за 2 пъти по-голям риск отколкото се смяташе досега. В тази връзка беше променена стойността на референтното ниво за радон в жилища от препоръчваните преди 600 Bq/m^3 на 300 Bq/m^3. Разработено бе и ново ръководство „Radiological Protection against Radon Exposure", в което се обръща внимание на факта, че измерванията трябва да бъдат представителни по отношение на средната годишна обемна активност на радон в дадена сграда.

Международна агенция по атомна енергия прие през 2011 г. нови Международни основни норми за радиационна защита (IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 3). За първи път в тях, облъчване от радон в жилища е включено в общата система за радиационна защита на населението. Специфичните изисквания за защита от това облъчване са посочени в Изискване 50: „Правителството предоставя информация за нивата на радона в затворени помещения и за риска за здраве, и разработва и прилага план за действие по контрола на облъчване на население от радон". За тази цел правителството следва да осигури:

• информация за концентрации на радон в жилища и в други сгради с висок коефициент на използване от населението (детски градини, училища, болници), като провежда за целта представителни проучвания;

• представяне на информация на населението за облъчване, обусловено от наличието на радон, и за съответния риск за здравето, включително за повишаване на риска при тютюнопушене;

• разработване на план за координирани действия по намаляване на нивата на радон в съществуващи и новопостроени сгради, предвиждащ:

- ✓ определяне референтното ниво за радон в жилища и други сгради с висок коефициент на използване от население (с отчитане на съществуващите социално-икономически условия), не надхвърлящо 300 Bq/m3;
- ✓ намаляване нивата на радон и съответното облъчване за оптимизиране на защитата;
- ✓ изработване на строителни правила и норми, с цел предотвратяване проникването на радон в жилища и др.

Европейска комисия прие през 2013 г. Директива 2013/59/EURATOM за Основни Норми по Радиационна Защита. За разлика от препоръките на МААЕ, директивата налага обвързваща правна рамка и задължава държавите-членки да въведат в сила законовите, подзаконовите и административните разпоредби, заложени в нея.

Регламент (ЕС) № 305/2011 на Европейския Парламент и на Съвета от 9 март 2011 година за определяне на хармонизирани условия за предлагането на пазара на строителни продукти и за отмяна на Директива 89/106/ЕИО на Съвета. Строежите, като цяло и отделни части от тях, трябва да са годни за предвидената за тях употреба, като по-специално се вземат предвид здравето и безопасността на лицата, участващи в целия жизнен цикъл на строежите. При условие, че е налице нормално поддържане, строежите трябва да отговарят на тези основни изисквания в продължение на един икономически обоснован период на експлоатация.

Националното законодателство е напълно хармонизирано с изискванията на Директива 2013/59/ЕВРАТОМ и BSS part 3 на МААЕ. Постиженията в това отношение, са резултат от правилно заложените и изпълнени на високо ниво задачи поставени в Националния план. Извършеното бе оценено при проверка на ЕК, която показа пълно съответствие с изискванията. В рамките на Регионален проект на МААЕ се констатира, че по зададения алгоритъм за отчитане, България е изпълнила изискванията 90-100%. Приета е и Наредба за техническите изисквания към сградите за защита от радон, публикувана в Държавен вестник на 3 април 2019 г., което е пример за ползотворното сътрудничество между различните компетентни институции, изпълняващи задачите по Националния план.

Индикатор за изпълнение: Приети нормативни актове

Изпълнение – 100 %

Оперативна цел 2.

Създаване на рамка за управление и изпълнение на национални планове за действие с ясна структура, приоритети, отговорности, и последователни стъпки, за дългосрочно намаляване на облъчването с радон.

2.1. Създаване със заповед на министъра на здравеопазването на Национален координационен съвет и утвърждаване на правила за работата му.

Национален координационен съвет с участието на всички заинтересовани ведомства (МЗ, МРРБ, МТСП, МФ, МОН, НЦРРЗ, АЯР, ИАОС, представители на КАБ, КИИП, КСБ и др.), имащи отговорности за изпълнение на политиката по намаляване на облъчването от радон за управление на Националния план за действие за намаляване риска от облъчване от радон 2018-2022 г. се създаде със заповед № РД-02-110/14.05.2018 г. на Министърът на здравеопазването, с която се въведоха и правила за работата му.

В НКС, под ръководството на заместник-министър на здравеопазването, участваха всички заинтересовани ведомства и организации, от които: Министерство на здравеопазването, Националния център по радиобиология и радиационна защита, Министерство на околната среда и водите, Изпълнителна агенция по околна среда, Агенция за ядрено регулиране, Министерство на финансите, Министерство на труда и социалната политика, Министерство на образованието и науката, Министерство на регионалното развитие и благоустройството; Камара на архитектите в България, Камара на инженерите в инвестиционното проектиране.

Със заповедта за секретари на НКС бяха определени: д-р Жана Джунова, дм, завеждащ секция „Радиационна безопасност и медицинско осигуряване”, Национален център по радиобиология и радиационна защита и Илия Тасев, главен експерт в дирекция „Здравен контрол”, Министерство на здравеопазването.

Техните задължения включват: осигуряване на обща съгласуваност на действията на участниците в националната програма; изготвяне на конкретни предложения за дейности, които да се изпълняват в дадена календарна година съобразно отпуснатото финансиране и докладването им на заседанията на НКС; събиране на отчетната информация по приеманата ежегодно програма за изпълнение; изготвяне на отчети, процедури, правила и други материали необходими за функциониране на Националната програма.

В процеса на изпълнение на плана, поименният състав на НКС е бил изменян във връзка с настъпилите структурни промени със Заповед № РД-02-144 от 06.11.2019 г. и Заповед № РД-02-247 от 12.10.2022 г.

На заседанията на НКС приемаше:

- Отчет за изпълнението на задачите планирани за предходната година;
- План за дейностите, които ще се изпълняват през текущата (бюджетна) година.
- Финансова рамка за остойностяване на дейностите.

Във връзка с пандемията от Ковид 19 и наложените ограничения, присъствени заседания не се провеждаха, което затрудни работата на НКС.

2.2. Създаване със заповед на директора на РЗИ на областни координационни съвети за управление и координиране на дейностите за изпълнение на политиката по намаляване на облъчването от радон на регионално ниво.

Във всички 28 административни области на Република България, със Заповед на директора на съответната Регионална здравна инспекция, бяха сформирани *Областни координационни съвети* (ОКС), в състава на които са включени: представители на

Областната и Общинската администрация, Изпълнителна агенция по околна среда, Камарата на инженерите в инвестиционното проектиране, Камара на архитектите в България, Дирекция „Инспекция по труда", Регионално управление на образованието и експерти от Регионалните здравни инспекции. Беше определен и областен координатор на програмата.

В началния етап на изпълнение на Националния план се разработиха *Областни планове за действие за намаляване риска от облъчване от радон 2018-2022 г.*, които бяха приети на първото си заседание ОКС. Утвърдиха се и *Правила за работа* на ОКС.

Националният план е организиран така, че реализацията на политиките заложени в него и постигането на целите му на регионално ниво е отговорност на ОКС. На база разработените от ОКС Областни панове бяха очертани регионалните координирани мерки и дейности, с които да бъдат постигнати целите, съобразени с ежегодното разпределение на дейностите, съобразно осигуреното финансиране.

Всички ОКС периодично провеждаха заседания, на които областният координатор е разяснявал целите и задачите на плана, времевата рамка и финансовите ресурси планирани за календарната година. На фигура 2 са представени обобщени данни за проведените заседания от всички ОКС за периода 2018-2022 г. Пандемията от COVID-19, през отчетния период, затрудни провеждането на заседания. Въпреки това общият брой заседания за петгодишният период на изпълнение е 81.

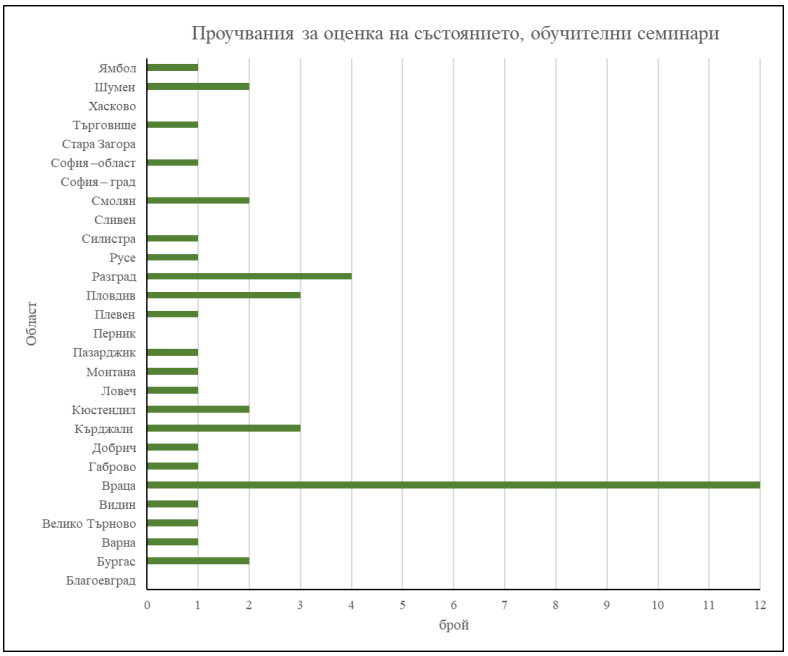


Фигура 2. Проведени заседания на Областните координационни съвети през 2018-2022

Наред със заседанията, областните координатори са организирали поредица от обучителни семинари по различни теми, свързани с измерванията на нивата на радон, провеждане на проучвания в жилищни и обществени сгради (училища, детски градини, болници и др.), здравните ефекти от облъчването с високи нива на обемната активност на радон и предприемане на мерки за редуциране на стойностите на радон, през периода 2018-2022 г.

Обучението е ключов елемент за постигане на заложените приоритети. Въвеждането на нови проучвания (в обществени сгради и на работни места), с нова методика и организация налага постоянна подготовка на семинари и срещи, за разясняване на организацията и отчетността. През целия период на действие на Националния план, областните координатори и секретарите бяха на разположение за методична и консултантска помощ.

За съжаление, текучеството в РЗИ и промяната на областните координатори също е фактор налагащ нуждата от постоянни обучения. Процесът беше значително затруднен през двете години на пандемия. Броят обучителни семинари проведени от РЗИ е 44 и са представени на фигура 3.



Фигура 3. Проведени обучителни семинари от РЗИ през 2018-2022г.

Като цяло предвидените дейности по изграждане на структурите на управление на програмата на национално и регионално ниво беше **изпълнено 100%.** Тези структури изпълняваха безупречно своите задачи и добрата организация, координация и взаимодействие, което беше постигнато ще бъде използвано в следващи планирани етапи за превенция на здравето на българското население от въздействието на радон.

2.3. Интегриране доколкото е възможно с други стратегии за превенция на риска за здравето (например тютюнопушене, качество на въздуха, енергоспестяване и др.)

През отчетния период не беше осигурена възможност за интегриране с други стратегии за превенция на риска за здравето.

2.4. Разработване и прилагане на адекватни методи за периодична оценка на ефективността на Националните планове за действие включително: оценка на изпълнението; анализ на ефективността на направените разходи и при необходимост актуализация на оценъчните критерии.

Мониторингът се определя като процес на системно и непрекъснато събиране и анализ на информация за хода на реализацията на плана и постигането на поставените цели. Получената информация се използва за целите на управлението – осъществяване на контрол и вземане на управленски решения за продължаване, изменение, допълване на поставените приоритети и дейности.

За извършването на системен мониторинг и оценка на постигнатите резултати се прилагаха изготвените в процеса на изпълнението на предходната „*Националната програма за въздействие на радон върху здравето на българското население*“ „*Правила за мониторинг и оценка на изпълнението*“ Тези правила, доказали се като подходящи и адекватни на поставените цели, бяха прилагани и за мониторинг на Националния план. На тази база всички ОКС подготвяха ежегодни отчети за изпълнението на планираните дейности, представяни в Министерство на здравеопазването в срок до 15 декември.

Индиректна оценка за качеството на работата по Националния план беше направена по време на проверка на ЕК, във връзка с Процедура за нарушение № 2020/2077 по чл. 258 от Договора за функционирането на Европейския съюз, която показа пълно съответствие с изискванията в часта защита от облъчване с радон.

Показателите за изпълнение на националния план бяха интегрирани и в отчета, който се изготвя всяка година по бюджетна програма „Държавен здравен контрол“, за да се следи регулярно неговото изпълнение.

Подобна оценка беше декларирана и от МААЕ, където в рамките на Регионален проект RER9153 беше отчетено, че България е изпълнила изискванията на BSS part 3 90-100%.

Индикатор за изпълнение: *Заповеди за създаване на НКС и ОКС и определяне на регионални координатори*

Изпълнение – 100 %

Индикатор за изпълнение: *Отчети по изпълнение на дейностите, запланувани по плана - ежегодни*

Изпълнение – 100 %

Анализ: Създадената рамка за управление и изпълнение на националния план за действие, чрез включването на всички заинтересовани ведомства на национално и регионално ниво, с ясна структура и отговорности, осигурява постигането на заложените оперативни цели. Постига се покритие на цялата страна, като ОКС обеспечават изпълнението на планираните дейности на регионално ниво. Ежегодните отчети от РЗИ, по изпълнението на задачите са основно средство за наблюдение на изпълнението на дейностите на регионално и съответно на национално ниво. Създадената рамка за управление гарантира ангажирането на ръководните служители в държавната администрация за осигуряване на минимално финансиране.

Насоки и препоръки: Определянето на по-ефективен механизъм за осигуряване на средства от държавния бюджет за изпълнението на дейностите и особено за подкрепа на

областните координационни съвети, инициативи на РЗИ при изпълнението на дейностите по плана.

Оперативна цел 3

Събиране и систематизиране на информация за облъчването от радон в жилищни, обществени сгради и работни места, чрез провеждането на национални проучвания и други систематизирани измервания.

През периода на действие на Националния план 2018-2022 г., продължи поставеното на научна основа проучване на риска от облъчване с радон за българското население. Бяха структурирани организационно и методично основните задачи, които компетентните органи трябва да решат за събиране и систематизиране на информация за облъчването от радон в жилищни, обществени сгради и работни места, с цел идентифициране на зони с повишена обемна активност на радон в сгради, и способите за намаляването ѝ.

3.1. Изготвяне на методика за разработване и поддържане на националната база данни за измерванията на концентрацията на радон.

Подобряване и поддържане в актуално състояние данните, чрез разширяване на систематизираната база данни от измервания.

Въз основа на резултатите от системното Национално проучване беше предложено *допълнение към Процедурата за провеждане на Националното проучване с възможност за определяне на корекционни фактори*, които позволяват оценяването на средногодишните обемни активности на радон в сгради, при прилагането на краткосрочни измервания (от 3-6 месеца). Корекционните фактори са определени в съответствие с климата и геологията на районите от страната.

Разработени и приети бяха и:

- *Процедура за провеждане на проучвания на обемната активност на радон в сгради с обществен достъп 2018,* включваща правила за провеждане на краткосрочни, дългосрочни и директни измервания, необходими за по-точна оценка на риска от облъчване в контекста на начина на използване на сградата;
- Процедура за провеждане на проучвания на обемната активност на радон в сгради с обществен достъп (*детски градини и ясли*), поради особенния контингент в тези сгради – деца и работно място за учителите.
- *Процедура за провеждане на проучвания на обемната активност на радон на работни места*
- *Методиката за определяне на райони с повишен радонов риск на териотията на България за изработване на радонова карта*

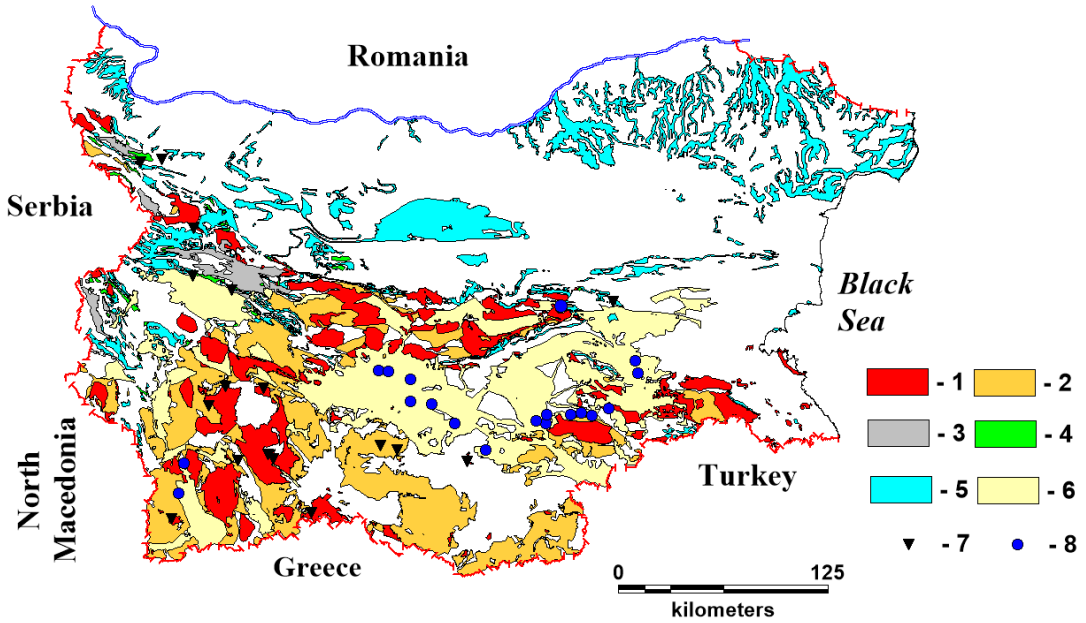
Много сериозна работа беше проведена по осигуряване на качеството на всички измервания по време на националните проучвания. Това на първо място се гарантира чрез калибриране на всяка партида с детектори. За да се осигури точността на получените резултати, се провеждат два типа измервания: дублиращи и нулеви. Резултатите от дублиращия детектор се сравняват с тези от основния. Нулевите (blank) детектори се

използват за оценка на влиянието на някои допълнителни процеси върху точността на определяне на обемната активност на радон: пренасянето от лабораторията до помещението, в което е поставен уреда и обратно, съхранението им и други. Същевременно се извършва конторл на качеството в лабораторията, която отчита детекторите.

В първият програмен период беше създадена специализирана лаборатория „Мониторинг и превенция на радон“ в Националния център по радиобиология и радиационна защита (НЦРРЗ), която покрива всички изисквания за качество и прецизност на измерванията на обемна активност на радон. През отчетния период бе променено името на: *лаборатория за изпитване „Радон“*. Бяха разработени и въведени процедури по осигуряване на качеството на всички измервания и бяха подготвени документи за нейното акредитиране от Българска слежба по акредитация. Наред с предприетите организационно методични мерки за осигуряване на качеството, лабораторията участва в поредица междулабораторни сравнения с международни референтни лаборатории: Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) в Германия; AIRP - Италия и Агенция по здравеопазване (HPA) в Обединеното кралство. Изградената до момента инфраструктура, осигурява възможност за подържане на висок стандарт за качество при националните проучвания на обемната активност на радон. В рамките на националната програма беше изготвена и методика за определяне на райони с повишен радонов риск. Използването ѝ позволява, на основата на реално проведени измервания за оценка на средногодишната обемна активност на радон в сгради, да бъде създадена национална база данни.

3.2. Използване на специфични показатели за идентифициране на зони с потенциално високи концентрации на радон въз основа на съществуващи карти, бази данни или информационни системи.

Дейността не е финансирана по националния план. За изпълнението ѝ, през 2019 г. е спечелен и се изпълнява научно-изследователски проект финансиран от Фонд научни изследвания на тема: „Геогенни изследвания на радоновия потенциал за оценка на радоновия индекс при строителство на нови сгради“. Изпълнители: Базова организация - Геологически институт при БАН и Партньорска организация – Национален център по радиобиология и радиационна защита. Основната цел на проекта е придобиване на нови знания чрез изследване на геогенния радонов потенциал в различни геоложки единици, с цел подготовка на методология за оценка на радоновия индекс, който се определя при предприемане на превантивни мерки при изграждането на нови сгради и приоритизиране на коригиращите мерки в съществуващи. По проекта е създадена ГИС карта (фигура 4), за пространственото разпределение на отделните типове скали, с цел предварителен анализ на радоновия потенциал, на базата на обобщената публикувана геоложка информация и Геоложката карта на Република България (мащаб 1:500 000). Данните са публикувани в научни списания (4).



Фигура 4. Карта на видовете скали с очакван радонов потенциал: 1 - гранити и гранитоиди; 2 - гнайс и метагранитоиди; 3 - шисти; 4 - пясъчници; 5 - карбонатни утайки; 6 – неогенски и кватернерни неконсолидирани и полууплътнени силикокластични скали; 7 – находища на уранова руда in situ; 8 - повърхностни отлагания (4).

Работата по проекта представлява част и основа на текущо проучване за оценка на скалната и повърхностна геология, свързана с радоновия потенциал в България. Резултатите от това проучване ще бъдат използвани за идентифициране на области, които има вероятност да са райони с висок радонов риск и за по-нататъшна оценка на връзката между геологията и радоновия потенциал.

3.3. Организиране и провеждане на национални проучвания (измервания) на концентрацията на радон в сгради с акцент върху измервания провеждани в жилища, обществени сгради и др.

ПРОУЧВАНИЯ НА РАДОН В ЖИЛИЩА

Националните проучвания се извършват по Процедура, утвърдена от НКС, чиято задача е да се оцени териториалното разпределение на концентрацията на радон по области в Република България и да се определи разпределението на средните годишни обемни активности на радон в жилища, които могат да се считат за представителни за облъчването на населението от естествения източник на йонизиращо лъчение - радон.

Първото системно национално проучване и фактическите измервания на територията на страната, стартира през 2015 г. по Националната програма 2015 – 2017 г. Разпределянето на детекторите беше съобразено с административно-териториалното деление на страната на 28 области и 264 общини. Проучването се проведе на две фази по 6 месеца. По този начин се извърши скрининг на разпределението на обемната активност на радон на територията на Република България. Проучването обхвана измервания в цялата страна и допринесе за разработване на широк спектър ръководства и идентифицира необходимостта от актуализиране на нормативни документи, съдействащи за

реализирането на национална стратегия за намаляване на риска от облъчване от радон в сгради, отразяващи националните особености.

През периода 2018 – 2022 г. започнаха подробни измервания в дълбочина по области, като площта на областта се разделя на зони 5 х 5 км. Проучването се провежда на ниво област, разделена на общини, за които са разпределени определен брой детектори в зависимост от площта и сградния фонд. В населените места детекторите се разпределят в произволно подбрани сгради. Целта е събиране и систематизиране на повече информация за облъчване от радон в жилищни сгради по общини в областта и за идентифициране на райони, където има вероятност да има повече сгради с по-високи стойности на ОАР. Резултатите се разпределят и обобщават по населени места и по квадратите 5х5 км от картата на всяка област (Фигура 5). В съответствие с Наредба № РД-02-20-1 от 2019 г. за техническите изисквания към сградите за защита от радон (МРРБ, 2019) се извършва класификация на квадратите в зависимост от териториалното разпределение на ОАР в следните класове на районите:

Клас 1. сгради в райони с ниска потенциална вероятност от проникване на радон – с измерена средногодишна ОАР, по-малка или равна на 100 Bq/m^3;

Клас 2. сгради в райони с умерена потенциална вероятност от проникване на радон – с измерена средногодишна ОАР в интервала 101 Bq/m^3<ОАР≤300 Bq/m^3 и

Клас 3. сгради в райони с висока потенциална вероятност от проникване на радон – с измерена средногодишна ОАР над 300 Bq/m^3.

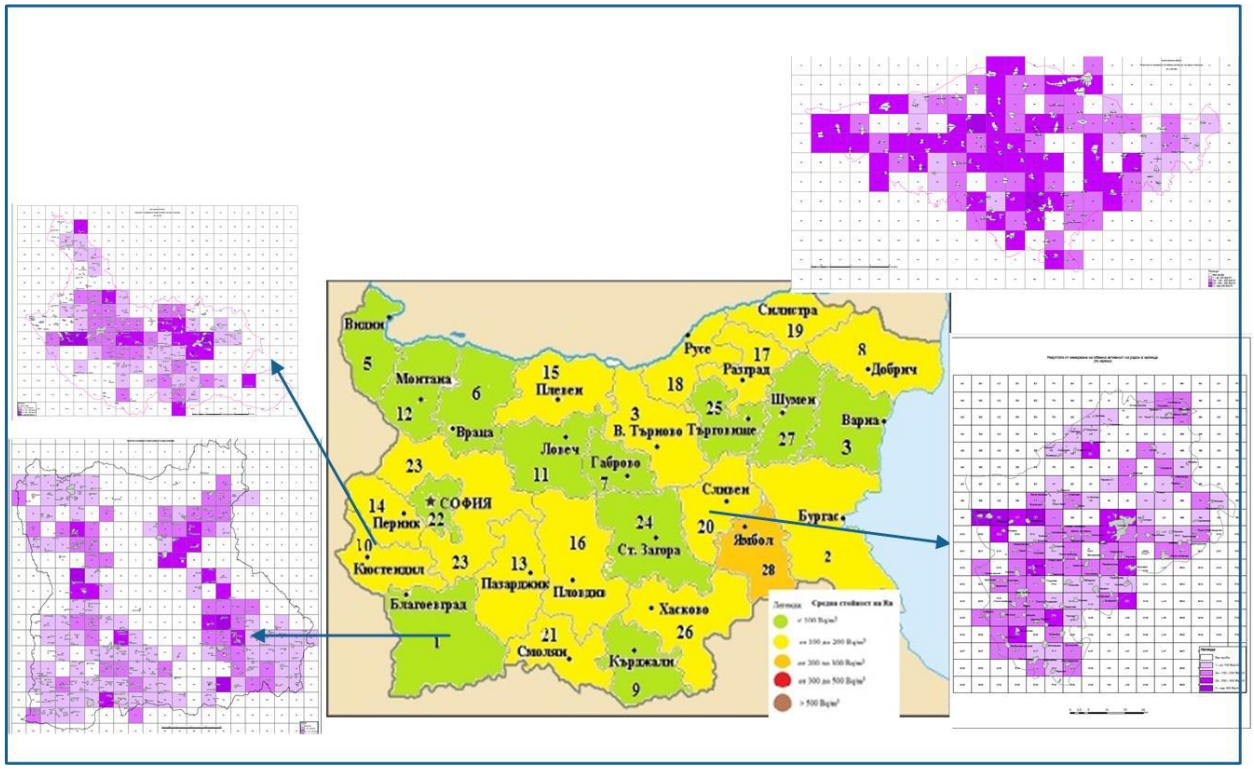
За да се избегне допускане на „Грешка от първи ред“ и „Грешка от втори ред“, т.е. един район да се класифицира с умерена потенциална вероятност, а да има установени високи стойности на ОАР в жилища, е приложен консервативен подход, като класът 2 е разделен на два под класа – 2а и 2b.

Клас 2а. се класифицира района, когато средноаритметичната стойност на ОАР е между 100 и 200 Bq/m^3.

Клас 2b.: районът се оценява в този клас, когато АМ е между 200 – 300 Bq/m^3.

При класификацията на районите по средно-аритметичната стойност се добавя стандартно отклонение, което дава известно разстояние от границите на класа. По този начин е направен и компромис между броя измервания и вероятността за грешно решение, т.е. когато измерванията за населеното място са само 2–3 броя. Районите, за които сумата от средноаритметичната стойност и стандартното отклонение е по-голяма от референтното ниво, са класифицирани в клас 2б, тази зона може да се счита за зона, където има вероятност в сградите да се установят високи стойности на радон. В районите, класифицирани в 2б броят на измерванията следва да се увеличи или да се извършат други допълнителни проучвания например на радон в почвен газ. За всяка община, резултатите за населените места и за съответните квадрати са представени в таблици, които допълват картата. Квадратите, където няма населени места, не са класифицирани и са оставени в бяло. Обобщените резултати в табличен вид и картите за проведените проучвания са представени на интернет страница на Националния план. Резултатите следва да бъдат използвани при ново строителство за предприемане на превантивни мерки.

В рамките на плана, **напълно бе завършено проучването на жилищата в области Благоевград, Сливен, Кюстендил и Силистра** (фигура 5), като подробни отчети са приети от НКС и са публикувани на сайта на програмата (www.radon.bg).



Фигура 5. Карта на България въз основа на резултатите от националното проучване и карти 5x5 км. на подробно измерените области

Подробните измервания по области способват за по-детайлно събиране и систематизиране на информацията за разпределението на стойностите на радон по територията на общините за прилагане на степенуван подход за превенция на облъчването на населението от радон. Видно от изготвените карти (фигура 5), районите с вероятностни високи стойности на радон са по-малко, което оптимизира прилагането на превантивните и коригиращи мерки.

Начини на измерване:

За провеждане на детайлните проучвания са използвани пасивни детектори за дългосрочно измерване на нивата на радон в сгради. Детекторите са с период на пробовземане от 3 до 6 месеца, 1 година и се състоят от CR-39 чип, поставен в цилиндрични дифузионни камери, представляващи филтър за прах и дъщерните продукти на радон (Фигура 6).



Фигура 6. RSKS – детектори в ляво; RSFV детектори в средата и чип в дясно

Приложени са пасивни детектори тип *RSKS* (за Благоевград и Сливен) и RSFV (за Кюстендил и Силистра). Детекторите се раздават поставени в торбичка от алуминиево фолио, за защитата им по време на транспортиране. След отваряне на алуминиевата торбичка, детекторът престоява в измерваното помещение. Радонът прониква през отвора на пластмасовия контейнер и алфа- частиците попаднали върху чипа оставят следи (трекове) върху него. Детекторът има уникален номер от производителя, който се използва за идентифициране. Чипът има същия номер, който се използва за проследяване на движението му при обработката. За обработката на детекторите и оценяване на ОАР лабораторията към НЦРРЗ използва RADOSYS система. Обработката на детекторите и средствата за измерване се подготвят за работа съгласно инструкциите за измерване 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“. Проследимостта на резултатите за ОАР във въздух, до референтна атмосфера се извършва за всяка закупена партида детектори. Облъчването на детекторите в референта атмосфера, проследима до национален или международен еталон, се извършва от външна акредитирана лаборатория. Въз основа на анализа на нулевите детектори, е извършена корекция на фона при оценката на резултатите и се оценява минимално измеримата обемна активност на радон, която се определя за всяка партида и е в рамките от 10 – 15 Bq/m^3.

Данните от анкетните карти се попълват в база данни от РЗИ. Тези данни се използват, за да се оцени влиянието на различни фактори върху вариациите на радон.

Резултатите от подробните изследвания като цяло потвърждават резултатите от Националното проучване, което е доказателство за достоверността и качеството му.

Резултати от обобщените данни.

Резултатите от Националното проучване, проучването на сезонните вариации и подробните проучвания се обобщават за подготовката на картите. Дескриптивната статистика на обединените резултати за средногодишна ОАР в жилища за измерените области са представени в Таблица 1.

Таблица 1. Обобщени резултати за измерените области

	Средно годишна стойност на ОАР			
	Благоевград	***Сливен***	***Кюстендил***	***Силистра***
Брой на измерваните сгради	**1283**	**731**	**482**	**688**
Средна аритметична стойност (АМ), Bq/m^3	**106**	**154**	**111**	**152**
Медиана, Bq/m^3	**75**	**110**	**69**	**127**
Стандартно отклонение (SDV), Bq/m^3	**105**	**147**	**149**	**125**
Минимална стойност, Bq/m^3	**15**	**26**	**13**	**14**
Максимална стойност, Bq/m^3	**1140**	**1314**	**2337**	**1702**
CV, %	**99**	**96**	**134**	**82**
Средно геометрична стойност	**80**	**117**	**76**	**118**

(GM), Bq/m^3				
Стандартно геометрично отклонение	**2.01**	**2.01**	**2.3**	**2.1**
Процент на жилища с ОАР > 300 Bq/m^3, %	**2.95**	**8.8**	**4.4**	**10.7**

Средните стойности за област Сливен и Силистра са по-високи отколкото тези за области Благоевград и Кюстендил. За всяка област е извършено сравнение на реултатите по общини и е приложен теста на Kruskal-Wallis за да се провери хипотезата, че средногодишната ОАР за групите е еднаква. Тестът потвърждва, че има статистически значимо различие между общините в област Сливен и Благоевград (KW, $p<0.001$). Не е установено статистически значимо различие между общини в области Кюстендил и Силистра, което показва че за тези области разпределението на обемната активност на радон е хомогенно по общини.

Област Благоевград

Проучването е проведено с цел изпитване на методиката за провеждане на измервания за изготвяне на радонова карта. През 2017 г. е изготвен „Отчет по изпитване на методиката за определяне на райони с повишен радонов риск на територията на България за изработване на радонова карта“ на база на част от резултатите. Проучването в областта е проведено с 1280 пасивни детектори за всички 14 общини от областта. Изгубените детектори са 100 броя или 8 % от предоставените детектори. В зависимост от конкретния период на престой в сградата, са приложени съответните коефициенти за сезонни вариации и е определена средногодишната обемна активност на радон в жилището (5). През 2021 г. е изготвена карта за областта на база на тези данни.

Резултатите са разпределени по селища и квадрати 5x5 км и са представени в табличен вид и на карти за всяка община и са публикувани на интернет страницата на Националния план. Територия в общините Банско и Разлог е класифицирана, като райони с умерен потенциал в по-висок клас 2b. Районите на селища в общините Гоце Делчев, Кресна и Хаджидимово са класифицирани в клас 3, райони с висока потенциална вероятност от проникване на радон – с измерена средногодишна ОАР над 300 Bq/m^3. В тези райони следва да се провеждат по-подробни проучвания и предприемат превантивни мерки.

Област Сливен

В края на 2018 г., на РЗИ Сливен бяха предоставени 1474 броя пасивни детектори, които бяха разпределени за измерване на ОАР по 2 детектора в жилище (1462 броя), дублиращи детектори - 10 броя и нулеви детектори - 2 броя. Периода на престой на детекторите в сградите варира от: зима-пролет; зима-пролет-лято; пролет-лято; пролет-лято-есен; лято-есен. Различният период на престой на детекторите в сградите, по време на проучването за област Сливен, както и вариациите на радон дават основание да се приложат определенията коефициенти за сезонна вариация публикувани в отчета по Националната програма (5) за определяне на средногодишната обемна активност на радон в жилището. Общият брой измервания за областта извършени по Националното проучване, Проучването на сезонните вариации и подробното, възлиза на 731 броя жилища. Средно-аритметичната стойност за областта от обобщените резултати е 154

Bq/m^3, а средогеометричата стойност 117 Bq/m^3. Резултатите са разпределени и обобщени по населени места и по квадратите 5х5км от картата на област Сливен и районите са класифицирани в зависимост от териториалното разпределение на ОАР съгласно Наредбата за техническите изисквания към сградите за защита от радон на МРРБ. Територията на общините Котел, Нова Загора и Сливен е класифицирана, като райони с умерен потенциал в по – ниския клас 2а. Районите на селищата гр. Твърдица и гр. Шивачево са класифицирани в клас 3 райони с висока потенциална вероятност от проникване на радон – с измерена средногодишна ОАР над 300 Bq/m^3 и в тези райони следва да бъдат прилагани превантивни мерки при проектирането на нови сгради, информиране на населението за възможните начини за намаляване на нивата на радон с коригиращи мерки в съществуващите сгради, както и провеждане на повече измервания на ОАР.

Област Кюстендил

НЦРРЗ е предоставила на РЗИ Кюстендил 697 броя пасивни детектори в края на 2019 г., от тях: за измерване на ОАР в 684 жилища, дублиращи детектори - 12 броя и един нулев детектор. Проучването на жилищата в област Кюстендил е извършено, като е предоставен 1 детектор на жилище, който престоява в жилището за 1 година. Връщането на детекторите от РЗИ – Кюстендил е извършено на няколко етапа, в периода от юни до декември 2021 г., като последните два детектора бяха получени в лабораторията на 12.09.2022 г. Общата загуба на резултати е 48%, като такава огромна липса на резултати до сега не се е получавала при провеждане на обследвания на обемната активност на радон в сгради. В две от общините Дупница и Сапарева баня загубите са над 90%. Резултатите са разпределени и обобщени по населени места и по квадратите 5х5 км от картата на област Кюстендил и районите са класифицирани в зависимост от териториалното разпределение на ОАР. Територия на общините Бобов дол, Дупница и Кюстендил е класифицирана, като райони с умерен потенциал в по-висок клас 2b. Няма класифицирани територии на цели общини в клас 3, райони с висока потенциална вероятност от проникване на радон – с измерена средногодишна ОАР над 300 Bq/m^3, но два от квадратите (D10 и E10) със селища: Раненци, Гърляно, Вратца и Жиленци са класифицирани с клас 3. В тези райони следва да бъдат прилагани превантивни мерки при проектирането на нови сгради, информиране на населението за възможните начини за намаляване на нивата на радон с коригиращи мерки в съществуващите сгради, както и провеждане на повече измервания на ОАР.

Област Силистра

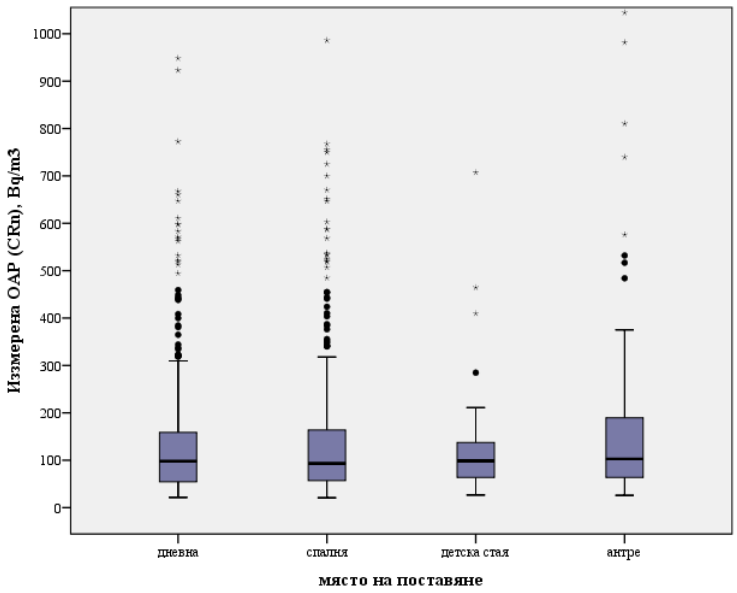
НЦРРЗ е предоставила на РЗИ Силистра 617 броя пасивни детектори в края на 2019 г., от тях: за измерване на ОАР в 617 жилища, дублиращи детектори - 12 броя и един нулев детектор. Проучването на жилищата в област Силистра е извършено, като е предоставен 1 детектор на жилище, който престоява за 1 година. Връщането на детекторите от РЗИ – Силистра е извършено накуп на 19.2.2021 г. Общата загуба на резултати е 5%, което представлява най-ниските загуби на детектори и резултати, във всички провеждани досега проучвания в жилища. Територия на всички общини от областта са класифицирани, като райони с умерен потенциал в по-висок клас 2b, с

изключение на община Кайнарджа, която е оценена като 2а. Няма класифицирани територии на цели общини в клас 3, райони с висока потенциална вероятност от проникване на радон – с измерена средногодишна ОАР над 300 Bq/m^3, но три квадрати (J4, M8 и L8) със селища: Дичево, Коларово, Поройно, Черник и Яребица са класифицирани с клас 3. В тези райони следва да бъдат прилагани превантивни мерки при проектирането на нови сгради, информиране на населението за възможните начини за намаляване на нивата на радон с коригиращи мерки в съществуващите сгради, както и провеждане на повече измервания на ОАР.

Анализ на фактори, които влияят на обемната активност на радон

Вид на помещението в жилището

За да се проследи, дали поставянето на детектори в различни помещения, биха повлияли на точната оценка на ОАР за жилището, в област Сливен бяха давани по два детектора на жилище. Най-много измервания са направени в дневната и спалнята, както бе указано в раздадените инструкции, но има измервания на детектори, които са поставени в други помещения, обобщени в групата „Антре“. Средно аритметичната стойност на обемната активност на радон за тази група е най-висока, което предполага, че тези помещения може да са килери или други малки затворени и необитавани помещения. Необходимо е да се повиши вниманието на участниците в проучванията на ОАР, относно точно спазване на указанията и инструкциите за извършване на измервания на нивата на радон за вида на измерваните помещения. Обобщените резултати по групи измервани помещения са представени на Фигура 7. С цел да се провери хипотезата, че ОАР за различните групи измервани помещения е еднаква е приложен тестът на Kruskal-Wallis, който показа, че няма статистически значимо различие между четирите изследвани групи помещения ($\gamma^2(2)=2.30$, $p=0.512<0.05$).



Фигура 7. Разпределение на средните стойности на ОАР по помещения в жилището за област Сливен

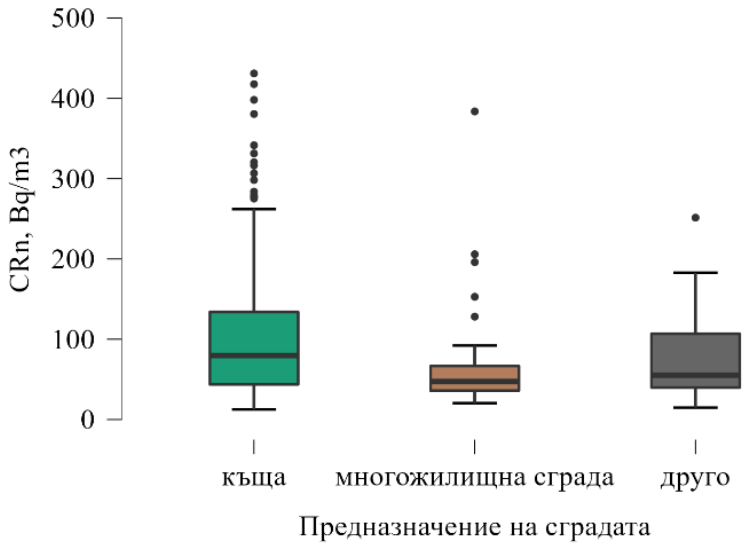
Анализът показва, че вариациите на ОАР между помещенията на приземния етаж в обследваните сгради, могат да се считат за незначителни, което дава основание следващите проучвания да се извършват с един детектор на жилище.

Етаж на измерване

Обобщените стойности за етажите над приземния за област Сливен, са по-ниски от тези за приземния, което се очаква поради отдалечаване от основния източник на радон (почвата под основите на сградата). С цел да се провери хипотезата за равенство на средноаритметичната стойност между двете групи измервания на ОАР на първия и втория етаж, на 86 сгради е проведен t-тест за свързани (корелирани) извадки (paired-samples t-test) на Стюдънт. Двете измервания са проведени в една и съща сграда, за това е приложен тест за сравнение на свързани променливи. Тестът е направен, за да се провери тезата за изключване на данните за ОАР на измерванията на първи над приземния и втория етаж за направата на радонова карта на района. Установено е статистическо значимо различие между ОАР измерена на приземния етаж на сградата и ОАР измерена на етажи над приземния и 1 и 2 етаж, ($t(86)$, $p<0.001$), с по –голяма от типичната големина на ефекта $d=0.605$ (Cohen, 1988). Направените анализи дават основание, данните за етажите над приземния да не бъдат включвани за направата на радоновата картата, тъй като в този случай има вероятност информацията да бъде компрометирана и средните стойности на ОАР, намалени. Данните от радоновата карата се прилагат при проектирането на превантивни мерки за намаляване на облъчването от радон в нови сгради в съответствие с Наредба № РД-02-20-1 от 2019 г.

Вид на сграда

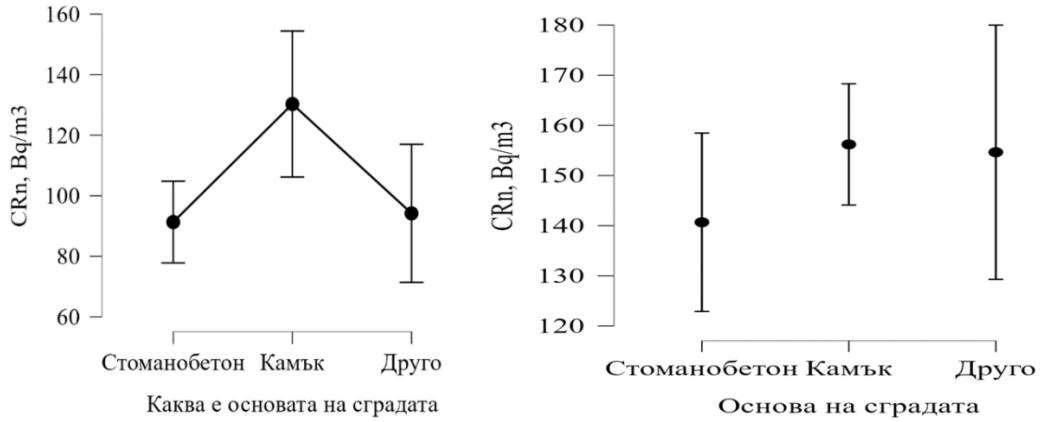
Извършен е анализ на резултатите за ОАР на област Кюстендил по видове сгради: къщи; многоетажна сграда и друго. Средноаритметичната стойност на група къщи е по-висока от многоетажните сгради, което е констатирано и при другите проучвания. Извадките не са хомогенни и не са нормално разпределени, за това е приложен непараметричния тест за проверка на разлика между резултатите. Приложен е теста на Kruskal-Wallis и е установена статистически значима разлика между групите (KS, $p=0.02<0.05$). На Фигура 8 е представено разпределението по групите.



Фигура 8. Разпределение на резултатите по видове сгради

Вид на основата под сградата

Извършен е анализ на обобщените данни на ОАР според основата на сградата, за област Кюстендил и Силистра. Разгледани са три вида групи, според основите на измерваните сгради: от стоманобетон, от камък и друго. Групата сгради с основи от камък имат най-висока средно аритметична стойност на ОАР в сравнение с другите две групи (Фигура 9).

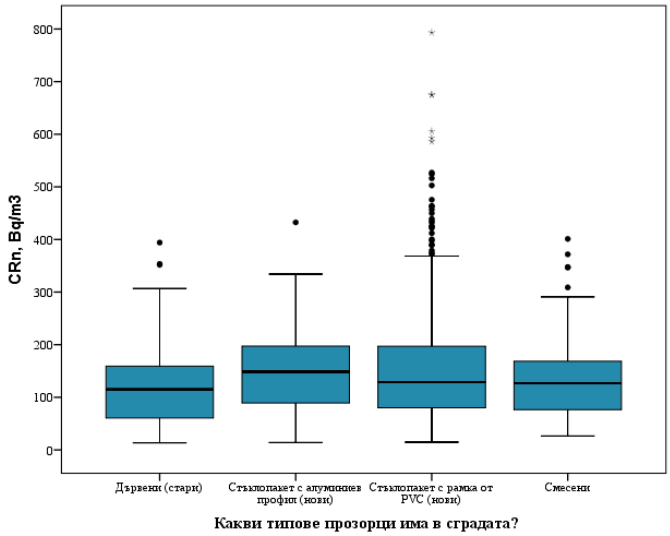


Фигура 9. Сравнение на разпределението на ОАР по групи в зависимост от основата на сградата: в ляво - данни за област Кюстендил и в дясно – данни за област Силистра

Приложеният теста на Kruskal-Wallis Test доказва статистически значимото различие между групите.

Видове прозорци

Извършен е анализ на обобщените данни на ОАР за област Силистра, според типа прозорци на обследваните сгради. Разгледани са четири групи: дървени (стари), стъклопакет с алуминиев профил (нови), стъклопакет с рамка от PVC (нови) и смесен тип. Резултатите са обобщени по групи и са представени на Фигура 10. Групата „стъклопакет с рамка от PVC (нови)“ имат най-висока стойност на АМ=158 Bq/m^3, в сравнение с останалите групи.



Фигура 10. Сравнение на ОАР по групи в зависимост от вида на прозорци за област Силистра

За проверка на разликата между резултатите от четирите групи е приложен непараметричен тест на Mann-Whitney. Установена е статистически значима разлика между групата дървени (стари) с групите стъклопакет с алуминиев профил (нови) (MW, p=0.028) и стъклопакет с рамка от PVC (нови) (MW, p=0.017), което доказва, че типа прозорци влияе на ОАР в обследваните сгради.

Информацията събирана от подробните проучвания, нейното обобщение с останалите проучвания по общини е полезен инструмент за изпълнение на националната политика за предпазване на населението от вредното въздействие на радон. Прилагането ѝ позволява обоснована оценка на регионално ниво, при вземане на решения за намаляване на облъчването от радон, както и осигуряване на информация на местно равнище за облъчването от радон в жилища и свързания с това риск за здравето. Информацията осигурява оптимално използване на наличните ресурси, за прилагането на адекватни мерки за редуциране на облъчването на локално ниво.

Данните за средногодишната обемна активност на радон за жилища от проучванията в периода на изпълнението на Националния план 2018-2022 г., са предоставени за включване в Европейската карта на обемна активност на радон, която е част от проекта на Европейския атлас на естествената радиоактивност (EANR).

През 2022 г. са предоставени детектори за област Ямбол, които се събират и се предават за обработка в лаборатория за изпитване „Радон“ в НЦРРЗ и картата и данните ще бъдат публикувани през 2023 г.

Индикатор за изпълнение: *Брой проведени измервания. Покритие на територия по области.*

Изпълнение: *Подробни измервания в 4 области. Извършени основни измервания 1900 броя и приблизително 100 броя за доказване на качеството (калибриране, дублиращи и нулеви измервания). В една област проучването е в процес на приключване. Приблизително 18 % от територията на страната е покрита.*

ПРОУЧВАНИЯ НА РАДОН В СГРАДИ С ОБЩЕСТВЕН ДОСТЪП, УЧИЛИЩА И ДЕТСКИ ГРАДИНИ

В периода 2018-2022 г. бяха осъществени измервания на обемната активност на радон (ОАР) в **училищни сгради** разположени **в областите Пловдив, Перник, Смолян, Кърджали и Варна**. Проучване и оценка на средногодишна стойност на ОАР във всички **детски градини** е извършена в **областите Враца, Ловеч, Монтана, Перник, Видин и Добрич.** В сградите с високи стойности на обемната активност на радон следва да бъдат извършени коригиращи мерки за намаляване на нивата на радон. За оценка на вариациите на обемната активност, през работните часове и облъчването на персонала и децата, е необходимо да бъдат проведени допълнителни директни измервания в сградите със стойности близки до референтните нива.

УЧИЛИЩНИ СГРАДИ

Училищата и детските градини представляват особен тип сгради с обществен достъп, които са и работни места. В същото време образователните детски институции (училища, детски градини и ясли) са сгради с критична вътрешна среда, където пребиват деца и за това обемната активност на радон (ОАР) трябва да бъде изследвана. Училищата, в повечето случай, са разположени в големи сгради, понякога на повече от един етаж, които са специално построени или реконструирани за целите на образованието (Снимка 1). Някои училища и особено детските градини, често са разположени в сгради без мазе. Те, обикновено се посещават пет дни в седмицата, като заетостта в училищата е между 6 часа и 10 часа, в зависимост от броя на учебните часове за различните класове, а детските градини от 8 до 12 часа. В някои от сградите има системи за вентилация и отопление, които работят само в заетите за образование часове, следователно в дългосрочен план при оценката на облъчването в тези сгради, трябва да се предвидят описаните фактори, влияещи на нивата на радон. В обществените сгради има много стаи, които се използват с различна продължителност. За една стая се приема пространството, оградено от стени, достигащи до тавана, като тя е "обитавана стая", когато персонала или децата прекарват повече от 4 часа на ден в нея (Снимка 2).



Снимка 1. Училищна сграда на ГПЧЕ "Симеон Радев", гр. Перник



Снимка 2. Обитавано помещение в образователна институция

В България, първото пилотно проучване на нивата на радон в образователни институции е проведено от екип на НЦРРЗ през зимният период на 2011 г. - 2012 г. Измерванията обхващат 9 училища и 7 детски градини от район Кремиковци, Столична община [6]. Проведени са краткосрочни и дългосрочни пасивни измервания на ОАР, с цел проверка и сравнение на методите. Максималната измерена стойност е 1305 Bq/m^3, като в 4 училища и 5 детски градини измерената ОАР е над национално референтно ниво от 300 Bq/m^3.

Област Пловдив – пилотно проучване

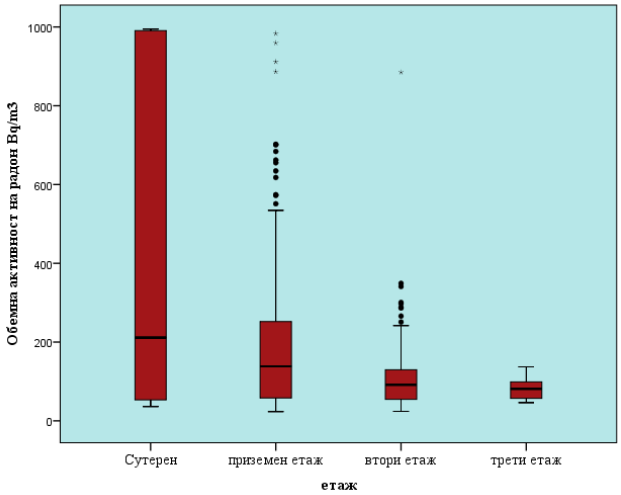
Пилотното проучване е проведено през периода септември 2018 до април 2019 г. Произволно са избрани 14 учебни заведения от област Пловдив, повечето начални училища, от тях 9 училища в гр. Пловдив и 5 училища в различни общини в областта.

Целта на пилотното проучване е да се оптимизира планирането и подготвянето на системни проучвания в българските училища, както и проверка на процедурите за провеждане на национални проучвания на работни места и в сгради с обществен достъп. Проучването е проведено с 430 броя детектори, от които 79 броя не са върнати в лабораторията или 18 % са загубите на детектори. За контрол на качеството са осигурени, 20 броя детектори за дублиращи измервания и 2 броя нулеви, за оценка на условията за съхранение и транспорт. Извършени са 331 измервания в класните стаи и офисите на всеки етаж на обследваните 14 училища, от които 99 са офиси, а 232 са класни стаи, физкултурни салони и други помещения обитавани от децата. Систематизираните данни за обемната активност на радон от проучването са представени в Таблица 2.

Таблица 2. Дескриптивна статистика на резултатите за ОАР в училища в област Пловдив

Брой на измерваните помещения	331
Средна аритметична стойност (АМ), Bq/m^3	160
Стандартно отклонение	175
Медиана, Bq/m^3	100
Минимална стойност, Bq/m^3	24
Максимална стойност, Bq/m^3	995
CV, %	109
Средно геометрична стойност (GM), Bq/m^3	108
Стандартно геометрично отклонение	2.34

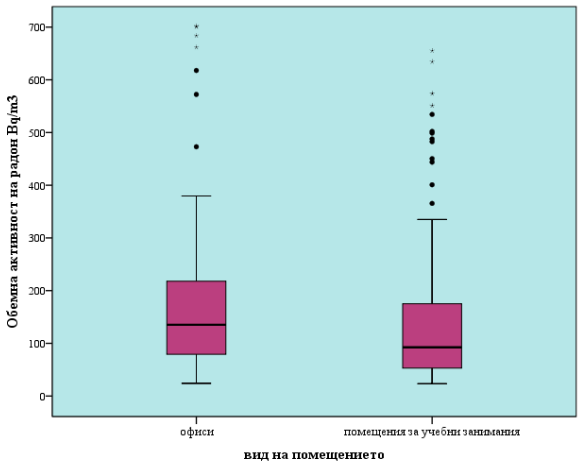
Средната стойност на ОАР в помещенията на изследваните училища е АМ=160 Bq/m^3, а средногеометричната стойност е GM=108 Bq/m^3. От тях 43 помещения са с обемна активност на радон по-голяма от 200 Bq/m^3, а 36 са с обемна активност на радон, която надвишава националното референтно ниво на средно-годишната обемна активност на радон във въздуха на жилищни, обществени сгради и работни места, определено в Наредба за радиационна защита (ДВ, бр. 16 от 2018 г.) от 300 Bq/m^3. Определено е разпределението на обемната активност на радон по етажи (Фигура 11). Най-високата стойност, както се очаква е измерена в сутерена, като тя съответно намалява с увеличаване на етажите. Средната стойност на ОАР в сутерена е АМ=416 Bq/m^3, на първия етаж АМ=203 Bq/m^3, на втория етаж АМ=111 Bq/m^3, а на третия АМ=82 Bq/m^3.



Фигура 11. Обобщени стойности на ОАР по етажи от пилотното проучване на училища в област Пловдив

Стойностите на ОАР очаквано намаляват с етажите, като се различават статистически между първия и втория етаж, за това при провеждането на пасивните проучвания е достатъчно да бъдат измерени помещенията на приземения (първия) етаж и сутерена, ако той се използва.

Разгледани са видовете помещения в зависимост от тяхното използване. Средната стойност на обемната активност на радон в офисите е АМ=204 Bq/m^3, а в помещения за учебни занятия е АМ=142 Bq/m^3 (Фигура 12). Установена е статистическа значима разлика между двата вида разглеждани помещения. Разликата на ОАР в различните помещения, както и различното времетраене на предстой на педагогическия персонал в тях, при изпълнение на служебните му задължения, е основание да се попълва Карта на длъжността, при извършване на допълните измервания за оценка на облъчването на персонала. В картата се попълва времето на пребиваване в различните помещения при изпълнение служебните задължения. При попълването на картата е установено, че не всички от персонала променят работното помещение по време на изпълнение на служебните си задължения, такива длъжности са например административен персонал, охрана и други.



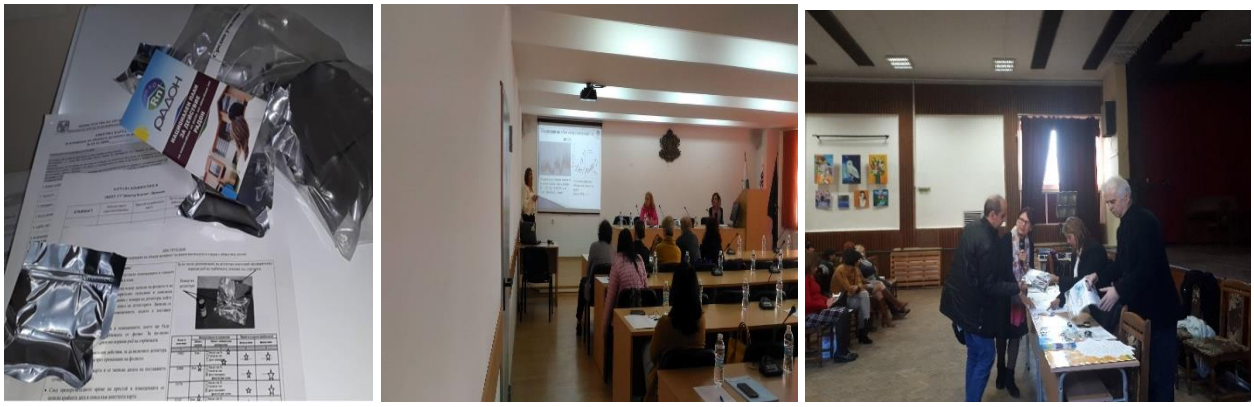
Фигура 11. Обобщени резултати на ОАР по видове на помещенията

На базата на обобщението и анализа на дейностите, извършени от РЗИ - Пловдив и НЦРРЗ, и резултатите от измерванията, са направени следните изводи и препоръки за подобряване на провеждането на проучвания в училищните сгради:

- Детекторите са поставени от инспектори от РЗИ - Пловдив, съвместно с ръководството на училищата, което е спомогнало за намаляване на загубите на резултат при неотваряне на опаковката.
- Детекторите са поставени преди започване на учебните занятия, което е добра практика, с цел по-лесното и по-експедитивното им позициониране в обследваните помещенията.
- Необходимо е да се обърне внимание за регулиране на спазването на срока на събиране на детекторите при провеждане на системните проучвания. За тази цел може да бъде проведено предварително обучение и/или информационни кампании на инспекторите от РЗИ, отговарящи за училищата и ръководството на училищата. Наред с това може да се обмисли и подготовка на информация и за родители и за самите ученици.
- Обемната активност на радон по помещения варира в широки граници, което дава основание за потвърждаване на заложеното изискване в „Процедурата за измерване на радон по работни места“ и „Процедура за провеждане на проучвания на обемната активност на радон в сгради с обществен достъп“, за провеждане на изпитванията във всички помещения на приземния етаж и обитаваните в сутерена, което се доказва с намаляване на радона при увеличаване на етажите.
- Разликата на ОАР в различните видове помещения в училищните сгради, както и различното времетраене на предстой на персонала в тях при изпълнение на служебните си задължения, е основание да се попълва Карта на длъжността при извършване на допълните измервания за оценка на облъчването на персонала. Установено е, че е целесъобразно изготвянето на допълнително приложение при извършването на допълнителните измервания към „Процедурата за работни места“, обхващащо персонала, който не променя работното си място.
- Необходимо е при провеждане на системните проучвания да се продължи попълването анкетните карти за събиране на информация за сградата. Информацията следва да бъде внасяна в базата данни на сградите с обществен достъп и работните места.

<u>Разпространение на детекторите в училищата</u>

Планирането на проучването на ОАР на територията на областите Варна, Кърджали, Перник и Смолян, както и подготовката на детекторите и необходимите материали е проведена от специалисти на Лаборатория изпитване „Радон“ на НЦРРЗ. Проучването стартира със събиране на информация, от страна на РЗИ за броя учебни стаи и кабинети, стаи за административно и битово обслужване, физкултурни салони, столове за хранене и други обитаеми помещения, разположени на приземния етаж и обитаемите помещения в сутерена във всяко общинско училище.



Снимка 3. Съдържание на подготвените пакети за училищата (в ляво); представяне на информация на работна среща в Кърджали (среда) и раздаване на пакети в област Варна (в дясно)

С цел оптимално разпределение на ресурси е обърнато специално внимание на планирането за провеждане на проучването. Подготовката, която е една от най-важните дейности за коректно изпълнение на задачата, е извършена от НЦРРЗ. Подготвителните дейности за провеждане на обследването на нивата на радон в учебните помещения са, както следва:

- Изготвен списък с броя помещения на подземен, приземен и първи етажи за всяка училищна сграда, с цел планиране и подготовка на необходимия брой детектори за всяко училище. Тази дейност е осъществена с помощта на ръководствата на училищата и РЗИ.
- За всяко училище е изготвен пакет, който съдържа определения брой детектори, анкетна карта, инструкции за поставяне на устройствата за пробовземане и информационни брошури (Снимка 3 в ляво).



Снимка 4. Поставяне на детектори за измерване на ОАР от представители на РЗИ - Смолян в учебни помещения на територията на областта (лява) и Работна среща в Перник (дясно)

Разпределението на подготвените пакети по училища се извършва на работна среща с участието на експерти от НЦРРЗ, областните координатори и директори на училища в област Варна, Кърджали и Перник. Експертите от НЦРРЗ провеждат обучение за провеждането на проучването на обемната активност на. След презентацията, пакетите се раздават по училищата срещу подпис. По този начин се постига информиране на

учители за Националния план и за здравните ефекти от радона (Снимка 4 – в дясно). В област Смолян пакетите с детектори са раздадени от представител на РЗИ-Смолян, като детекторите са поставени в помещенията от инспектора (Снимка 4 – в ляво).

Методи на измерване

Методологията за измерване на нивата на радон в закрити помещения се базира на международно признати стандарти за пасивни измервания, както и на международни практики в областта на изследване на ОАР в помещения на училищни сгради. За провеждане на проучванията са използвани пасивни детектори тип RSKS, с престой в измерваното помещение от 3 до 6 месеца. Детекторите са престояли в училищата в област Кърджали в периода ноември 2019 г. до май/юни 2020 г.; в помещенията на обследваните училищни сгради на територията на област Перник от 10.10.2019 г. до 15.05.2020 г.; в училищни сгради на територията на област Смолян е от 29.11 - 18.12.2020г. до април/май 2020 г., а в училищни сгради на територията на област Варна от декември 2019 г./ януари 2020 г. до периода от март до май 2020 г. Процентът на загубата на детектори, както и тези, които са върнати в лабораторията, но не са престояли в помещенията за област Кърджали е 11%; област Варна е 6%; за област Перник е 7%. За обработката на детекторите и оценяването на ОАР в лаборатория за изпитване „Радон“ се използва RADOSYS система, която се състои от: баня за ецване, микроскоп за четене на тръковете и софтуер за обработка на данните. Обработката на детекторите и средствата за измерване се извършва съгласно вътрешните инструкциите за измерване в лабораторията на НЦРРЗ.

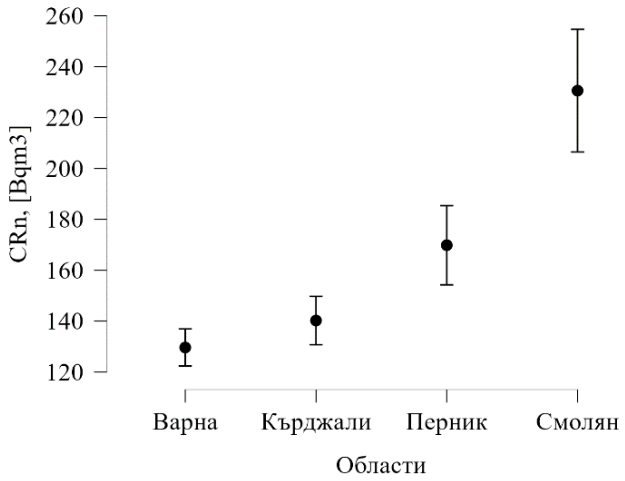
Обобщени резултати

Дескриптивна статистика на резултатите за обемната активност на радон в обследваните учебните помещения по области са представени в Таблица 3. Резултатите са по-високи от тези от националното проучване в жилища (AM=111 Bq/m^3 и GM=81 Bq/m^3) (6), което показва, че училищните сгради трябва да бъдат изследвани и да се вземат мерки за намаляване на установените високи стойности. Максималната стойност на обемната активност на радон, измерена в училище в област Смолян, е около 5 пъти по-висока от референтното ниво от 300 Bq/m^3. Подобна максимална стойност е измерена и в област Варна, но средноаритметичните стойности на двете области се различават.

Таблица 3. Дескриптивна статистика на резултатите за ОАР

	Варна	**Кърджали**	**Перник**	**Смолян**
Брой помещения	1185	440	462	340
Медиана, [Bq/m^3]	91	110	114	148
AM, [Bq/m^3]	**130**	**140**	**170**	**231**
SDV, [Bq/m^3]	128	102	171	227
CV, %	99	72	100	98
Минимум, [Bq/m^3]	11	17	15	33
Максимум, [Bq/m^3]	1674	868	1287	1676

Разпределението на средноаритметичните стойности по области е представено на фигура 12. Установена е статистическа значима разлика между резултатите по области, като е приложен тест на Kruskal - Wallis (KW, $p<0.001$), като с най-ниска АМ е област Варна, а с най-висока е област Смолян.



Фигура 12. Разпределение средноаритметичните стойности на ОАР в училищните помещения по области

Броят на помещенията с установени високи стойности на обемната активност на радон по области е както следва:

Област Кърджали - в 51 помещения, обемната активност на радон е по-голяма от 200 Bq/m^3, а в 28 помещения, намиращи се в 17 училищни сгради, надвишава националното референтно ниво на средно-годишната обемна активност на радон във въздуха на жилищни, обществени сгради и работни места, определено в Наредба за радиационна защита (ДВ, бр. 16 от 2018 г.) от 300 Bq/m^3 (или 30% от обследваните сгради).

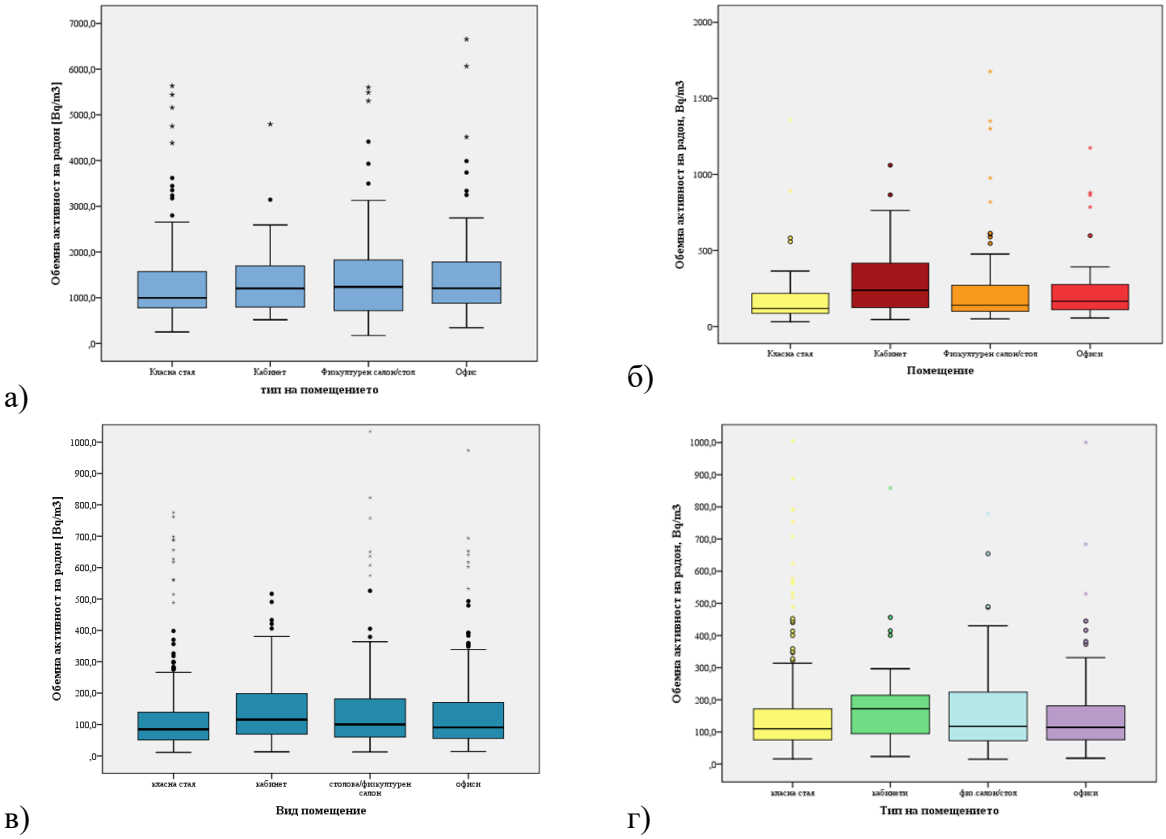
Област Перник – в 53 помещения са с обемна активност на радон по-голяма от 200 Bq/m^3, а 55 са с обемна активност на радон, която надвишава националното референтно ниво на средно-годишната обемна активност на радон във въздуха на жилищни, обществени сгради и работни места, определено в Наредба за радиационна защита от 300 Bq/m^3 от общо 462 училищни помещения (или 53 % от училищните сгради).

Област Смолян - броят на помещенията, които надвишава националното референтно ниво на средно-годишната обемна активност на радон във въздуха на обществени сгради и работни места, определено в Наредба за радиационна защита от 300 Bq/m^3 са 69, разположени в 20 училища (приблизително 58% от училищата), а помещенията с обемна активност на радон по-голяма от 200 Bq/m^3 са 60 броя.

Област Варна - Броят на помещенията, които надвишава националното референтно ниво на средно-годишната обемна активност на радон във въздуха на обществени сгради и работни места, определено в Наредба за радиационна защита от 300 Bq/m^3 са 72, разположени в 38 училища (приблизително 36% от училищата), а помещенията с обемна активност на радон по-голяма от 200 Bq/m^3 са 115 броя.

Видове помещения

Измерванията на обемната активност на радон са извършени във всички видове обитавани помещения на училищните сгради, за да се оцени по-детайлно облъчването на учениците и учителите.



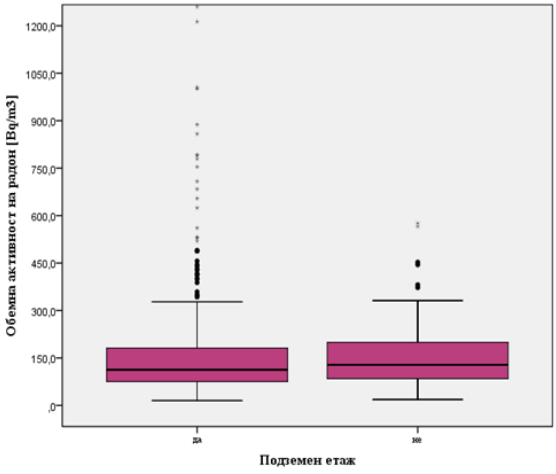
Фигура 13. Разпределение на ОАР по видове на учебните помещения, а) за област Кърджали; б) за област Смолян; в) за област Варна и г) за област Перник

Помещенията са разделени на четири групи в зависимост от начина на употреба: класни стаи (големи помещения за учебни занимания, които се използват от ученици и учители), кабинети (по-малки помещения използвани от учители и ученици), физкултурни салони и столове за хранене (помещения използвани от учители и ученици) и офиси (помещения използвани само от учители и административния персонал). Разпределението на данните по видове помещенията е представено на Фигура 13. Най-голям брой изследвани помещения са класните стаи, а най-малкият брой са кабинетите, за всички области. Най-висока средно-аритметична стойност имат кабинетите АМ=202 Bq/m^3 (за област Перник) АМ= 155 Bq/m^3 (за област Варна) и АМ= 300 Bq/m^3 (за област Смолян), което може да бъде обяснено с по-малките им размери и не толкова честото им използване. В област Кърджали най-висока средна стойност на радон е установена в физкултурни салони и/или столови (АМ = 157 Bq/m^3). Тези стойности могат да бъдат обяснени с факта, че обикновено столовете и физкултурните салони в училищата се намират в сутерени или приземни етажи. В класните стаи, където учениците прекарват повечето време са установени по-ниски стойности, което показва, че те се проветряват по-често.

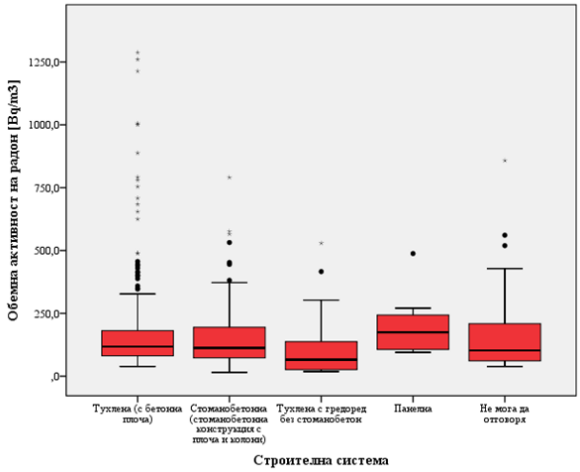
<u>Влиянието на характеристики на сградите върху ОАР</u>

За всяка училищна сграда е попълнена анкетна карта, съдържаща информация за вида, годината на строителството, извършен ремонт, наличие на сутерен или асансьор, строителен материал, вид на прозорците, наличие на вентилационна система и т.н. В анкетните карти е отделено специално място за вида на сградата и основните сградни характеристики на измерваните училища. Събраната информация служи за провеждането на допълнителни анализи за влиянието на различни фактори на ОАР.

Въз основа на резултатите за област Перник, е направен анализ на влиянието на наличие на мазе, вид на строителна система и година на строителство върху обемната активност на радон. Приложен е и статистически анализ за оценка на влиянието на тези фактори върху изменението на обемната активност на радон. По показател *„наличие на сутерен/мазе“* обследваните сгради в областта са разделени на две групи, такива, които имат и такива, които нямат. Разпределението на резултатите е представено на Фигура 14.



Фигура 14. Разпределение на резултати на ОАР в зависимост от наличие на мазе в училищните сгради за област Перник

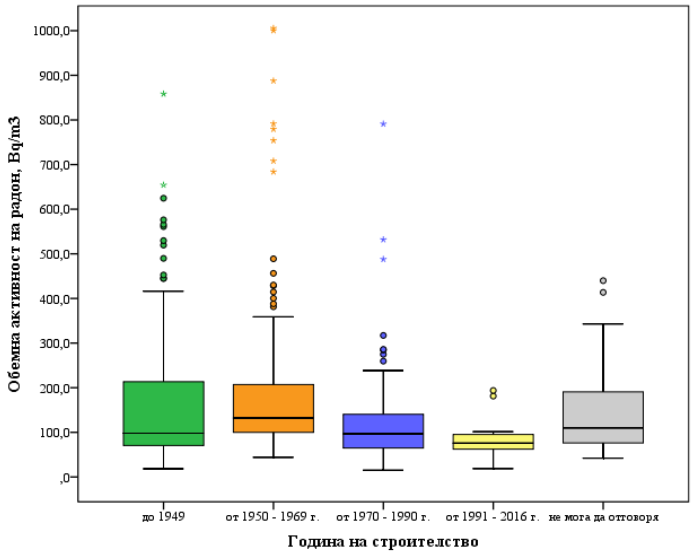


Фигура 15. Разпределение на резултати на ОАР в зависимост от строителната система на училищните сгради за област Перник

Извършена е оценка на разпределението на резултатите по групи, като е приложен теста на Колмогоров - Смирнов. Установено е, че резултатите не следват нормално разпределение, за това за изследване на различието в групите резултаци е приложен непараметричен тест на Mann - Whitney. Разликата в изследваните стойности в групите, разделени в зависимост от наличието на мазе и без, не е статистически значима според приложеният статистически анализ (U, $p = 0.351$) или наличието на сутерен в обследваните училищни сгради не влияе на обемната активност на радон в закрити помещения. Обикновено наличието на мазе в сградата намалява обемната активност на радон в жилища и този факт е анализиран в много публикации (7) (8). Училищата са разположени в големи сгради, понякога на повече от един етаж, които са специално построени или реконструирани за целите на образованието. Сутерена в тези сгради се използва за столова, която е свързана с останалите етажи с широко стълбище, позволяващо проникване на радон свободно на по-горните нива. Спецификата на

училищните сгради и начина на използването им предполага, че има вероятност други характеристики на сградата да влияят на обемната активност на радон.

По показателя „*строителна система*“ са анализирани нивата на радон за следните пет групи строителни системи: тухлена (с бетонна плоча), стоманобетонна (стоманобетонна конструкция с плоча и колони), тухлена с гредоред без стоманобетон, панелна и няма информация. Резултатите са представени на фигура 15. Средните аритметични стойности на ОАР по вид на строителната система на изследваните сгради варират от 189 Bq/m^3 (панелна конструкция) до 113 Bq/m^3 (тухлена с гредоред без стоманобетонна конструкция). Приложен е непараметричен тест на Kruskal - Wallis и е установена статистически значима разлика между данните в разглежданите групи (KW, $p<0.001$), което показва, че вида на конструкцията оказва влияние на нивата на радон в сградата.



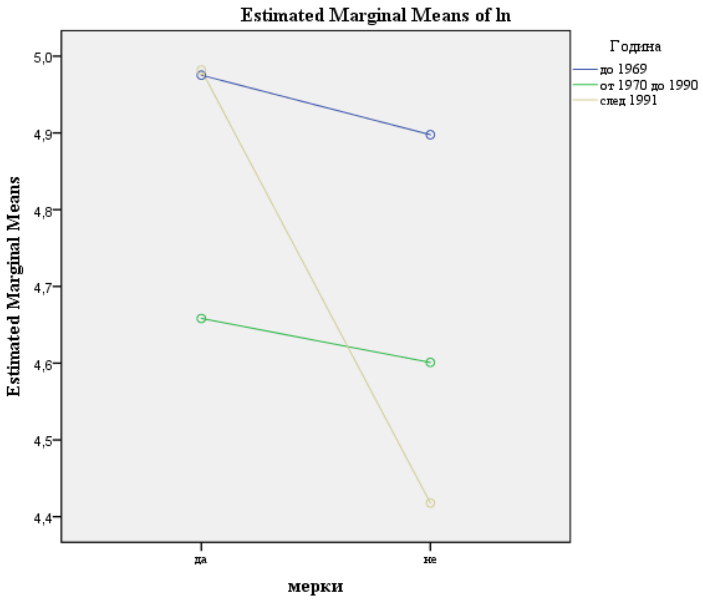
Фигура 16. Разпределение на резултати на ОАР по година на строителство

На базата на отговорите в анкетните карти за *годината на строителство* на училищните сгради са сформирани пет групи: в първата група са тези до 1949 г., втора група от 1950 г. до 1969 г., в трета група тези от 1970 г. до 1990 г., четвърта група от 1991 г. до 2016 г. и пета - не мога да отговоря. Резултатите са представени на Фигура 16, където е показано разпределението на ОАР. Най- висока стойност на ОАР е отчетена в сградите построени между 1950 и 1969 година (АМ = 204 Bq/m^3), а най ниската е за тези, които са изградени в периода от 1991 до 2016 г. (АМ = 84 Bq/m^3). Приложен е статистически тест на Kruskal-Wallis, чрез който е установено, че има статистически значима разлика между разглежданите групи (KW, $p<0.001$), което означава, че годината на изграждане на сградите оказва влияние върху вариациите на обемната активност на радон. Най-вероятна причина е качеството на конструкциите, използваните материали, както и остаряването на основата, от където може да проникне радона. Резултатите са анализирани и с непараметричен тест на Mann-Whitney, за целта са разгледани четири групи с година на строителство, без да е включена петата, която не носи информация за този параметър. Хипотезата е, чрез сравняване на медианите на изследваните групи на две съвкупности, да се установи между кои групи точно е разликата. Установени са статистически значими

разлики между следните групи: първа и четвърта групи; втора и четвърта група; трета и четвърта групи; първа и втора групи; втора и трета групи, като няма различие само между първа (до 1949 г.) и трета група (1970 – 1990 г.). Основните различия са между сградите построени след 1991 година или сравнително новите сгради и тези, които са по-старо строителство. Различията в нивата на радон в групите по години са очаквани, тъй като остаряването на сградата води до пукнатини, през които газа радон прониква по-лесно в нея. По-старите сгради може да са ремонтирани без да са предприети мерки за вентилацията, по този начин радона проникнал в сградата остава в нея.

С резултатите за област Кърджали е направен анализ на влиянието на *годината на строителство и предприетите мерки за енергийна ефективност* върху ОАР в сградата. Изследвано е влиянието на ефекта на взаимодействие на тези два фактора или комбинираният, едновременен ефект на две независими променливи върху стойностите обемната активност на радон. Приложен е двуфакторен дисперсионен анализ за изследването на влиянието на двата фактора едновременно. За тази цел, резултатите са групирани по години в три групи: сгради построени преди 1969 г.; построени в периода 1970 до 1990 г. и сгради построени след 1991 г. За вторият фактор, който е разгледан, резултатите са групирани в две групи: сгради, където са предприети мерки за енергийна ефективност и сгради, където не са предприети. Целта на този анализ е да се проследи, влиянието на техническото състояние на сградата и ремонтните дейности, за подобряване на енергийната ефективност на сградата, върху ОАР. Наред с това двуфакторният дисперсионен анализ разглежда ефекта на взаимодействие, който се асоциира с общия ефект на двата фактора. В този случай нивата на средноаритметичната стойност на ОАР зависисят от годината на строителството и дали са предприети мерки за енергийна ефективност на сградата. Изследваният въпрос е: „Има ли статистически значимо различие в средно-аритметичните стойности за ОАР по година на строителство и предприети мерки за енергийна ефективност на сградата?”, а хипотезите са три: има ефект на взаимодействие на годината на строителство и предприетите мерки за енергийна ефективност върху ОАР; има различие между средноаритметичните стойности на ОАР между различните години на строителство и има различие между средноаритметичните стойности за ОАР между сгради, където са извършени мерки и сгради, където няма мерки за енергийна ефективност. Средната стойност на обемна активност на радон за всички групи по години на строителство и общо в сградите, където са изпълнени мерките за енергийна ефективност, са по-големи отколкото в тези, където няма мерки за енергийна ефективност. За да се определи дали има статистически значимо различие в стойностите на скалите за дискриминация едновременно по две независими променливи, т. е. какъв е ефектът на взаимодействие на годината на строителство и предприетите мерки за енергийна ефективност върху ОАР, са разгледани резултатите от двуфакторния дисперсионен анализ. Анализът е проведен на лог-нормализираните стойности на ОАР, за да се намали разсейването на данните в групите на променливата. Ефектът на взаимодействие не е статистически значим ($p=0.068>0.05$). Това означава, че “ефектът” на приложените мерки за енергийна ефективност върху ОАР не зависи от годината на строителство на сградата. Въпреки, че по отделно и по двата фактора, е установено статистическо значимо различие на ОАР между групите (за година на строителство $p<0.0001$ и $p=0.005$ за приложени мерки за енергийна ефективност). Най-високи стойности

на ОАР има групата на сградите, които са построени преди 1969 г., което е обяснимо, тъй като сградите са остарели и се предполага, че има много пукнатини, през които радона може да проникне във вътрешността й. Различието между стойностите на ОАР на тази група с останалите две, е статистически значимо. Приложените мерки за енергийна ефективност в сградата, оказва влияние на ОАР в сградата, като я повишава (Фигура 17). За да се разгледа по-подробно зависимостта на ефекта на взаимодействие, се анализира графиката на Фигура 17. Графиката на фигура 17 визуализира средноаритметичните стойности за групите, за които се търси взаимодействие.

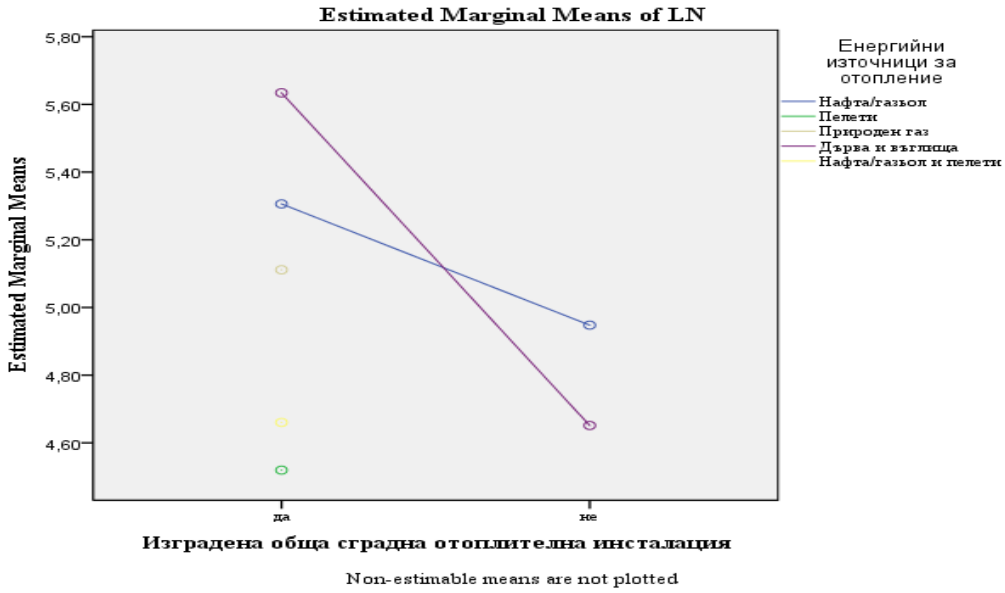


Фигура 17. Профил на факторите (Profile Plots) година на строителство и мерки ца енергийна ефективност за визуализиране на ефекта им на взаимодействие

При наличие на ефект на взаимодействие графиките на средноаритметичните стойности не са паралелни, т.е. те се пресичат. От фигура 17 се вижда, че има ефект на взаимодействие за двата разглеждани фактора, само за две от групите резултати по години на строителство: за сградите построени през периода от 1970 до 1990 и за групата построени след 1991 г. Върху обемната активност на радон в сградите построени след 1970 г. оказва влияние комбинираният ефект на: техническото състояние на сградата или годината на строителството и предприетите мерки за енергийна ефективност. *Следователно, когато се прилагат мерки за енергийна ефективност на сградата следва да се има в предвид техническото състояние на сградата и да бъде измерена обемната активност на радон в помещенията.*

С резултатите за област Смолян е направен анализ на влиянието на *наличието на обща сградна отоплителна инсталация и енергийните източници за използвани за отопление*, върху вариациите на ОАР в сградата. Изследвано е влиянието на ефекта на взаимодействие на тези два фактора върху стойностите обемната активност на радон, чрез прилагане на двуфакторен дисперсионен анализ. За тази цел, резултатите са систематизирани в групи по факторите, които се изследват. По фактора „наличие на обща отоплителна инсталация“ в две групи, а по фактора „енергийни източници за използвани

за отопление“ в пет групи. Целта на анализа е да се проследи, дали изградената обща отоплителна система в сграда и използвания енергиен източник оказва влияние на нивата на радон в сградата. Хипотезата, която се разглежда е, че изградената обща отоплителна система и вида използван източник на енергия, оказват влияние върху ОАР и има ефект на взаимодействие между двата фактора. Двата фактора оказват влияние върху вариациите на ОАР, съгласно статистически значимото различие в резултатите по групи ($p<0.0001$). Дисперсията на ОАР в сгради се прогнозира 6.3% от наличието на отоплителна система и 14% от вида на използвания енергиен източник на отопление. Наличието на отоплителна система в сградата увеличава нивата на радон в нея, което може да се обясни с факта, че тръбите свързващи отоплителните тела са проводник на газа в сградата или изградените връзки не са добре запечатани, което позволява по-лесното му проникване в нея. Установен е статистически значим ефект на взаимодействие на двата разглеждани фактора ($p=0.014<0.05$), което означава, че “ефектът” на източника на енергия върху ОАР зависи от наличието на отоплителна система, т. е. зависи дали има изградена система в сградата. Големината на този ефект е по-малка от типичната, в съответствие с определения коефициент на Коен ($\eta=0.12<0.20$). За да се разгледа по-подробно зависимостта на ефекта на взаимодействие, се анализира графиката на Фигура 18, където е представен „профила на графиките“.



Фигура 18. Профил на графиките (Profile Plots) за наличие на изградена обща сградна отоплителна инсталация и за енергийни източници за отопление визуализиране на ефекта им на взаимодействие

От фигура 18 се вижда, че има ефект на взаимодействие за двата разглеждани фактора при използване на енергийни източници за отопление – нафта/газьол и дърва и въглища, тъй като графиките на средно-аритметичните стойности не са паралелни, т.е. те се пресичат. Повечето училищни сгради имат изградена обща отоплителна система, но при тези които нямат, се използват нафта/газьол и дърва и въглища, като източник на отопление, за това при анализа останалите източници са изключени. Използването на нафта/газьол и дърва и въглища като източник на отопление, при изградена обща

отоплителна система, увеличава обемната активност на радон в помещенията. Определеният процент на дисперсия, чрез който се прогнозира ОАР от двата фактора – наличие на обща изградена отоплителна система и вида на използваните енергийни източници и от тяхното взаимодействие е R=17%.

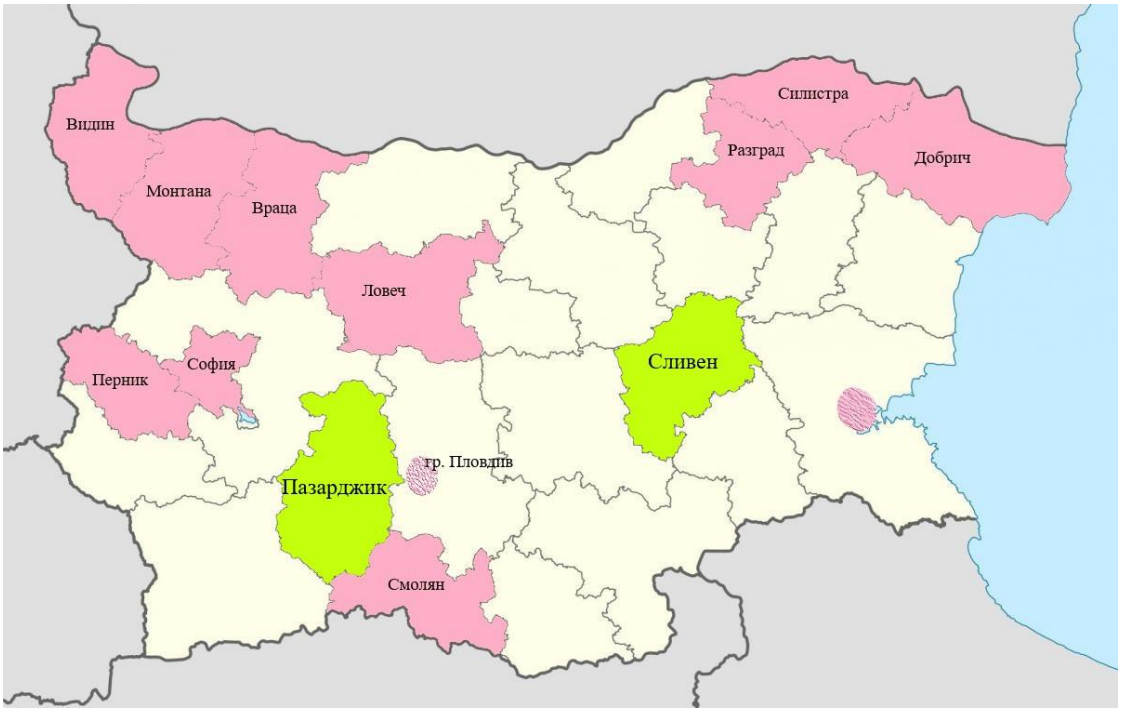
Нивата на обемната активност на радон в сградите зависи от множество фактори, като наличие на радон в почвата/скалите под сградата, условията на въздушното налягане, пропускливостта на повърхностните почвени слоеве, характеристики на сградата и наличие на вентилацията и използването на сградата. При проектирането на мерките за намаляване на обемната активност на радон в съществуващите сгради трябва да се обърне внимание на всички аспекти, влияещи върху неговите нива. Разбирането на тези данни е много важно, тъй като това силно влияе върху избора и успеха на стратегията за намаляването ОАР, започвайки от концепцията, дизайна и подробностите за изпълнението на проекта. Правилното изпълнение на мерките енергийна ефективност, в комбинация с мерките за намаляване на ОАР може да подобри съществено качеството на въздуха в сградите.

Индикатор за изпълнение: *Брой проведени измервания. Брой измерени училища.*

Изпълнение: *Обследване на всички държавни училищни сгради в 4 области. Извършени измервания приблизително 2800 броя, в това число 2758 броя в помещения на училищата и детектори за доказване на качеството (калибриране, дублиращи и нулеви измервания). Измерени са общо 244 училища (Перник , Варна, Смолян, Кърджали, пилотно Пловдив и Челопеч). Съгласно НСИ за учебната 2021/22 г. са функционирали 2242 държавни училища (общообразователни и професионални). Процента на измерените училища е приблизително 11%.*

ДЕТСКИ ГРАДИНИ

Обследването на детски градини по области започна още по време на изпълнението на Националната програма 2014-2017 г. и продължава през периода на Националния план, като приблизително 50 % от областите са обхванати (фигура 19).



Фигура 19. Области, където са проведени обследвания на държавните детски градини (Сливен и Пазарджик са раздадени детекторите през 2023 г.)

Проучванията в областите се извършват във всички държавни детски градини във всяка от посочените области. Хронологията на проучванията по години е както следва:

- ✓ София – град - 2012 – 2013 г.
- ✓ гр. Пловдив, гр. Бургас, гр. Перник – 2013 – 2014 г.
- ✓ Области Силистра, Разград и Смолян – 2015 г.
- ✓ Области Монтана, Враца и Ловеч – 2019 г.
- ✓ Области Видин, Добрич и Перник – 2020 – 2021 г.
- ✓ Области Пазарджик и Сливен – Детекторите са раздадени през април 2023 г.

Подготовка на проучванията

Въз основа на опита от предишните проучвания в детски институции е прието при провеждането на обследване на такъв вид сгради, да бъдат измерени помещенията на приземения, първия етаж и сутерена, ако той се използва. Предварително е събрана информация от представителите на РЗИ, за броя и вида на помещенията във всяка сграда. С цел оптимално разпределение на ресурси е обърнато специално внимание на планирането за провеждане на проучването. Дейностите, които са извършени за подготовка на проучването са:

- Изготвен е списък с броя помещения на подземен (сутерен), приземен и първи етажи за всяка обследвана сграда, за подготовка на необходимия брой детектори. Тази дейност е осъществена от РЗИ с помощта на ръководствата на детските институции.
- За всяка детска градина и ясла е изготвен пакет, с определения брой детектори, анкетна карта, инструкции за поставяне на устройствата за пробовземане и информационни брошури.
- Поставянето на детекторите в помещенията е извършено от представители на детските институции и РЗИ.

Разпространение на детекторите

РЗИ организира среща на всички директори или представители на детските заведения (градини или ясли). Работната срещата се провежда с с участието на експерти от НЦРРЗ, областния координатор (Снимка 5 ляво)



Снимка 5 Работна среща в гр. Монтана (ляво) и раздаване на пакети за провеждане на проучването в област Монтана (дясно)

Експертите от НЦРРЗ провеждат инструктаж за поставянето на детекторите в помещенията във всички детски заведения на територията на област Монтана (*Снимка 5-ляво*). На срещата са раздадени срещу подпис подготвените пакети с детектори, анкетни карти и информационни материали, необходими за извършване на обследването на ОАР (*Снимка 5 - дясно*). На срещата, представителите на детските градини и ясли бяха

запознати със Стратегията за намаляване на риска от облъчване от радон 2018 – 2027 г. и Националния план за действие за намаляване риска от облъчване от радон 2018 – 2022 г., конкретно как въздейства радонът върху човека, как може да се измери ОАР, какви мерки да се предприемат при регистрирани високи стойности.

Служителите на РЗИ – Перник, РЗИ-Видин и РЗИ-Добрич са раздали детекторите, като са посещавали детските градини и са поставяли детекторите самостоятелно.

Методи на измерване

За провеждане на проучването в област Монтана са използвани пасивни детектори тип RSKS, с престой в измерваното помещение от 3 до 6 месеца. Детекторите се състоят от CR-39 чип, поставен в цилиндрична дифузионна камера, представляваща филтър за прах и дъщерните продукти на радон (Снимка 6-ляво).



Снимка 6. Детектори тип RSKS – затворени и разглобени (ляво) и Микроскоп и софтуер за обработка на данните (дясно)

При приемане в лабораторията, детекторите се разглобяват ръчно, с помощта на клещи и се поставят на слайдове за последваща обработка. Следите по материала, с диаметър няколко десетки нанометра, получени след химична обработка, се четат с помощта на електронен микроскоп (Снимка 6 – дясно).

Детекторите са престояли в детските градини на област Монтана от декември 2019 г. и януари 2020 г., до април/май 2020 г.; на област Враца от ноември/декември 2019 г. до април/май 2020 г.; на област Ловеч от декември 2019 г. и януари 2020 г. до април/май 2020 г.; на област Перник от декември 2021 г. до май 2022 г.; на област Видин от януари/февруари 2022 г. до май 2022 г., с изключение на две детски заведения, които са обследвани от март до май 2022 г. и на област Добрич от ноември/декември 2021 г. до май 2022 г. Процентът на загубата на детектори, както и тези, които са върнати в лабораторията, но не са престояли в помещенията за област Монтана е 8%; област Враца е 4%; за област Ловеч е 4%; област Перник 22%; област Видин 11% и област Добрич 3%. Обработката на детекторите и средствата за измерване се извършва съгласно вътрешните инструкциите за измерване в лабораторията на НЦРРЗ. 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.

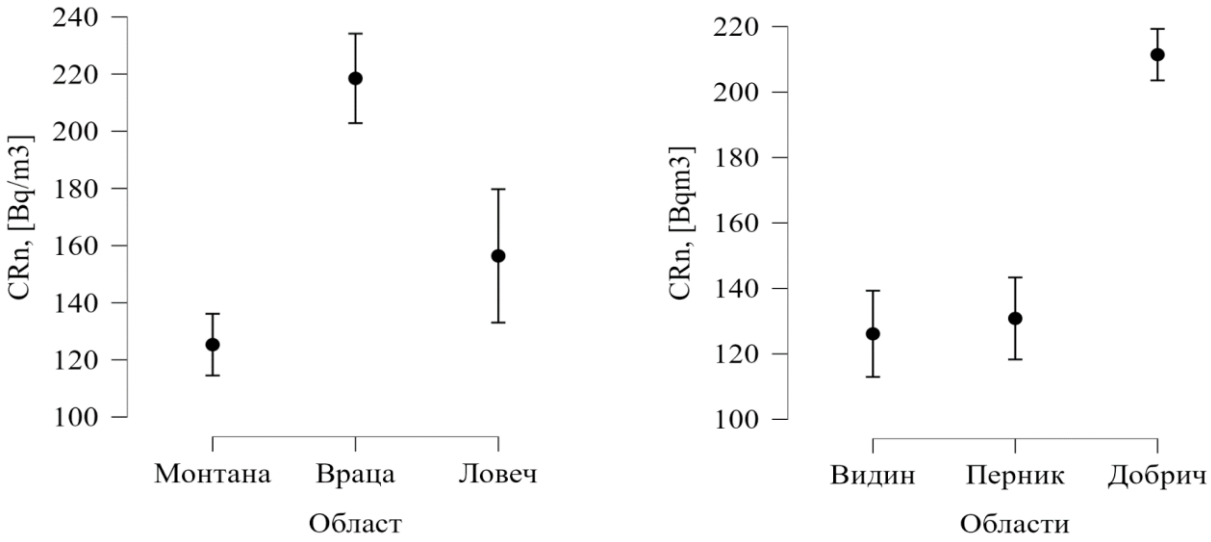
Обобщени резултати

Резултатите от проведените измервания на обемната активност на радон в детските градини и ясли през 2020-2021 г. на територията на области Враца, Монтана и Ловеч са представени в Таблица 4.

Таблица 4. Дискриптивна ститистика на резултатите за детските заведения в области Враца, Монтана и Ловеч

	Монтана	Враца	Ловеч
Брой	602	711	179
Медиана, [Bq/m^3]	83.5	146.7	102
Средно аритметично, [Bq/m^3]	**125**	**219**	**156**
Стандартно отклонение [Bq/m^3]	135.3	213.1	159.4
Коефициент на вариация	1.08	0.98	1.02
Минимум, [Bq/m^3]	10	10	15
Максимум, [Bq/m^3]	1439	2029	1178

Във връзка с въведените ограничения по повод пандемията от Covid-19, по време на проучването детекторите престояха за по-дълъг от определения срок в помещенията, а за част от времето помещенията, бяха необитаеми поради затваряне на детските градини и ясли, което повишава неопределеността на резултатите. Поради по-дългия период на престой в помещенията за вземане на извадките, въз основа на анализа на резултатите от нулевите детектори е извършена допълнителна корекция на фона при оценката на данните за намаляване на неопределеността.



Фигура 20. Разпределение на средноаритметичните стойности по области

Най-висока средно аритметична стойност е установена в област Враца, следвана от тази на област Ловеч, което може да се обясни с геоложките и географските характеристики на областите. Приложен е статистически тест на Kruskal-Wallis и е установена статиситческа значина разлика между областите (KW, $p<0.001$).

Резултатите от проведените измервания на обемната активност на радон в детските гради и ясли през 2021 г. на територията на области Видин, Перник и Добрич са представени в Таблица 5. Разпределението на средните стойности по области е представено на фигура 20.

Таблица 5. Дискриптивна ститистика на резултатите за детските заведения в области Видин, Перник и Добрич

	Видин	***Перник***	***Добрич***
Брой	165	274	1042
Медиана, [Bq/m^3]	115.2	109.3	185.9
Средно аритметично, [Bq/m^3]	**126**	**131**	**211**
Стандартно отклонение [Bq/m3]	86.3	105.8	129.7
Коефициент на вариация	0.68	0.81	0.61
Минимум, [Bq/m3]	10	14	16
Максимум, [Bq/m3]	601.3	630.5	1081.7

Най-висока средно аритметична стойност е установена в област Добрич, подобно на област Враца. Въпреки, че област Добрич не е планинска, вероятностната причина е пропускливостта на почвата в района, което следва да бъде проучено. Приложен е статистически тест на Kruskal-Wallis и е установена статиситческа значина разлика между областите (KW, $p<0.001$).

Установено е различие в стойностите на обемната активност на радон по общини в повечето области (изключение прави област Ловеч), което показва, че управлението на превантивни и коригиращи мерки за сгради и оценките, биха могли да се разглеждат по общини, което ще позволи да бъдат степенувани и оптимизирани дейностите в рамките на областта.

Броят на помещенията с установени високи стойности на обемната активност на радон по области е както следва:

Област Монтана - в 30 помещения нивата на радон надвишават националното референтно ниво на средно-годишната обемна активност на радон от 300 Bq/m^3, определено в Наредба за радиационна защита или 5% от изследваните помещения, а в 12 броя помещения, ОАР е над 500 Bq/m^3.

Област Враца - в 160 помещения нивата на радон надвишават националното референтно ниво на средно-годишната обемна активност на радон от 300 Bq/m^3, а в помещения на 18 броя детски градини (67 броя помещения) ОАР е над 500 Bq/m^3.

Област Ловеч - в 21 помещения нивата на радон надвишават националното референтно ниво на средно-годишната обемна активност на радон от 300 Bq/m^3 или 12 % от изследваните помещения. В 8 броя помещения, ОАР е над 500 Bq/m^3.

Област Перник – измерени са всички детски градини и ясли в областта с изключение на тези от областния град, които бяха обследвани през 2014 г. В една от детските градини, в която са установени стойности над референтното ниво, са извършени коригиращи мерки за редуциране на ОАР. През 2016 г. са предоставени детектори, за да се провери ефективността на мерките и е установено, че стойностите на обемната активност на радон

са под националното референтно ниво. През проучването през 2020-2021 г. е установено, че в 17 помещения от двете проучвания нивата на радон надвишават националното референтно ниво на средно-годишната обемна активност на радон от 300 Bq/m^3, или 5% от изследваните помещения.

Област Видин - в 5 помещения от обследваните детски заведения стойностите на радон надвишават националното референтно ниво на средно-годишната обемна активност на радон от 300 Bq/m^3 или 2% от изследваните помещения.

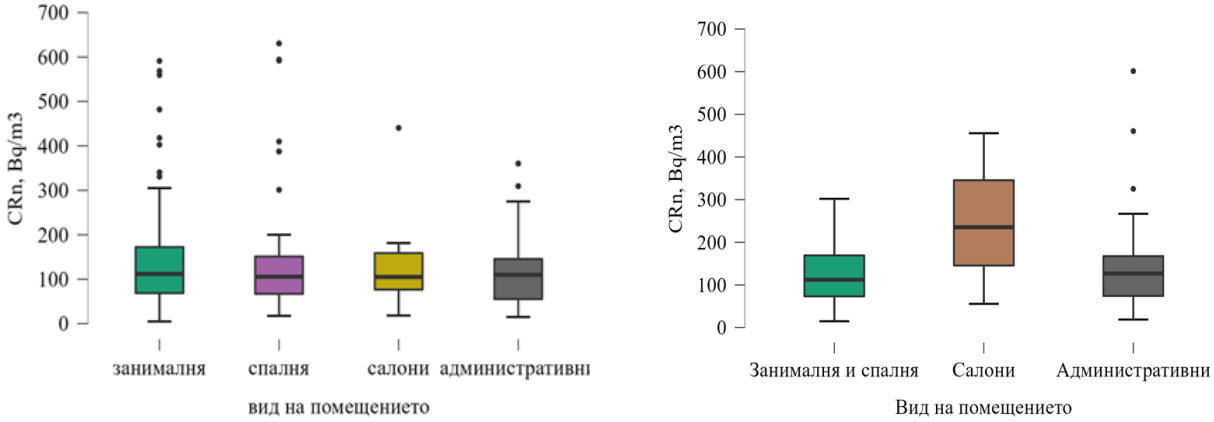
Област Добрич - в 169 помещения от проучването нивата на радон надвишават националното референтно ниво или 16 % от изследваните помещения, а в 37 помещения на детските заведения обемната активност на радон е над 500 Bq/m^3.

Измерените стойности на ОАР на границата на референтното ниво има вероятност да са отчетени като по-високи, в сравнение с нормалната употреба на помещенията, поради затварянето на детските градини и ясли по време на епидемиологичната обстановка и не използването им. Тези стойности следва да бъдат анализирани внимателно на фона на резултатите за цялата сграда и при необходимост измерванията да се повторят за по-кратко време. ***В сградите, където има помещения със стойности на ОАР над 500 Bq/m^3, следва да бъдат предприети мерки за редуциране на нивата на радон.*** *Преди предприемането на мерките може да се проведат допълнителни директни измервания за определяне на подходящите коригиращи дейности, както и за анализ на вариациите на ОАР по време на работните часове, с цел по точна оценка на облъчването на персонала и децата.*

Видове помещения

Помещенията са разделени на четири групи в зависимост от начина на употреба. В първа група са анализирани резултатите от: занимални (големи помещения, които се използват от деца и учители). Във втора група са спални, в следващата са салони (физкултурни, музикални и др.) и в четвърта група са административни помещения (помещения, които се използват само от учители и персонала на детските институции). За някои области, анализът е направен за повече или по-малко групи, в зависимост от подадената информация в анкетните карти. За проверка на хипотезата за различие между видовете помещения в детските институции е приложен непараметричен тест на Kruskal Wallis. Не е установена статистически значима разлика между анализираните данни от групи помещения за повечето области, с изключение на област Враца и област Добрич. Това дава основание да се направи заключението, че ОАР не зависи от вида на помещението и начина на използването му в сградите на детските градини и ясли, което може да се обясни от факта, че помещенията са обединени в занимални и спални в едно общо, поддържано по един начин.

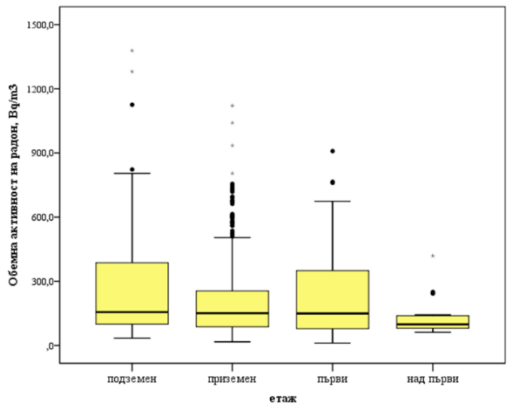
Разпределение на ОАР по групи помещения, за области Перник и Видин е представено на фигура 21.



Фигура 21. Разпределение на ОАР по групи помещения за области Перник и Видин.

<u>Обобщение на данни по етажи</u>

Проучването за оценка на намаляването на ОАР, с увеличаване на етажа е извършено за област Враца, тъй като предварително не е проведено пилотно проучване, както за училищата. Предоставени са детектори за всички обитавани помещения, които са разположени най-близо до земната повърхност. Над първия етаж са поставени малък брой детектори, с цел контрол на разпределението на ОАР по етажи. Най-високи нива на радон са измерени в помещения, намиращи се в подземния етаж (АМ = 287 Bq/m^3). Най-ниски нива на средноаритметичните стойности (АМ= 129 Bq/m^3) са установени в помещенията намиращи се над първи етаж, което потвърждава изводите от проведените проучвания в училища, че нивата на радон намаляват с увеличаване на етажа, т.е. разстоянието от източника на радон – скалата/почвата под сградата. В помещенията намиращи се над първия етаж е оценена и най-ниска стойност на вариация на резултатите CV = 67%. Резултатите от помещенията намиращи се в групи „приземен етаж“ и „първи етаж“ са сравними. На Фигура 22 е показано разпределението на ОАР по етажи на групите.

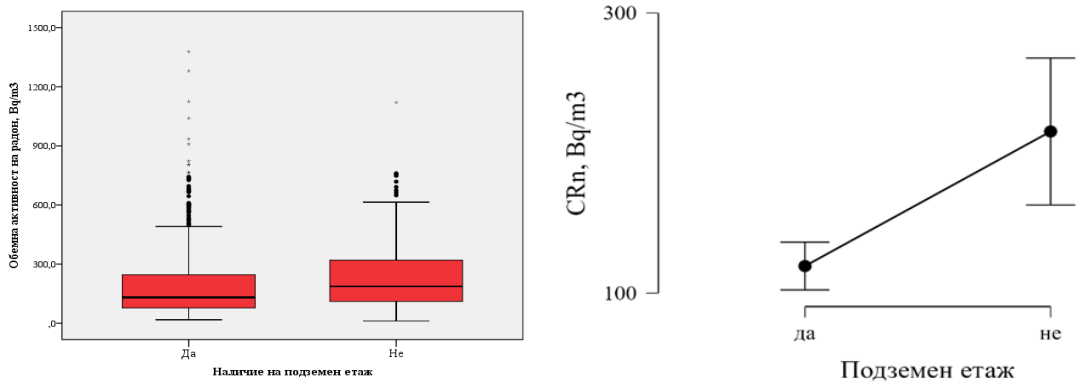


Фигура 22. Разпределение на резултатите на ОАР по етажи за област Враца

Не е установена статистически значима разлика между анализираните резултати за област Враца и област Ловеч. От фигура 22 се вижда, че стойностите на ОАР за групите на приземния и първи етаж са приблизително еднакви.

Разгледано е влиянието на наличие на мазе/сутерен в сградата. Установена е статистически значима разлика между анализираните групи без и със сутерен, като е приложен теста на Mann-Whitney (MU, $p < 0.0001$), което показва, че нивата на радон се

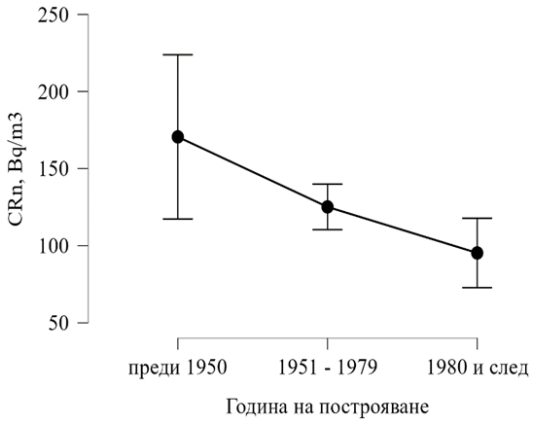
влияят от наличието на подземен етаж в сградата. Стойностите на ОАР в сградите с подземен етаж са по-ниски, отколкото в тези, които нямат такъв – фигура 23.



Фигура 23. Разпределение на ОАР по групи за наличие на подземен етаж за област Враца в ляво и за област Ловеч в дясно

<u>Влияние на характеристики на сградата</u>

Извършен е анализ на резултатите за област Видин по година на строителство. Данните са разпределени в три групи: сгради построени до 1950 г., за втора група годината на строителство е от 1951 г. до 1979 г. и последната група е за сгради построени от 1980 г. до сега. Най-висока стойност на ОАР е установена в помещенията, които са построени до 1950 г. (АМ = 171 Bq/m^3), а най-ниската в сгради построени от 1980 г. до сега (АМ = 95 Bq/m^3). Приложен е непараметричен тест на Kruskal-Wallis, за изследване на хипотезата, дали годината на строителството на сградата оказва влияние върху ОАР. Установена е статистически значима разлика, между трите групи (KW, p< 0.01), което показва, че изследвания фактор влияе върху нивата на радон (Фигура 24). По-старите сгради имат повече пукнати в конструкцията, през които радона може да прониква в сградата.

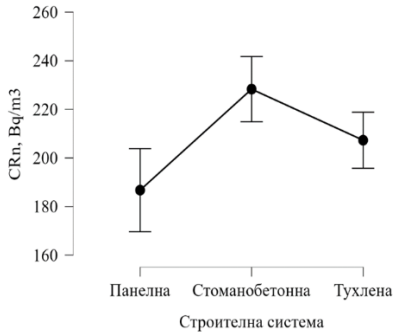


Фигура 24. Разпределение на резултатите на ОАР по година на строителството за област Видин

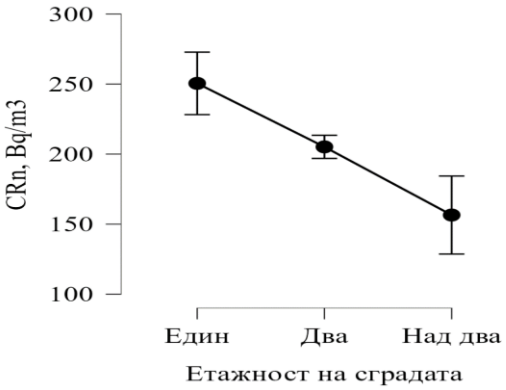
Изследвано е влиянието на вида строителна система върху стойностите на радон в помещенията за резултатите от област Добрич. Резултатите са разделени на три групи, както следва: панелна, стоманобетонна (стоманобетонна конструкция с плоча и колони) и тухлена (с бетонна плоча). За проверка на хипотезата за различие между групите по вид

строителна система, е приложен непараметричен тест на Kruskal-Wallis. Установено е статистически значимо различие между трите разгледани групи (KW, p< 0.001), което показва влиянието на типа строителна система върху ОАР (Фигура 25).

Анализът на резултатите по „етажност на изследваната сграда“ е направен, като данните за област Добрич са разпределени в три групи: „на един етаж“, „на два етажа“ и „над два етажа“. Най-висока стойност на ОАР е установена в помещенията, които са разположени в сгради на един етаж (АМ = 251 Bq/m^3), а най-ниската в по-големи сгради над два етажа (АМ = 157Bq/m^3). Приложен е непараметричен тест на Kruskal-Wallis за изследване на хипотезата, дали етажността на сградата оказва влияние върху ОАР. Установена е статистически значима разлика, между трите групи (KW, p< 0.001), което показва, че изследвания фактор влияе върху нивата на радон (Фигура 26).



Фигура 25. Разпределение на резултатите на ОАР по вид строителна система за област Добрич



Фигура 26. Разпределение на резултатите на ОАР по етажност на сградата за област Добрич

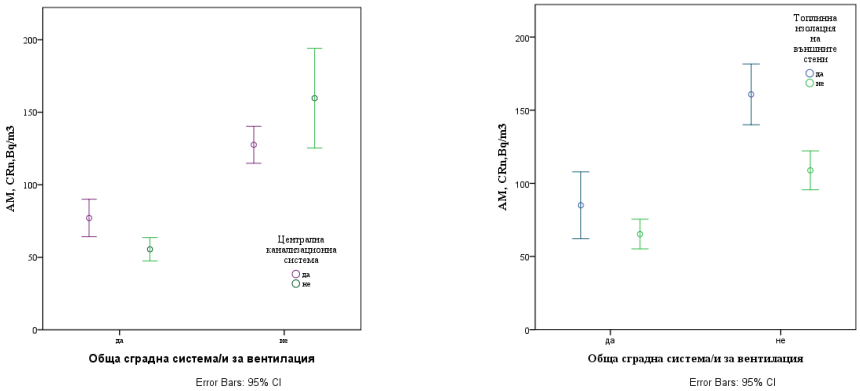
За анализ на вариациите на обемната активност на радон в сгради в зависимост от различни фактори, които има вероятност на окажат влияние са разгледани: [1]наличието на обща вентилационна система в сграда; [2]наличие на обща канализационна система и [3]изолацията на външните стени на сграда. Резултатите на област Монтана, са групирани по „наличие“ и „не наличие“ в сградата, за всеки показател. За оценка на различието между групите е приложен не параметричния тест на Mann-Whitney. Установена е статистически значимо различие между всичките изследвани групи. Систематизирането на резултатите са представени в таблица 6, а обобщаването им по средни стойности графично на фигура 27. На фигура 27 резултатите за наличие на вентилационна система в сградата са систематизирани в две графики. В ляво графиката отразява влиянието на изолация на външните стени върху двете групи сгради (с изградена вентилационна система и без), а в дясно наличието на канализационна система. Видно от резултатите, сградите които имат изградена вентилационна и канализационна системи и на които външните стени не са изолирани, имат по-ниски стойности на обемната активност на радон. Изградената вентилационната система в сградите не функционира в повечето детски градини, съгласно отговорите във въпросника, но въпреки това обемната активност на радон там, където е изградена такава е приблизително два пъти по-ниска. Следователно, изграждането на вентилационна система в обществените сгради още при строителството, е подхотяща превантивна мярка, която при констатиране на високи

стойности на радон може да бъде пусната в експлоатация. Радонът има вероятност да се събира в септичната яма и да се пренася до сградата по затворения тръбопровод, докато при централната канализация, системата е по-отворена. Резултатите показват, че наличието на септични ями оказва влияние на стойностите на ОАР, въпреки че не е толкова съществено. Повечето изследвани сгради на детски градини в област Монтана са включени в обща канализационна система и само малка част имат септични ями.

Таблица 6. Дескриптивна статистика на резултатите за ОАР на област Монтана по изследваните фактори: **[1]наличието на обща вентилационна система в сграда; [2]наличие на обща канализационна система и [3]изолацията на външните стени**

показател	Централна канализационна система		Обща сградна система за вентилация		Изолация на външни стени	
	да	*не*	*да*	*не*	*да*	*не*
брой измервания	474	128	87	515	282	320
AM, Bq/m^3	**120**	**143**	**72**	**134**	**153**	**101**
SDV, Bq/m^3	124.2	169.6	48.0	143.0	161.1	101.8
CV, %	103	118	67	106	105	101
min, Bq/m^3	10	13	26	10	10	12
max, Bq/m^3	972	1439	317	1439	1439	824
Тест на Mann-Whitney, *p*	*p=0.003*		*p<0.0001*		*p<0.0001*	

Изолацията на външните стени на сградите е една от мерките за подобряване на енергийната ефективност. Прилагането на мерки за енергийна ефективност и влиянието им върху ОАР, са изследвани при проучванията на училища и детски градини в други области и е доказано, че те повишават нивата на радон в сградите. В настоящия анализ, е изследвана само една от мерки и отново се потвърждава твърдението, че се увеличават стойностите на ОАР в сградата. Следователно, предприемането на мерките за енергийна ефективност трябва да бъде извършено, като се вземат предвид стойностите на ОАР в помещенията, за да се предвидят и паралелно и мерки за намаляване на нивата.



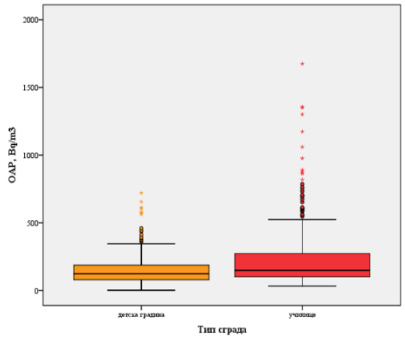
Фигура 27. Средни стойности на ОАР по групи за наличие на обща вентилационна система в сградата и топлинна изолация на външните стени в ляво, а в дясно за наличие на централна канализационна система.

Разгледано е влиянието на вида сгради (училищна и детска градина) върху нивата на радон в нея. За този анализ, резултатите на ОАР за училища в област Смолян, са сравнени с резултатите за детски градини. През зимният период на 2015 г. е извършено проучване на нивата на радон в детски градини в областта. Обследвани са 68 детски заведения с 220 помещения, чрез използване на пасивни детектори. През 2019 - 2020 г., заедно с проведеното проучване на училищата, са обследвани и три помещения в една детска градина в с. Елховец, община Рудозем. Резултатите са разделени на две групи според вида сгради: „училища“ (340 броя измервания) и „детски градини“ (223 броя измервания). Хипотезата, която е разгледана е, че средно-аритметичните стойности на двете групи са равни. Целта на анализа е, да се оцени дали има влияние на вида сграда върху вариациите на ОАР. Дескриптивната статистика на стойностите на ОАР, според вида сгради е представена в Таблица 7. Средно аритметичната стойност на ОАР за детските градини е по-ниска (АМ= 157 Bq/m^3), в сравнение с тази за училищата (АМ= 231 Bq/m^3) в област Смолян. Коефициентът на вариации също е по-нисък, за детските градини (77%), отколкото в училищата - 98%.

Таблица 7. Дескриптивна статистика на резултатите за ОАР по вид сгради

	Детски градини	Училища
Брой на измерваните помещения	223	340
Средна аритметична стойност (АМ), Bq/m^3	157	231
Стандартно отклонение	121	227
Минимална стойност, Bq/m^3	35	33
Максимална стойност, Bq/m^3	720	1676
CV, %	77	98

На фигура 28 е представено разпределението на нивата на радон на разгледаните две групи, според вида сгради. За проверка на статистически значимо различие в средноаритметичните стойности на разглежданите групи е приложен еднофакторен дисперсионен анализ (ANOVA)



Фигура 28. Разпределение на резултатите на ОАР за училища и детски градини в област Смолян

Извършена е проверка на хомогенността на резултатите в двете групи, като е приложен тест за проверка на равенство на дисперсиите (Levene Statistic). Тестът е статистически значим, което показва, че няма равенство в дисперсиите на ОАР в групите

и е нарушена втората предпоставка за дисперсионния анализ, за това са проведени тестове за устойчивост на равенство на средноаритметичните стойности (Robust Tests of Equality of Means). Тестовете са статистически значими ($p<0.0001$), което позволява да бъде разгледан теста ANOVA. Установено е статистическо различие между изследваните групи ($p<0.0001$) с по-малка от типичната стойност големина на ефекта $\eta=0.18<0.24$, което потвърждава твърдението, че влияние върху нивата на радон оказват характеристиките на сградата. За по-детайлна оценка, е необходимо да се разгледат по-конкретните различия в сградите. Малката стойност в големината на ефекта от своя страна показва, че върху нивата на радон в помещенията оказват влияние и други фактори.

Индикатор за изпълнение: *Брой проведени измервания. Брой измерени детски заведения (детски градини и ясли).*

Изпълнение: *Обследване на всички детски заведения (детски градини и ясли) в 4 области. Извършени измервания приблизително 3000 броя, в това число 2974 броя в помещения на детските градини и ясли и детектори за доказване на качеството (калибриране, дублиращи и нулеви измервания). Измерени са общо 257 детски градини и ясли (Добрич, Монтана, Враца, Ловеч, Перник и Видин), няколко сгради по филиали или приблизително 14%. (съгласно НСИ за 2021/22 г. са функционирали 1817 държавни детски градини). Общо измерени детски институции (детски градини и ясли) от всички проучвания са 958 броя заведения или 52,7%.*

3.4. Провеждане на проучване на радон на работни места, където има вероятност нивата на концентрация на радон да са високи.

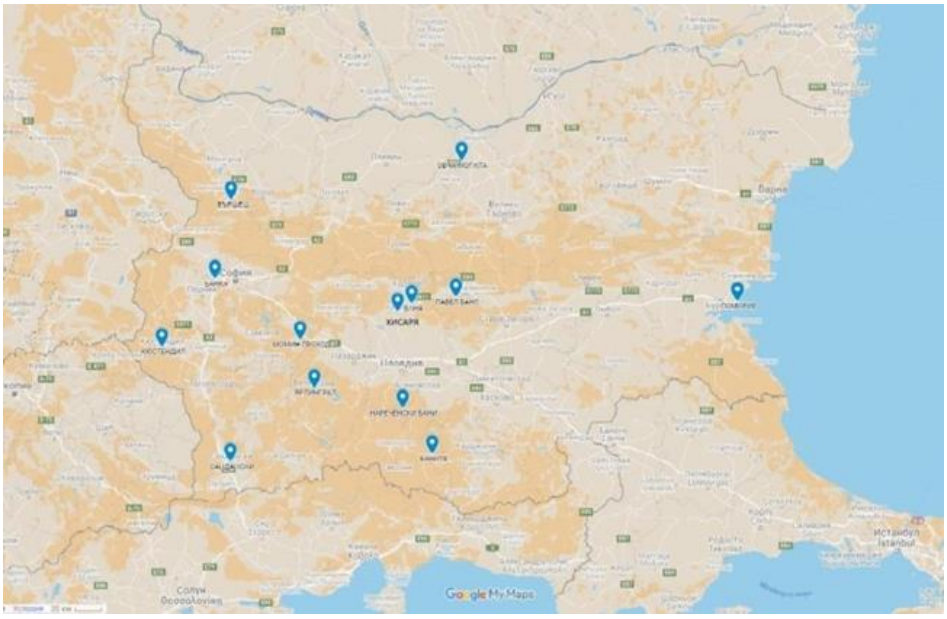
Директива 2013/59/Евратом на Съвета от 2013 г. и съответно Наредбата за радиационна защита от 2018 г. изискват измерванията на ОАР на радон на работните места с цел оценка на облъчването на радон. В нормативните документи е заложено прилагане на степенуван подход въз основа на оценка на дозите на работниците (или на стойността на обемната активност на радон, интегрирана във времето). През 2019 г. е подготвена Процедура за проучване на радон на работни места. Целта на процедурата е да окаже начина на провеждане на проучвания на обемната активност на радон на работни места и да предложи Проекто – списък, изготвен на база на опита на други Европейски страни. Проучванията на радон на работни места се провеждат с цел потвърждаване на идентифицирането на работните места, където се изискват измервания, въз основа на оценка на риска за България.

Специализирани болници по рехабилитация, Национален комплекс ЕАД

През периода 2019 г. - 2020 г. е проведено проучване на обемната активност на радон в специализирани болници по рехабилитация, Национален комплекс ЕАД. Целите на проучването е оценка на облъчването на работещите в СБР-НК, оптимизиране на Процедура за провеждане на проучване на ОАР на работни места и изпитване на организацията за провеждане на проучвания ОАР в балнеолечебни (медикъл СПА) центрове и СПА центрове. Проучването се проведе от НЦРРЗ и представители на СБР-НК. За периода от февруари до юни 2019 г. са посетени 12 подразделения на СБР-НК, като за филиала в гр. Поморие – детекторите са предоставени за самостоятелно поставяне.

Поставени са общо 528 детектори за пасивно измерване на ОАР и 24 броя от тях са дублиращи. Проведени са директни измервания на параметъра в 12 от подразделенията на СБР-НК. Извършено е пробовземане на 36 броя вода от сондажите, басейните или водните помещения на филиалите на СБР-НК, с цел оценка на допълнителния източник на радон от минералната вода в сградата. В лабораторията са върнати общо 437 от двата типа детектори заедно с дублиращите. Общите загуби на детектори и резултати под минимално- измеряемата активност са 20 %, но в три поделения на СБР-НК тези загуби са над 40%. Загубите на резултати при изпълнение на дейности по Националния план, компрометират проучванията и допринасят за по-високи финансови разходи.

Пилотното проучване на обемната активност на радон е планирано така че, да обхване всички филиали на Специализирани болници за рехабилитация – Национален комплекс разположени на територията на цялата страна. СБР-НК е съставен от 13 филиала, които са разположени в 24 сгради на територията на следните населени места: с. Баните, област Смолян; гр. Банкя; с. Баня, община Карлово; гр. Велинград; гр. Вършец; гр. Кюстендил; гр. Момин проход; с. Нареченски бани, община Асеновград; с. Овча могила, община Свищов; гр. Павел баня; гр. Поморие; гр. Сандански и гр. Хисаря. В проучването на ОАР е включена и сградата на БЛЦ Камена разположена на територията на Велинград.



Фигура 29. Местоположение на обследваните обекти на картата на България

Местоположението им на територията на България е представено на фигура 29. По-голяма част от подразделенията (11 броя) на ведомството са разположени в планински райони, с изключение на два, единият е на крайбрежието (Поморие), а другият в Дунавската равнина (с. Овча могила).

Методи на измерването

1. Пасивни измервания на ОАР във въздух

В проучването са използвани два типа пасивни детектори: детектори с RSKS камери и с RSFW камери. Вторият тип камери имат защита за висока влажност и са специално разработени за провеждане на измервания на ОАР в помещения на СПА

центрове, пещери, мини и други. Детекторите имат уникален номер от производителя, които се използват за идентифициране на движението му от лабораторията до измерваното помещение, и обратно. Чипът има същия уникален номер, който се използва за проследяване на движението му при обработката. За обработката на детекторите и оценяване на ОАР се използва RADOSYS система. Обработката на детекторите и средствата за измерване се подготвят за работа съгласно инструкциите за измерване в лабораторията. За партидата детектори, използвани в проучване, лабораторията е изпратила детектори за облъчване до акредитирана лаборатория в Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) Radon – Kalibrier laboratorium, Берлин, Германия, издаден е сертификат за калибриране № СК №1240-D-K-15063-01-00/27.06.2019г. Дублиращите детектори са разположени на същото място, като основните, за същия период на измерване. Обработени са 20 бр. дублиращи детектори, от които 18 броя са с приемлив резултат, а 2 брой с неприемлив, което е 10 % от общия брой дублиращи, т. е. 90 % от дублиращите резултати са приемливи.

2. Директни измервания на ОАР във въздух

Методът на директните измервания се базира на непрекъснато вземане на проби от обем въздух, предварително филтриран и представителен за изследваната атмосфера. Средната стойност за периода на измерване се получава директно или след обработка на файла в рамките на няколко часа. Директните измервания се прилагат, за да се проследят дневните вариации на ОАР, за това периодът на измерване следва да бъде поне 24 часа. Директните измервания се извършват с активни монитори или радонометри, които отчитат стойностите на радон и промените на обемната активност в реално време на всеки час. Радонометрите, които са използвани в проучването, имат йонизационна камера и чрез алфа спектроскопия регистрират радон. Радонометрите измерват: температура, атмосферно налягане и влажност. За провеждане на директни измервания на радон НЦРРЗ притежава професионална мониторингова система AlphaGUARD (Снимка 7).



Снимка 7: AlphaGUARD Апарат за директни измервания на ОАР във въздух



Снимка 8: TSR3D система за директни измервания на ОАР във въздух

Системата се състои от импулсна йонизационна камера с висока чувствителност, широк обхват на измерване и с малко мъртво време. Апаратът не се влияе от висока влажност на въздуха и вибрации. Обхватът му има линейна зависимост от 2 до 2000000 Bq/m^3. За графично обработване и представяне, оценка и съхранение на измерените спектри се използва DataEXPERT под Windows. В три от филиалите на СБР-НК са проведени директни измервания с новозакупената през 2019 г. TSR3D система (Снимка 8) и портативни измерители на радон Alpha-E. При измерването с тази система, получените данни се запаметяват в собствената вътрешна памет на апаратурата за период от 150 дни и може да се използва директна USB връзка с компютър. Директните измервания на обемната активност на радон във времето допринасят за изясняване на възможните причини за динамиката на активността на радон и коректена оценка на дозата от облъчване от радон.

3. Измервания на проби води

Взети са проби вода от пунктове намиращи се в 11 филиала на СБР-НК и БЛЦ „Камена“. Пробовземането и обработката на пробите е извършено по работни стандартни процедури на лабораторията. Анализът на концентрация на радон в проби вода е направен с E-PERM система, която се състои от четец, S-камери и електрети с различна конфигурация ST или LT. Допълнителните средства, които се използват за анализа на водите са лабораторна стъклария и шишенца за пробовземане.

Анализите на обща алфа и бета активност са извършени съгласно СРП 07 „Процедура за радиохимичен анализ на проби вода за контрол на радиологичните показатели обща алфа и обща бета активност“. За измерване на пробите се използва система за измерване на обща алфа и бета активност „RadEye HEC“. Процедурата е разработена съгласно Международен стандарт ISO 10704:2009(E) Качество на водата – Измерване на обща алфа и обща бета активност в несолени води – метод на тънкия източник (утайка) (Water quality – Measurement of gross alpha and gross beta activity in non-saline water – Thin source deposit method). RadEye HEC е броячна система, която включва в себе си дву-инчов, двоен, фосфорен сцинтилатор, свързан към плъзгащ се издърпващ механизъм. Алфа-бета броячната апаратура позволява измерване на активността в пространствен ъгъл 2π.

4. Измервания на мощност на дозата гама лъчение във въздух

Мощността на дозата гама лъчение е радиационен параметър на жизнената среда и се измерва с преносима дозиметрична апаратура. Параметърът се измерва съгласно 3- ПК-01 „Процедура за контролна мощност на дозата гама-лъчение във въздух за терени и площи на открито и в сгради“. Дозиметричната апаратура се позиционира на 1 м. над земната повърхност и по метода на преките измервания се отчитат показанията в определените точки. Правят се серия от отделни отчитания, като резултатът се получава, чрез усредняване на стойностите за отделния пункт. За измерване на този параметър е използван многофункционален радиометър RADOS-RDS 110. Уредът се състои от халогенен енергийно компенсиран Гайгер-Мюлеров брояч и микропроцесорна техника. Усъвършенстваният алгоритъм на броене осигурява надежно измерване, дори и при слаби

фонови полета. Обхватът на измерване на апарата е от 0,05 μSv/h до 100 mSv/h. Измерванията се извършват с точност ± 5 %.

Резултати

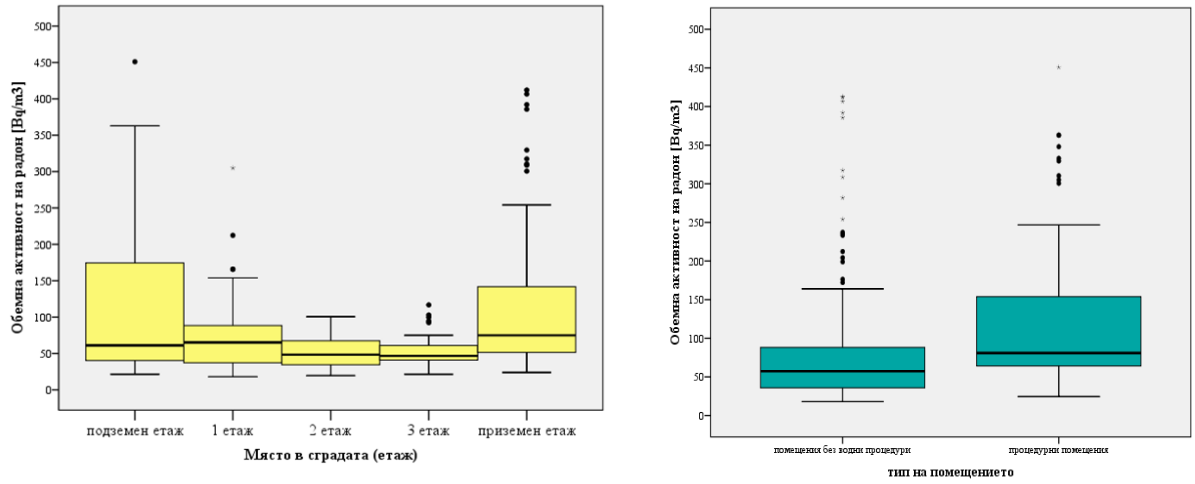
Анализирани са 404 резултата на изследвания параметър, като в анализа не са включени стойностите под минимално измеряемата активност и тези на дублиращите детектори. Установената средна аритметична стойност на ОАР (АМ = 102 Bq/m^3) за филиалите на СБР-НК е под националното референтно ниво от 300 Bq/m^3. Вариациите на радон са с минимална стойност от 18 Bq/m^3 във филиал Поморие, до 2550 Bq/m^3 - измерена в процедурно помещение във филиал „Момин проход“. Средните аритметични и геометрични стойности от проучването са сравними с анализираните (АМ=111 Bq/m^3, GM=82 Bq/m^3) от националното проучване на жилища (6) и са по-ниски от проведеното проучване в училища през 2019 г. на територията на Пловдив (АМ=160 Bq/m^3, GM=108 Bq/m^3), които също представляват вид работно място. Обобщените резултати от пасивните измервания в профилакториумите са представени в Таблица 8.

Таблица 8. Дескриптивна статистика на резултатите за филиалите на СБР

Брой на измерванията в помещения	404
Средна аритметична стойност (АМ), Bq/m^3	102
Стандартно отклонение Bq/m^3	195
Медиана, Bq/m^3	62
Минимална стойност, Bq/m^3	18
Максимална стойност, Bq/m^3	2550
CV, %	191
Средно геометрична стойност (GM), Bq/m^3	72
Стандартно геометрично отклонение	2.21

Разположението на работните места в сградите на филиалите на СБР-НК не е само на приземния и първи етаж в сградите. В повечето специализирани болници работни места има в подземен етаж (сутерена), а в някои от тях кабинетите на лекарите или помещения за рехабилитация са на втори и по-високи етажи. Тъй като проучването е пилотно, детектори са поставени във всички кабинети независимо от етажа и на произволен принцип в помещения, които се намират над 1 етаж, за да се провери разпространението на ОАР по етажи в сградите. Обемната активност на радон е обединена в пет групи по етажи: подземен етаж (сутерен); приземен етаж (партер); първи етаж; втори етаж и помещения над 2 етаж. Най-висока средноаритметична стойност има групата измерени помещения в подземния етаж, следвана от стойността на приземния етаж и първия етаж. Стойностите на ОАР на втория и по-високи от втория етаж са приблизително еднакви. Разпределението на меридианите по групите ОАР, по етажи е представено на фигура 30.

За проверка на хипотезата, че съществува различие между ОАР по етажи е приложен непараметричен тест на на Kruskal-Wallis. Използван е непараметричен тест, тъй като при проверката за нормалност на разпределението на резултатите в групите показа, че разпределението не е лог-нормално. Тестът потвърждва, че има статистически значимо различие между групите ($p<0.001$).



Фигура 30: Сравнение на разпределението на ОАР по етажи (ляво) и по видове помещения (дясно) в сградите на СБР-НК

За да се провери точно между кои групи е различието е приложен ранговия тест на на Mann-Whitney за всички двойки. Статистически значима разлика доказана с теста е между приземния и първи етаж (MW, $p=0.003$); приземния и втори (MW, $p<0.001$) и приземния и етажи над втори (MW, $p<0.001$). Между останалите двойки групи не е доказано статистическо значимо различие. Резултатите от теста потвърждават твърдението, че високи стойности на ОАР се установяват в помещения до първи етаж, които са близо до земната повърхност. В два филиала на СБР-НК (Момин проход и Нареченски бани) средните стойности на ОАР в приземните етажи (сутеренте) са над националното референтно ниво. В Момин проход филиалът е разположен в две сгради - стационар за възрастни и стационар деца. Анализираните резултати на ОАР от стационарът за възрастни, намиращи се в сутерена на 3$^{-ти}$ блок и приземния етаж на 2$^{-ри}$ блок надхвърлят 300 Bq/m^3. В детският стационар измерената средна стойност на ОАР само в процедурните помещения в сутерена, е 333 Bq/m^3. Работните помещения, които се намират на партера и по-високите етажи в двете обследвани сгради на филиала, са със средни стойности на ОАР под националното референтно ниво. Във филиал Нареченски бани, анализираните ОАР са над националното референтно ниво, само в работните помещения на приземния етаж (413 Bq/m^3) и в процедурните помещения (376 Bq/m^3). Филиалът се помещава във високоетажна сграда, и са измерени работни места, които се намират не само на приземен и първи етажи, а и на втори и трети етажи.

Групирането не позволява да се направи извод дали водата е допълнителен източник на радон, тъй като повечето процедурните помещения, където се използва водата се намират до първия етаж в сградите. За по детайла оценка на източника на радон в помещенията, в следващия анализ са изключени 67 измервания, от общият 404 брой резулта, които са на по-високи от 2 етаж помещения. Анализът е поведен само за

резултатите на работни места, намиращи се в подземния, приземния и първи етаж. Всички работни места, в които се провеждат манипулации с минерални води, са наречени „процедурни помещения“. Установената средна аритметична стойност в процедурните помещения (АМ= 186 Bq/m^3) почти три пъти надхвърля тази от помещенията без водни процедури (АМ= 77 Bq/m^3). Приложен е непараметричен тест на Mann-Whitney за двете групи помещения и е установена статистически значима разлика (MW, $p<0.001$) в стойностите им. На фигура 30-дясно е представено сравнението на резултатите между помещенията с водни процедури (процедурни помещения) и помещенията без водни процедури. *От направеният анализ може да се налага извода, че минералната вода влияе върху измерените стойности на ОАР и в процедурните помещения следва да се прилагат мерки за намаляване на нивата на радон (например добра вентилация).*

Резултати на проби вода

За оценка на допълнителния източник на радон – минералната вода в помещенята на СБР-НК са взети проби вода, които са анализирани за концентрация на радон. За проследяване на намаляването на концентрацията на радон, до достигане в помещенията, водата е изследвана от няколко места във всеки филиал. Проби минерална вода е взета последователно от каптажите, сонтажите или от каптиран естествен извор, които общо са наречени „извор“; от резервора и от ваните в процедурните помещения. В някои находища минералната вода се събира в резервори, от където се изпраща към процеддурните помещения. В други находища, достигането до извора за вземане на проба не беше възможно, за това е взета вода само от резервоара. Резултатите за концентрацията на радон във водата и средната стойност на обемната активност във въздуха на процедурните помещения по филиали са представени в Таблица 9. Каптажът, в който е измерена най-високата концентрация на радон във водата е каптаж № 6 "Бански извор", с. Нареченски бани. Минералният извор е каптиран в чешма в парка, около нея е направена стъклена постройка с пейки вътре. В постройката е поставен детектор за определяне на ОАР, като в нея е измерена най-високата стойност (6081±1235 Bq/m^3). *Стойността е показателна, каква ОАР може да бъде достигната при високи стойности на радон във водата без вентилация и затворени прозорци, при малък обема на затвореното пространство. Населението използва постройката да вдишва така наречените „лечебни пари“, но тази чешма не е към нито една болница за рехабилитация и не се контролира от лекар, за това следва да бъде препоръчано на кметството да постави предупредителна табела.*

Таблица 9. Резултати за концентрацията на радон във вода и средна стойност на обемната активност на радон

Описание на пункта	**дата на вземане на пробата**	**Измерени резултати**			
		Rn, Bq/l (извор)	**Rn, Bq/l (резервоар)**	**Rn, Bq/l (вани)**	**АМ, ОАР, Bq/m^3 (процедурн помещения)**
Нареченски бани, Пловдивска област					
Сондаж № 5 - към СБР	25.10.2019		613	189	186

Описание на пункта	дата на вземане на пробата	Измерени резултати			
		Rn, Bq/l (извор)	Rn, Bq/l (резервоар)	Rn, Bq/l (вани)	АМ, ОАР, Bq/m^3 (процедурн помещения)
каптаж № 6 "Бански извор" - чешма в парка с постройка	25.10.2019	1793			6081
Момин Проход, София – област					
Находище на минерална вода	07.03.2019	1265	691	270	795
Баня, Карлово, Пловдивска област					
КЕИ Банче Мъжко – басейн	14.03.2019	19			125
КЕИ Банче Женско – басейн	14.03.2019	17			138
КЕИ Централен Каптаж	14.03.2019	58			166
Хисаря, Пловдивска област					
КЕИ Парилките към СБР Хисаря (вана № 2)	15.03.2019	30		15	62
Павел Баня, област Стара Загора					
Сондаж №3 към СБР-НК	21.03.2019	428		223	95
Вършец, област Монтана					
Сондаж №4 - към СБР-НК	29.03.2019	22		31	72
Сондаж №3	29.03.2019	70			
Банкя, област София-град					
Сондаж 3ХГ в СБР	05.04.2019	24		4.3	36
Кюстендил					
Каптаж - "Стар" към СБР	18.04.2019	6.1	6.3	11.2	45
Сандански, област Благоевград					
Сондаж №1 хг към СБР	19.04.2019	29.6		23.1	28
Сондаж 6 - стар чешма до пазара	19.04.2019	14			
Велинград, област Пазарджик					
сондаж към БЛЦ Камена, чешма ет. 4	24.04.2019	221.5			86
Сондаж №2 ВКП "Вельова Баня" към СБР (чешма)	25.04.2019	110.0			
кв. Каменица, сондаж №4 - Власа, КДБ-2 към стара поликлиника	24.04.2019	34.7			
Сондаж №5 - Сярна баня	24.04.2019	51.8			
Сондаж 7 ВКП-за Вельова баня	24.04.2019	46.4			
Сондаж 7 КГ, Кремъчна баня	24.04.2019	55.5			
с. Овча могила, област Велико Търново					
Сондаж № Р-2 хг към СБР	28.05.2019	159		32	77
с. Баните област Смолян					

Описание на пункта	дата на вземане на пробата	Измерени резултати			
		Rn, Bq/l (извор)	Rn, Bq/l (резервоар)	Rn, Bq/l (вани)	АМ, ОАР, Bq/m^3 (процедурни помещения)
Сондаж №3 хг към СБР	05.06.2019	14		16	78

Неопределеността на анализа на радон във вода е 25 %.

В таблицата са представени резултати на концентрацията на радон в минералната вода на други извори от района, а не само от тези, които се използват от СБР-НК. От резултатите се вижда, че концентрацията на радон в минералната вода, взета от ваните в стационарите, е намаляла прилризително 50%, а на някои места до 80%, докато водата достигне процедурните помещения. Реултатът е очакван, тъй като на места водата се събира в резервоари или достига до болницата по тръби, където радона еманира, защото е газ или се разпада на своите дъщерни продукти, докато стигне до процедурните помещения. За всеки филиал е оценена средната стойност на ОАР в процедурните помещения и е представена в Таблица 10. Минералната вода в Момин проход е с най-висока стойност на концентрацията на радон от използваните сондажи от СБР-НК.

Таблица 10. Корелационна матрица със стойности на коефициента

	CRn – в извора	***CRn – от ваните***	***ОАР***
CRn – в извора	*1*	0.794	0.571
CRn – от ваните		*1*	0.806
ОАР			*1*

За оценка на връзката на обемната активност с концентрацията на радон в минералната вода е използван коефициентът на ранговата корелация Спирмън. Тестът е статистически значим ($p<0.05$ при 95 % доверителен интервал), а коефициентите на корелация са дадени в Табица 10. Коефициентът на корелация между концентрацията на радон във водата от извора и ваните ($r=0.794$) е очаквано висок, което показва, че 80% от измерванията на радон от извора могат да обяснят наличието на радон във водата във ваните. Връзката обаче на радон във въздуха на процедурните помещения с концентрацията на радон във водата от извора е умерена ($r=0.571$). Връзката е сравнително висока ($r=0.806$) с концентрацията на радон във ваните.

Корелационният анализ, приложен на данните за концентрацията на радон в минералната вода и във въздуха в процедурните помещения доказва, връзката на нивата на радон във въздуха с тези във водата, което потвърждава необходимостта от провеждане на контрол на работни места в СПА центрове, когато концентрацията на радон във водата е по-висока.

Взета е вода за анализ на обща алфа и обща бета активност от всички филиали, с изключение на филиал Наречен, с цел да се провери връзката им с концентрацията на радон. Апаратът, използван за измерване на активността не е нискофонов и се прилага за скринингови оценка и по-високи стойности на обща алфа и бета активностт във водата. Резултатите на пробите вода от повечето филиали са под минимално измеряемата

активност и за това не са представени в отчета. Проведен е тест за корелация между концентрацията на радон и обща алфа и бета активност и не е установена статистически значима връзка. Статистическа значима връзка с висок коефициент на корелация *r=0.840* е установена между алфа и бета активност. Както се очакваше, най-високи стойности на обща алфа и бета активност имат пробите с минерална вода с висока концентрация на радон във водата (находище Момин проход). Липсата на статистичестически значима връзка между радона и обща алфа активност ни накара да проследим параметрите обща алфа и бета активност е през определ период време. Пробата вода е съхранявана в лабораторията, като е провеждан анализ приблизително през един месец. Резултатите са представени в Таблица 11. След един месец общата алфа и общата бета активност намалява, което се очаква поради разпада на радиоактивния елемент радон, през следващия месец се натрупва отново в съответствие с натрупването на дъщерните му продукти на разпад.

Таблица 11. Резултати за обща алфа и бета активност на проби минерална вода

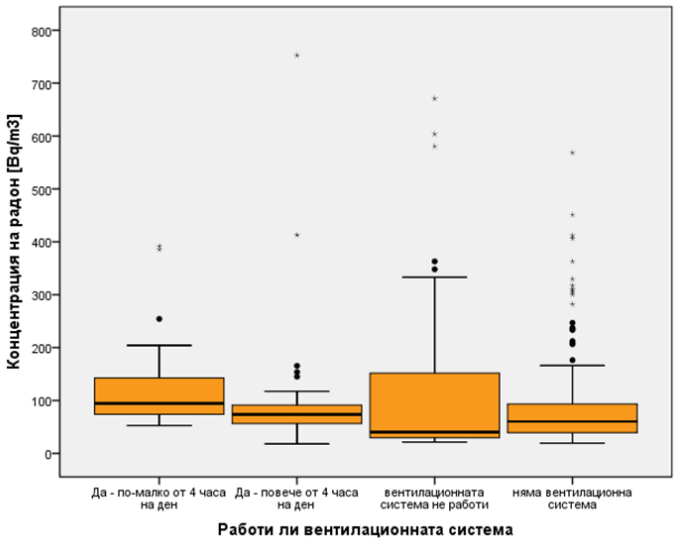
№ по лаб. Дневник	***Описание на пункта***	***дата на вземане на пробата***	***дата на измерване***	***Измерени резултати***	
				обща алфа [Bq/l]	***Обща бета [Bq/l]***
W01	Момин Проход, каптаж използван от СБР-НК	07.03.2019	12.03.2019	10,69±0,25	3,39±0,19
		07.03.2019	18.04.2019	1,92±0,31	0,36±0,021
		07.03.2019	17.05.2019	3,36±0,26	1,94±0,12

Измерените различни стойности на обща алфа и бета активност през различните периоди на престой на пробата вода, дават известно обяснение за слабата корелационна зависимост. *Наред с това ясно се вижда, че стойностите на обща алфа и бета активност зависят от времето на престой в лабораторията. Това индиректно доказва хипотезата, че оценката на пробите трябва да се извършва след престой в лабораторията, при високи стойности на радон във водата.*

Анализ на влиянието на вентилацията върху обемната активност на радон

Въпреки, че е установена значима корелация на обемната активност на радон с концентрацията на радон във вода, не във всички помещения се наблюдава директна връзка между величините. Фактът се обяснява от влиянието на други фактори върху нивата на радон, като например обема на помещението, наличие и режим на работа на вентилацията. Вентилационната система в работните помещения е основен фактор. Информация за вентилационната система в помещенията на филиалите е събрана от попълнените анкетни карти и е направен анализ на влиянието на фактора. Няма изградени общи системи за вентилация в 14 от измерените сгради, които се намират в 8 филиала на СБР – НК. В два от санаториумите са изградени вентилационната система, които не работят: стационар за деца в Момин проход и в Сандански. В останалите обследвани 8 сгради от 6 филиала има изградени общи или частични вентилационни системи. Данните са обобщени за наличие на вентилационна система и режима ѝ на работа в санаториумите за 337 резултати на ОАР. Най-голям брой помещения (217) са, такива в които няма вентилационна система, а в други 31 броя тя не работи. Вентилационната система работи повече от 4 часа на ден в 52 помещения и по-малко от 4 часа в 37 от измерените работни

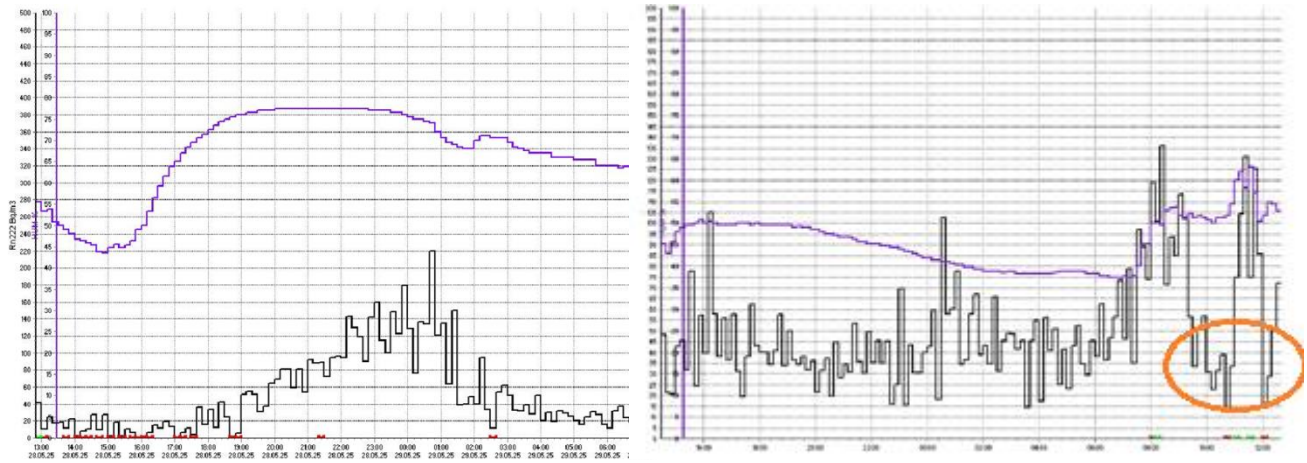
места. На Фигура 31 са представени обобщени резултати за разгледаните четири групи, съответно: вентилационната система работи по-малко от 4 часа на ден; повече от 4 часа; не работи и няма вентилационната система. Най-ниските стойности на ОАР са установени в помещения, където вентилацията работи повече от 4 часа (АМ = 92 Bq/m^3). Закономерно, най-високи резултати на изследвания параметър са в работни места, където ВС не работи (АМ = 137 Bq/m^3) или няма изградена (АМ = 111.4 Bq/m^3). В помещенията където няма вентилационната система са констатирани и най-високата максимална стойност на ОАР от 2550 Bq/m^3, а коефициентът на вариации (221 %) е най-голям.



Фигура 31: Сравнение на ОАР в зависимост от режима на работа на вентилационната система

В стационар „Велинград“, „Нареченски бани“ и „Баните“ (сграда 1) има частична вентилация само в басейна, процедурни помещения и др., като и на трите места тя работи повече от четири часа. Само в един филиал - Павел баня вентилационната система и в двете сгради, в които се помещава санаториума, работи по-малко от 4 часа на ден. Въпреки, че вентилацията работи по-малко, наличието на вентилация оказва влияние на намаляване на ОАР.

Извършени са директни измервания на ОАР с AlphaGuard, които проследяват дневните вариации на радон. Чрез тези измервания може да се установи режима на работа на ВС, както и обемната активност на радон по време на работните часове. На Фигура 32 са представени спектрите от директните измервания за прилизитено 24 часа в сграда на филиал, където вентилационната система работи повече от 4 часа на ден (Овча могила) – в ляво и в дясно спектър в сграда, където вентилацията работи по-малко от 4 часа на ден (Павел баня).



Фигура 32. Спектри от директни измервания в сграда във филиал Овча могила – ляво и във филиал Павел баня – дясно

От спектара в Овча могила се вижда ясно, как през нощта или часовете, когато вентилацията не работи ОАР се увеличава многократно, докато през работните часове тя спада. В сградата където вентилационната система работи под 4 часа се наблядава спад (червения кръг на фигула 32 в дясно) и след спиране се увеличава отново. Спектърът, измерен в басейна на Павел баня показва как ОАР се увеличава прблизително два пъти през деня, когато се използва минералната вода за процедури.

Приложен е непараметричен тест на Kruskal-Wallis и е установена статистически значима разлика (KW, $p<0.001$) между групите помещения във филиалите на СБР-НК с наличие на вентилационната система и нейния режим на работа, както и състоянието ѝ. *Приложеният тест, както и извършените директни измервания потвърждава влиянието на вентилационната система и режима на нейната работа върху ОАР в помещенията. Подобряването на работа на вентилационната система и изграждането на такава или привеждането ѝ в изправност в работните помещения, ще намали нивата на вредния фактор и ще подобри условията на труд в филиалите на СБР-НК.*

Анализ на измерванията на мощност на дозата гама лъчение

По време на проучването е извършено директно измерване от специалисти на НЦРРЗ на радиационен параметър мощност на дозата гама лъчение. Основният източник на гама лъчение в сградата са строителните материали, от които е изградена. Извършени са 308 директни измервания на параметъра в 23 обследвани обекти. Мощност на дозата гама лъчение във въздух не е измерена във филиали „Поморие“ и „Баните“. Обобщените резултати са представени на Таблица 12.

Таблица 12. Дескриптивна статистика на резултатите за мощност на дозата гама лъчение в помещенията на СБР-НК

Брой на измерваните помещения	**308**
АМ, µSv/h	0.157
Стандартно отклонение	0.160
Медиана, µSv/h	0.043
Минимална стойност, µSv/h	0.060

Максимална стойност, µSv/h	0.39
CV, %	27

Мощността на дозата гама лъчение е в границите на естествените вариаации на параметъра в сгради. Обикновено МДГЛ в сградите е по-висок от измерения отвън тях. Максималната стойност на параметъра е измерена в сградата на филиал Наречен (0.39µSv/h), следвана от тази в Царска баня, с. Баня, община Карлово, област Пловдив (0.29µSv/h). С цел да се изследва дали има връзка между ОАР и МДГЛ е приложен Тест на Фишър към модела на линейна регресия. Установена е линейна връзка (асоциация) между двата изследвани параметъра с коефициент на значимост на модела $p=0.003<0.05$, но коефициентът на корелация е много слаб или само 2.5% от дисперсията на параметъра ОАР може да се прогнозира от параметъра МДГЛ. Нашите резултати се потвърждават и от изследвания проведени в други страни, например проучване в Италия, установява слаба зависимост между ОАР и МДГЛ измерени в жилища, която се дължи на строителните материали и материалите използвани за подови настилки и в стените (9). Слабата асоциация, която е установена е в унисон с проучване направено в Неапол, където са достигнати същите изводи (10). *Установената слаба връзка показва, че измерването на МДГЛ би могло да бъде полезено при провеждане на контрола на работни места.*

Анализ на облъчването на персонала във филиалите на СБР-НК от радон

Определено е облъчването в съответствие с Публикация на експерти от Група 31 към Европейската комисия и Препоръка 137 на МКРЗ, използвайки стандартното предположение за фактор на равновесие F= 0.4, дозовият коефициент 6.7 10^{-6} mSv/(Bq h m^{-3}) и стандартно време на заетост от 2000 часа годишно за работник. Ефективната доза е оценена на база реалното време, което служителя прекарва в помещенията в зависимост от трудовите му задължения и определената ОАР в помещението за целия период на измерване. Измерването на ОАР е проведено за шест месеца, обхващащи вариациите на радон през зимен и пролетен сезон. Определените ОАР са консервативни поради обхващане на зимния период на измерване. В работни помещения, основния фактор, който оказва влиание на нивата на радон е наличието и използването на вентилационна система по време на процеса на работа. В този контекст, можем да считаме измерените 6-месечни стойности на ОАР за работните помещения съизмерими с годишните. Режима на работа на някои длъжности в СБР-НК изисква престой в различни помещения по време на трудовия процес, а някои длъжности обслужват част от комплекса на болницата или целия, като санитари или техническа поддръжка. За тези длъжности, оценката на дозата е извършена на база средно-аритметичната стойност на ОАР за обслужваните помещения. Ефективната доза за работниците с непостоянно работно място в СБР-НК е определена, като сума от дозите за реалния престой в помещенията, съгласно попълнената анкетна карта за длъжностите от служителите в съответните филиали. При установяване на годишна ефективна доза по-голяма от 4 mSv е обработен спектъра на ОАР, набран с директините измервания, за оценка на съотношението на ОАР през работните и неработните часове, което позволява по-детайлен анализ на облъчването.

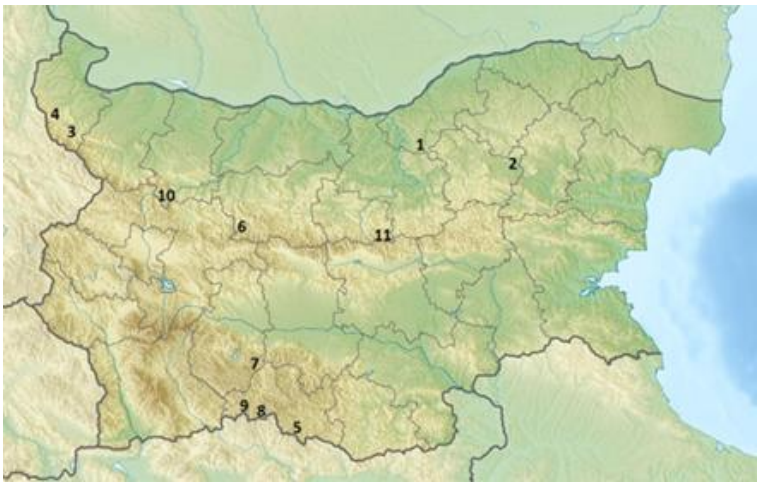
Оценената ефективна доза от радон за работещите СБР-НК, не надвишава 6 mSv с изключение на работещите във филиал „Момин проход“. За намаляване на ОАР, съответно облъчването на персонала във филиал Момин проход е необходимо

вентилационната система да се поправи и да функционира по време на работните часове. За проверка на ефективността на работа на вентилационната система и за проверка на индивидуалната ефективна доза на работниците, следва да се проведе ново измерване на ОАР. При надвишаване на ефективната доза от 6 mSv за период от една година, въпреки предприетите мерки, следва да се подходи като към ситуация на планирано облъчване и да се прилагат подходящи за конкретния случай мерки за радиационна защита, съгласно чл. 47 и чл. 95 от Наредба за радиационна защита 2018. При промяна на условията на работа, оценката на обемната активност радон в помещенията на филиалите на СБР-НК, следва да бъде актуализирана. В съответствие с чл. 47 и чл. 95 от Наредбата за радиационна защита облъчването от радон на работните места в процедурните помещения на филиалите подлежат на периодичен преглед и оценка.

Туристически пещери в България

Туристически пещери в България са обследвани по спецелен проект научен проект No КП-06- Н23/1/07.12.2018 по Фонд Научни изследвания на тема: „Изграждане на модели за оценка на здравния риск от радон в сгради с обществен достъп за дългосрочни социални ползи“. Резултатите са публикувани в научни списания. Издадени са протоколи и са представени на управителите на пещерите.

През 2019 г. и 2020 г. бяха извършени пасивни измервания на концентрацията на радон за период от цяла година, като специалисти от НЦРРЗ посетиха всички пещери и поставиха детектори тип RSFW, които са със защита от вода и влага. Обследвани са 11 пещери: Орлова чука, Бисерна, Венеца, Магура, Ухловица, Съева дупка, Снежанка, Дяволско гърло, Ягодинска, Леденика и Бачо Киро, разположението на територията на България е представено на Фигура 33 с техните кодове.



Фигура 33. Местоположение на изследваните пещери, обозначени с техните кодове

В Дунавската равнина са разположени две пещери (№1 Орлова чука и №2 Бисерна), в Стара планина и Предбалкана – пет (№3 Венеца, №4 Магура, №6 Съева дупка, №10 Леденика и №11 Бачо Киро) и четири пещери на Родопи (№5 Условица, №7 Снежанка, №8 Дяволско гърло и №9 Ягодинска пещера). Според административното деление на страната пещерите, изследвани за ОАР, са разположени в 8 области на България, като три от тях са в област Смолян, две са в област Видин и по една съответно в области: Враца, Ловеч, Габрово, Русе, Шумен и Пазарджик.

Специално за изследването е изготвен въпросник (анкета), описващ подробно изследваните пещери. Участниците в изследването са попълнили подробната анкета. Въпросникът включваше въпроси по следните теми: 1. Географско местоположение на туристическата пещера и фирма, отговорна за нейното управление; 2. Характеристики и данни за пещерата, включително вида на обекта, температурата на въздуха, влажността и др.; 3. Информация за посетителите, а именно време, прекарано в пещерата, брой посетители, продължителност на маршрута за туристи и други, както и 4- информация за персонала: брой работници, време, прекарано в пещерата и време за почивка. Детекторите са поставени в главните галерии на изследваните пещери, от входа до най-дълбокото

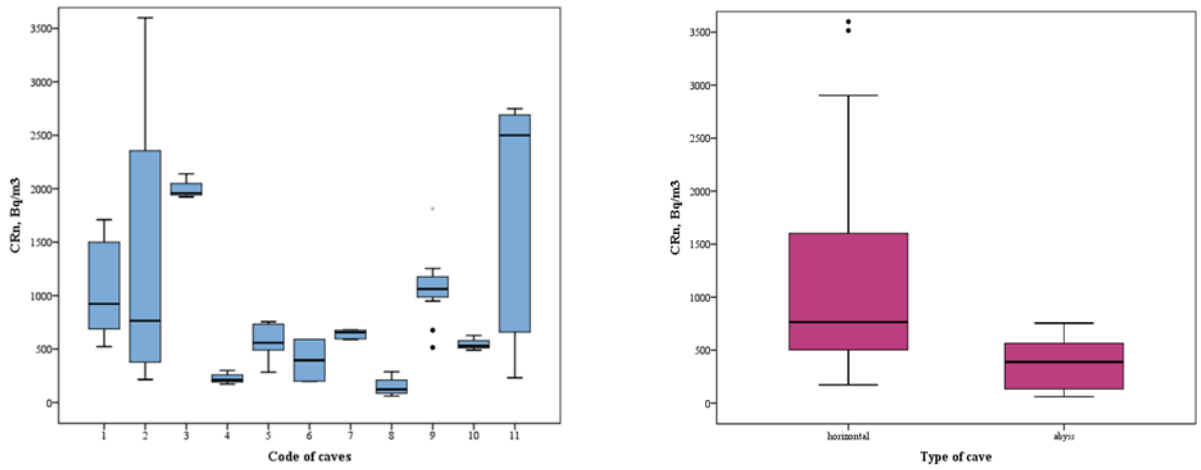
място на всяка пещера. Броят и разпределението на детекторите са избрани, като се вземат предвид характеристиките на пещерите и целта на изследването.

Дескриптивната статистика на 77 пасивни измервания на ОАР в 11 туристически пещери е представена в таблица 13. Получените средноаритметична стойност и стандартно отклонение на ОАР са съответно 1004 Bq/m^3 и 852 Bq/m^3.

Таблица 13. Дескриптивна статистика на измерванията на ОАР в туристически пещери

Статистически параметри	**Обемна активност на радон**
Брой измервания	77
Средно аритметична стойност, Bq/m^3	1004
Медиана, Bq/m^3	681
Стандартно отклонение, Bq/m^3	852
Минимална стойност, Bq/m^3	61
Максимална стойност, Bq/m^3	3599
Коефициент на вариация, %	85

Анализираните ОАР в проучените туристически пещери с техните кодове са представени на фигура 34. Най-високото съдържание на радон от 3599 Bq/m^3 е установено в пещера Бисерна.



Фигура 34. Разпределение на средните стойности на ОАР в туристическите пещери (ляво) и вид на пещерата (дясно)

Установена е статистически значима разлика между концентрациите на радон в пещерите (KW, p > 0.0001). Голямата разлика в стойностите на ОАР вероятно се влияе от различни фактори, като: ориентацията на пещерите спрямо земната повърхност (хоризонтална и пропастна), броя на входовете/изходите и нивата, както и географското разположение. Влиянието на тези параметри е анализирано, чрез прилагане на статистически тестове. Влиянието на вида на пещерата е извършено, като са анализирани 67 резултати за хоризонтални пещери и 10 за пропастни (фигура 34). Приложен е

непараметричен тест на Mann-Whitney и е открита статистически значима разлика между тези две групи (MW, p = 0,004). Това предполага, че ориентацията на пещерата вероятно влияе на нивата на радон в тях. Пещерите, които са пропастни, имат повече от два пъти по-висока стойност на ОАР (АМ = 1094 Bq/m^3) в сравнение с тези, които са хоризонтални (АМ = 397 Bq/m^3).

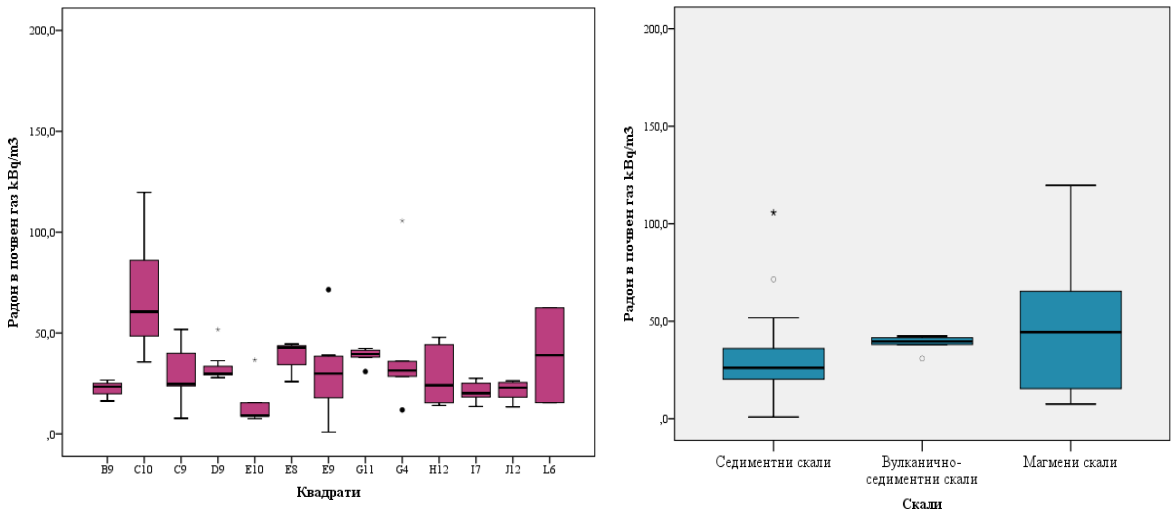
Измерванията на ОАР в туристически пещери, които приемат посетители варират в границите от 61 Bq/m^3 до 3599 Bq/m^3. Въз основа на проведените изследвания в повечето туристическите пещери (с изключение на Магура и Дяволско гърло) е ОАР са с висока стойност, надвишаваща референтното за страната ниво (300 Bq/m^3). Една от възможните мерки за контрол на облъчването с радон на работниците и посетителите е намаляване на времето, прекарано в пещерите.

Индикатор за изпълнение: *Брой идентифицирани работни места. Брой проведени измервания*

Изпълнение: *Идетентифицирани са два типа работни места, в които следва да се провежда мониторинг на нивата на радон и оценка на дозата. Извършените измервания са приблизително 500 броя пасивни измервания и 30 броя директни измервания.*

3.5. Проучвания на радон в почвен газ, радон във вода, строителни продукти, които могат да повлияят на концентрацията на радон в сгради и др.

Дейността не е финансирана по националния план. За изпълнението ѝ е спечелен през 2019 г. и се изпълнява научноизследователски проект на Фонд научни изследвания на тема: „Геогенни изследвания на радоновия потенциал за оценка на радоновия индекс при строителство на нови сгради“. Проучванията са започнали в област Сливен, тъй като в нея са проведени подробни измервания в жилища и е изготвена карта на областта. Квадратите, от картата, за които има измервания (94) включват всички населени места в областта и те са взети, като единици за вземане на проби, наречени полигони за проучване. Квадратите, в които няма измервания на радон в жилища ще бъдат използвани за валидиране на метода през втория етап на проекта. За периодът от 19 до 23 юли 2021 г. са обследвани 10 полигона на територията на област Сливен. Комбинираните полеви измервания 66 броя са извършени на всеки един от параметрите: обемна активност на радон на открито и в почвен газ, газовата пропускливост на почвата, обемната активност на радон във въздух на открито и мощност на дозата гама лъчение във въздух. Резултатите за обемната активност на радон в почвен газ по полигони и по групи видове скали са представени на на фигура 35. По време на проучването се извършват допълнителни измервания на радон на открито и мощност на дозата гама лъчение във въздух. Целта на тези измервания е да се анализира корелацията на параметрите, които могат да бъдат показателни за радоновия потенциал на терена.



Фигура 35. Обработени резултати за радон в почвен газ в ляво по полигони и в дясно по видове скали за област Сливен

Измерванията продължават по проекта, който е финансиран за втори етап на изпълнение. През този етап ще бъде проведен анализ на резултатите и положено началото за подготовка на методика за определяне на геогенния радонов потенциал.

Благодарение на проекта по ФНИ са оборудвани две лаборатории (в НЦРРЗ и Геологическия факултет на БАН) за провеждане на измерване на радон в почвен газ и прокускливостта на почвата за оценка на радоновия индекс, необходим за предприемане на превантивни мерки при ново строителство.

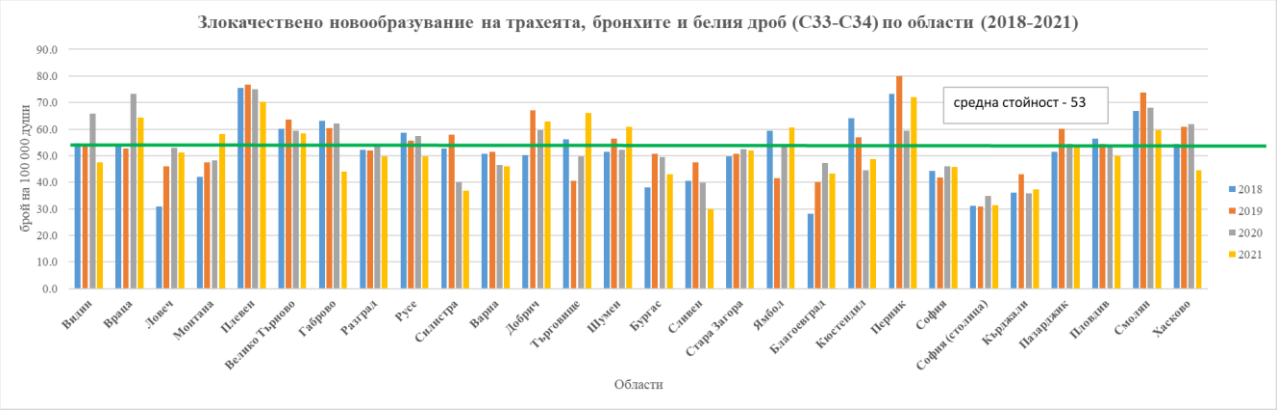
3.6. Епидемиологични проучвания за оценка на заболеваемостта в дадена област и възможността им да се използват като ориентир за последващ анализ на резултатите от изпълнение на програми за намаляване на концентрацията на радон.

Световните организация, като Международната комисия за радиационна защита, Световната здравна организация, Международната агенция за атомна енергия и други, основават своите препоръки на три изчерпателни публикации, които са предоставили съвместни анализи на данни от вътрешни проучвания случай-контрол за Европа на Darby et al. (11), Северна Америка на Krewski et al., (12) и Китай на Lubin et al., (13). Анализите демонстрират повишен риск от рак на белите дробове с нарастваща обемната активност на радон в жилището, като се имат предвид облъчването за период от 30 години, преди поставянето на диагнозата. Оценките за увеличаване на рака на белия дроб на единица концентрация в трите съвместни анализа са много близки и статистически съвместими: получените стойности са 1.08, 1.10 и 1.13 на 100 Bq/m^3 съответно от Европа, Северна Америка и Китай. Комбинираната оценка, изчислена за проучванията в тези три географски области, е 1.09 на 100 Bq/m^3. Всички тези резултати са получени след коригиране на навиците за пушене. Наклонът на линейната връзка облъчване-реакция се увеличава леко до 1.11 на 100 Bq/m^3, когато анализите се ограничават до случаи и контроли с по-пълна оценка на кумулираното индивидуално облъчване. Епидемиологичното проучване в Европа на Дарби и колектив (11), оценява, че рискът от

рак на белия дроб се увеличава с 8% за 100 Bq/m^3 обемна активност на радон (95% доверителен интервал 3% - 16%).

Епидемиологичните проучвания за рисковият фактор „облъчване с радон“ изискват много голям обем от изследвани обекти и много усилия и съответното финансиране. За постигане на необходимата достоверност следва да се елиминира факторът тютюнопушене и съответно да оцени допълнителното увеличение на риска, за образуване на злокачествено новообразование.

Въз основа на данните от националния статистически институт е анализирана смъртността от злокачествено новообразувание на трахеята, бронхите и белия дроб (С33-С34) по области (2018-2021) по области. Данните са представени на фигура 36.



Фигура 36. Смъртност от злокачествено новообразувание на трахеята, бронхите и белия дроб по области за 2018-2021 г. на 100000 души

Злокачествените новообразования над средното ниво на 100000 души за анализирания период са в област Плевен, Добрич, Перник Смолян. Проучванията на обемна активност на радон в детските градини, които са проведени през периода 2018-2022 показват високи стойности на средните нива на обемната активност на радон в Смолян и Добрич. Доказването на връзката, изисква допълнителни проучвания, както и оценка въз основа на модели, по които се предвижда да се работи през следващия период на Националния план.

Оперативна цел 4

Технически правила и норми при проектиране и реконструкция на сгради.

Към тази оперативна цел за заложени 5 приоритета, както следва:

4.1 Обучение на професионалисти в строителния бранш участващи в процеса на изграждане на сгради: „от проект до ключ“.

4.2 Създаване на работещ механизъм за прилагане на коригиращи действия в сгради, оценка на най-добри практики за ефикасно и икономично снижаване на нивата на радон в сгради, включително система за контрол в това число и предварителен контрол на вложените строителни материали.

4.3 Механизъм за провеждане на ефективни коригиращи действия в обществени сгради в това число училища, детски градини, болници, домове за възрастни хора и други, в

които са констатирани високи стойности на концентрацията на радон в закрити помещения.

4.4 Механизъм за финансова подкрепа за изследвания на концентрацията на радона и за коригиращи мерки, когато е уместно; например: частни жилищни сгради с особено високи концентрации на радон в закрити помещения.

4.5 Създаване на система за предоставяне на детектори за оценка на ефективността на коригиращите действия за намаляване на концентрацията на радон

Министерство на регионалното развитие и благоустройството е подготви Наредба за техническите изисквания към сградите за защита от радон, която през 2019 г. бе приета от Министерски съвет и публикувана в ДВ, бр. 33 от 2019 г.. Изискванията на наредбата се прилагат при изпълнение мерки към сградите за защита от радон на нови сгради, както и при основно обновяване, реконструкция, саниране, основен ремонт или преустройство, за което се изисква разрешение за строеж, на съществуващи сгради и съоръжения.

Компетентната институция –МРРБ, счита че т. 4.2 и т. 4.3 са обхванати в действащата Наредба за техническите изисквани я към сградите за защита от радон, приета от Министерски съвет (ДВ, бр. 33/2019г.). Предприемането на конкретни коригиращи мерки е нормативно узаконено в Наредбата. Изпълнението на тези противорадонови мероприятия е задължение на собственика или ползвателя на конкретната сграда. Мерките зависят от измерената обемна активност на радон, и вида на сградата и се проектират съгласно Наредбата. Във всички отчети от проведени проучвания по области се съдържа подробна информация за резултатите, анализа на резултатите и заключенията, които следва да бъдат взети под внимание при прилагане на мерки за защита на сградите.

По т. 4.5 системата за предоставяне на детектори за оценка на ефективността на коригиращите действия за намаляване на концентрацията на радон е създадена и в момента се прилага, при предоставена информация за конкретно приложените мерки.

В обучението на магистрите по специалност „Топлотехника“ в Техническия университет – София е включена тема за техническите норми при проектиране и реконструкция на сгради, с цел защита от радон.

Камарата на инженерите в инвестиционното проектиране започна информационни кампании за новото законодателство в регионалните си поделения, като през периода се проведоха в Пловдив и Велико Търново.

Индикатор за изпълнение: прилагане на противорадонови мероприятия в най-малко 5% от обществените сгради, в които са установени концентрации над 300 Bq/m^3.

Изпълнение: Към момента не е постигнато пълно изпълнение на индикатора в Стратегията, което ще бъде приоритет за следващите 5 години. Една от причините е затрудненото популяризиране на мерките сред строителните експерти, предвид ситуацията с Ковид – 19. През 2023 г. е проведен курс по европейска програма за обучение на членове на Камарите на архитектите и инженерите в инвестиционното проектиране, за прилагане на техническите изисквания за защита на сградите от радон. Същия курс е планиран и за 2024 г.

Оперативна цел 5

Подобряване на обществената осведоменост за здравния риск от радон и възможностите за редуцирането му.

Комуникацията на здравния риск, като фактор за възпитаване и култивиране на здравословен начин на живот, отдавна е идентифицирана в арсенала на профилактичната медицина и програмите за промоция на здравето. Мисията на комуникационната стратегия за радон е да информира населението за вредния фактор, начините на измерване и намаляване на концентрацията на радон в сгради за подобряване на качеството на въздуха в тях. За реализирането й до момента бяха използвани следните основни подходи:

• *Създаване и поддържане на Интернет страница на програмата.*

В крак с новите тенденции в областта на комуникацията беше обновен публичния сайт на Националната програма за популяризиране целите на програмата http://www.radon.bg/ (Снимка 9).



Снимка 9. Интернет страница на сайта на Национална Стратегия и план (http://www.radon.bg/)

Изискването беше да отговаря на разнообразна целева аудитория – граждани, строителни специалисти, специалисти по трудова медицина, работодатели, печатни и електронни медии. Сайтът е с комбинирано статично и динамично генерирано съдържание. В статичните страници са включени материали представящи програмата; отчети и резултати; научно-популярни материали; линкове към научни публикации; участници в националната програма и контакти. В динамичните страници могат да се появяват записи от изграждащите се регистри: Публичен национален регистър на лаборатории и експерти с призната компетентност за измерване на радон в обществени и жилищни сгради и Форма за заявка от потребителите за измерване на радон. Публичният сайт се предвижда да предоставя възможност за връзка към GIS система, с която може да се разработи в бъдеще и радонова карта на Република България. Информацията се показва на български и английски език.

• *Повишаване информираността на населението*

В хода на изпълнение на плана, като част от разработената комуникационна стратегия бяха идентифицирани различни целеви групи със съответните специфичните особености, приоритети и функции. В този контекст се прилагаха различни подходи за предоставяне на информация за вредното въздействие на високите нива на радон, начините за провеждане на измервания на обемната активност на радон (ОАР) и прилагане на мерки за редуциране й.

На фигура 37 е представена информация за реализираните комуникационни дейности от РЗИ през периода на действие на Националния план. Най-често използваният способ за предоставяне на информация е провеждане на „информационни дни“ и „изготвяне на информационни материали“. На трето място – „брой публикации на интернет страницата“.



Фигура 37: Реализираните комуникационни дейности от РЗИ

Наред с вече доказалия се способ за предоставяне на информация чрез печатни материали (брошура и книжка), които се раздават на всеки участник в измерванията, в процеса на изпълнение на задачите по Националния план се опитахме да въведем и нови методи на общуване с целевите групи.

Реализиране на информационни дни

Натрупаният опит в периода на изпълнение на първата Национална програма доказа ефекта на непосредствения контакт на изпълнителите на програмата с аудиторията. Така се осигурява възможност за отговор на въпроси и обратна връзка.

През 2019 година на работните срещи за раздаване на детектори при проучването на училищата и детските градини в шест областни града на страната: Перник, Кърджали, Варна, Враца, Монтана и Ловеч бяха организирани и срещи, като информация беше предоставена на приблизително **400 работещи в сферата на образованието.**

Участие в "Пролетен фестивал на науката" в София - посетен от приблизително 5000 души (по данни на организаторите). През фестивалните дни имаше повишен интерес

към Националният план действие за намаляване на риска от облъчване от радон. Експертите от НЦРРЗ, „лице в лице “предоставяха информация на всеки проявил интерес. Организаторите на форума ни дадоха възможност да изнесем презентация на тема „Радонът тихият съквартирант”, в която запознахме посетителите какво е радон; какъв е риска от облъчване; начините за измерване и мерките за редуцирането на високите концентрации в жилища.

Европейския ден на радон

Европейската асоциация на радон (ЕРА) е определила 7 ноември (рождения ден на двукратната носителка на Нобелова награда Мария Кюри), за Европейски ден на радон. Целта е да се информират гражданите на ЕС, относно рискът за здравето от облъчване от радон. Популяризирането е с цел подкрепа на национални и регионални планове в отделните държави-членки, в решаването на проблема за намаляване на нивата на радон в сгради. Всяка година се избира различна тема и се изготвят графични материали.

Материали за отбелязване на Европейския ден на радон се публикуват ежегодно на фейсбук страницата „Национална стратегия Радон“, на интернет страницата на НЦРРЗ (http://www.ncrrp.org/new/bg/Evropeyski_den_na_radon-p1748) и на официалната страница на НП „Радон“ - http://www.radon.bg/ .

През 2019 г. темата беше „Ефективна профилактика на радон в нови сгради“ и „радон на работното място“ (Снимки 10).





Снимки 10 Материали изготвени на български език от ERA

Европейската асоциация на радон е изготвила брошури на различни езици (Снимка 11).



7 ноември - Европейски ден на радона 2021 г.

Радонът е естествен радиоактивен благороден газ, който е дъщерен продукт при разпада на радия от уран-238 радиоактивното семейство, намиращ се в обширен спектър от скали и почви и варира в широки граници в зависимост от геологията. Радонът лесно се разпространява с почвения газ в пропускливи почви и излиза на повърхността. Попаднал на повърхността се разсейва на открито, но може да се концентрира в сгради, където допринася с около 50% от средната годишна доза на населението.

Увеличаването на облъчването от радон е свързано с повишен риск за заболяване от рак на белите дробове. Радонът е фактор номер едно за хора, които никога не са пушили, също така е вторият по значимост фактор, след тютюнопушенето.

Единственият начин да се разбере обемната активност на радон в помещенията, които обитавате, е да се извърши измерване!

За да се определи нивото на радон в определено помещение, е необходимо да се измери обемната активност на радон. Обемната активност на радон във въздуха се измерва в Бекерел на кубичен метър (Bq/m^3). Референтното ниво, съгласно Наредбата за радиационна защита, за средногодишната обемна активност на радон във въздуха на жилищни и обществени сгради е 300 Bq/m3. Референтно ниво означава, че облъчването, над тази стойност изисква предприемане на действия за намаляване на обемната активност на радон.

Филтърни дифузионни камери с полимерни чипове

Намаляването на нивата на радон може да се осъществи лесно, ефективно и сравнително евтино, чрез технически мерки. С Наредба № РД-02-20-1 от 2019 г. за техническите изисквания към сградите за защита от радон (ДВ, бр. 33 от 19.04.2019 г.) на Министерство на регионалното развитие и благоустройството, са определени видовете мерки, които могат да се прилагат за намаляване на нивата на радон в сгради.

Снимка 11. Информационен материал за 7 ноември Европейски ден на радон 2021 г.

Изработването на информационни материали винаги е било част от стратегията ни за комуникация на радоновия риск. Започнахме с диплянки и книжки, чието съдържание периодично променяхме. За целта, събирахме коментари при всички провеждани обучения и срещи. На следващия етап, решихме да създадем демонстрационен модел на сграда с пътищата на проникване на радон и начините за редуциране на нивата му (Снимка № 12). От една страна това осигурява по-добра визуализация на представяната от нас информация. От друга – този модел е далеч по атрактивен за представителите на медиите, които разпространиха филм за срещата.



Снимка № 12. Демонстрация на пътищата на проникване на радон в сгради

Изработени са рол - банери за популяризиране на дейностите по Националния план (Снимка 13), които ще се използват при провеждане на срещи с различни целеви групи. През 2020 г. мотото на Европейския ден на радон беше „Радонът и качеството на въздуха в помещенията“ (Снимка 14).

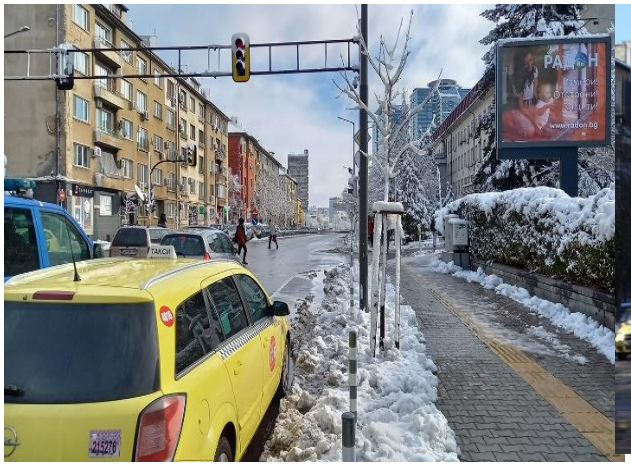
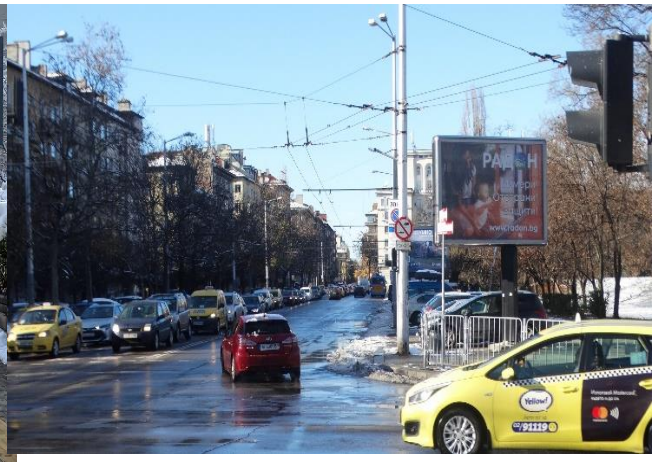


Снимка 13. Рол - банер



Снимка 14. Плакат за Европейския ден на радон

През 2021 г. стартирахме използването и на други информационни канали за осведомяване на обществеността - външна реклама поставена на билбордове в София. Билбордовете са поставени на четири различни места в столицата, за период от две седмици през декември 2021 г., месеци март и май 2022 г. (Снимки 15).

Снимки 15 Билбордове в София

Едно от златните правила на всяка комуникационна стратегия е добрата работа с медиите. През изминалите седем години положихме не малко усилия за създаване на взаимно изгодно партньорство и можем да се похвалим с определен успех. За доказателство представяме интервю, инициирано от екипа на БНР, програма Хоризонт. В анонса беше представена кратка информация, подготвена от журналистите, която напълно отговаря на комуникационните нужди на програмата. В карето сме представили текста.

Радонът е естествен радиоактивен газ и присъства в природата, независимо от човешката дейност. Той се образува при разпадането на урана в почвата, скалите и водата, откъдето постъпва във въздуха. Радонът бързо се разпада на радиоативни частици, които се отлагат по прашинките, носещи се във въздуха, вдишват се и така се отлагат по дихателните пътища и белите дробове. Опасността за здравето на човека се дължи на тези радиоактивни разпадни продукти. Единственият начин да се установят повишени концентрации на радон е чрез специализирано измерване.

Облъчването на човека от радон е предимно в жилища. Нивата на радон се изменят непрекъснато, както през денонощието, така и през различните сезони. През зимата постъпването на радон в жилищата е около 4 пъти по-интензивно в сравнение с лятото. При често отваряне на врати и прозорци концентрацията на радона спада до тази във външния въздух. През зимния сезон, когато помещенията се проветряват по-рядко и прозорците са уплътнени, е възможно да се регистрират завишени стойности.

Анализ на ефективността на комуникационната стратегия

През отчетния период бяха проведени поредица от проучвания на общественото мнение и нагласите на целевите групи, с цел подобряване на комуникационна стратегия.

Анкетата на около 880 посетители в "Пролетен фестивал на науката" в София показа, че 70% от всички участници в анкетата „лице в лице“, знаят какво е радон, но относително малък процент от хората, които са „чували за радон“, го определят като причина за възникване на рак на белите дробове. Процентът на анкетираните, които имат повече познания за източника и потенциалните ефекти, нараства с увеличаване на образователното ниво и е свързан с професията. Малко повече от половината от тези, които знаят, че радонът е вреден, са склонни да тестват дома си (14). Главният извод в публикацията е, че бъдещата работа по комуникационната стратегия на Националния план за действие за намаляване на риска от облъчване от радон следва да се насочи не само към повишаване на осведомеността, но и към персонализиране на съобщенията за риск и видовете комуникационни канали, което да мотивира населението да предприеме подходящи действия и да запази здравето си.

Публикуваното от колегите ни накара да приложим нови варианти за комуникация, като наблегнем на ***работни срещи***, позволяващи на аудиторията да задава въпроси и да се получи диалог. На този вид комуникация заложихме при планираните обследвания на училища и детски градини, като сгради с особен статут (с висок фактор на пребиваване). Друга причина да заложим на този вид комуникация е особената среда в училище: от една страна става дума за риска за здравето на деца, към което обществото проявява особена чувствителност, от друга страна учителят може да бъде медиатор на информацията. През 2019 г. проведохме работна среща в гр. Перник, с участието на експерти от НЦРРЗ, областния координатор и представители на училищата и детските градини, които бяха обследвани. Запознахме участниците с целите на Стратегията и Националния план, основните здравни рискове и възможностите за намаляването им.

Проведохме обучение за осъществяване на самото проучване и отговорихме на въпроси от аудиторията (*Снимка №16*). Подобни срещи бяха проведени в Кърджали (*Снимка №17.),* Варна, Враца, Монтана и Ловеч.





Снимка №16. Работна среща в Перник

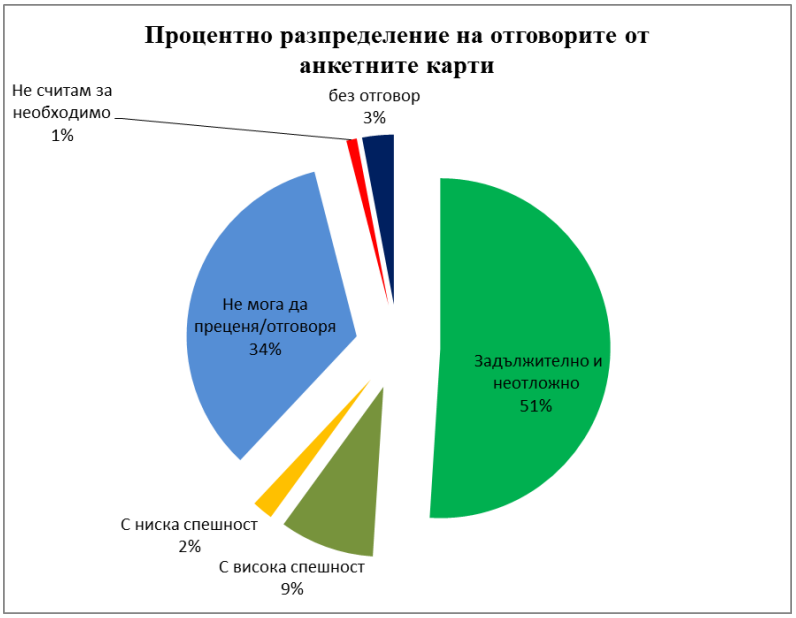
Снимка №17. Работна среща в Кърджали

Разпространяваната системно информация за риска от радон имаше неочакван резултат - Частна профилирана гимназия с чуждоезиково обучение, с. Челопеч прояви интерес за провеждане на проучване на ОАР. Ръководството на училището беше обвързало проучването със стимулиране на научното развитие на учениците. По тяхна инициатива посетиха лабораторията в НЦРРЗ, като се запознаха с използваните методи за измерване на ОАР и апаратурата в нея. Учениците участващи в провеждане на проучването на ОАР са спечелили първо място в Национално състезание по природни науки и екология в град Търговище. Спечелилият проект, от втората възрастова група (8-12 клас), е на тема „Радонът – невидимата заплаха“ (*Снимка №18*).



Снимка №18. Екипът изготвил проекта „Радонът – невидимата заплаха“

При провеждане на задълбочено проучване на жилищата в област Сливен потърсихме отговор на въпроса, „изпълнение на предписаните мерки за защита“ при констатирани високи нива на радон (Фигура 38).



Фигура 38. Процентно разпределение на отговорите за изпълнение на предписаните мерки за защита на участниците в детайлното проучване на ОАР в област Сливен

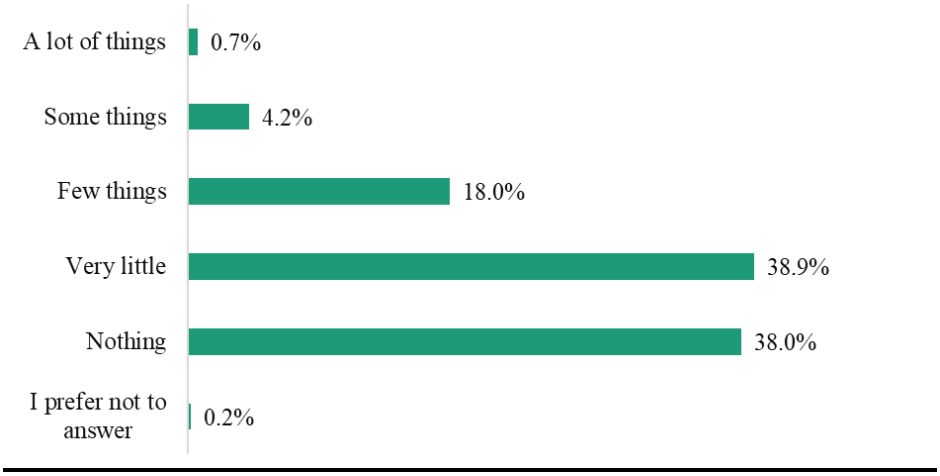
От анкетираните 637 обитатели на измерените за ОАР жилища в област Сливен, 51% са отговорили, че ще изпълнят предписаните мерки „задължително и неотложно“, 9 % смятат че е „с висока спешност“ и само 2% „с ниска спешност“ (Фигура 38).

Повече от половината анкетирани, живеещи в общини Сливен и Нова Загора – 54%, и община Котел - 51 %, са на мнение че трябва защитните мерки за радон да се предприемат „задължително и неотложно“. Въпреки по-ниският процент за „задължително и неотложно“ изпълнение на предписаните мерки в община Твърдица (35%), нито един от обитателите на измерените жилища на територията на общината не е отговорил на въпроса, че „не счита за необходимо“ да предприеме действия за защита. Причината за констатираният висок процент жители на област Сливен, които смятат че изпълнението на мерките за защита трябва да се извършат задължително и неотложно или с висока спешност, най-вероятно се дължи на факта, че информационните кампании по населени места са извършени от хора, които са с авторитет сред местното население, на които най-вероятно обитателите на измерените жилища имат доверие.

През 2020 г. беше стартирано представително он-лайн проучване на информираността на населението, относно радон, като рисков фактор за здравето по Проект STEAM (Share, Team-up, Engage, Analyze, Monitor), което се провежда едновременно в 28 европейски държави. Въпросите в анкетната карта са идентични, като са адаптирани за всяка отделна държава. Включени са въпроси свързани с общото здравословно състояние на българското население, информираността относно радона и възприемане на рисковете от него. Целта на проучването е да предостави информация, която да ни помогне да разработим мерки за намаляване на тежестта от рисковете за здравето като цяло, и по-специално от радона. Ще спомена само част от получените резултати:

- Независимо от провежданите информационни кампании за риска от радон, той все още не е разпознаваем фактор в съзнанието на българските граждани. Основните фактори, които застрашават здравето на българина, спонтанно идентифицирани в анкетата са: стрес; нездравословна храна и хранене; пушене и замърсен въздух.
- Общата осведоменост за радона и свързаните с него рискове е много ниска сред пълнолетното българско население: 77% от населението признават, че не знаят нищо или много малко за радона; 78% от населението не знае нищо или много малко за рисковете за здравето от радоновото лъчение. Най-информирани са хората на възраст над 65 години.
- Повечето от хората не биха тествали дома си за радон, но биха предприели действия в случай на високи нива на радон в дома им.
- Интернет, следван от социалните медии, са основните източници на информация относно рисковете за здравето. Приятелите и семейството, личният лекар и телевизията са други важни източници на информация за населението.

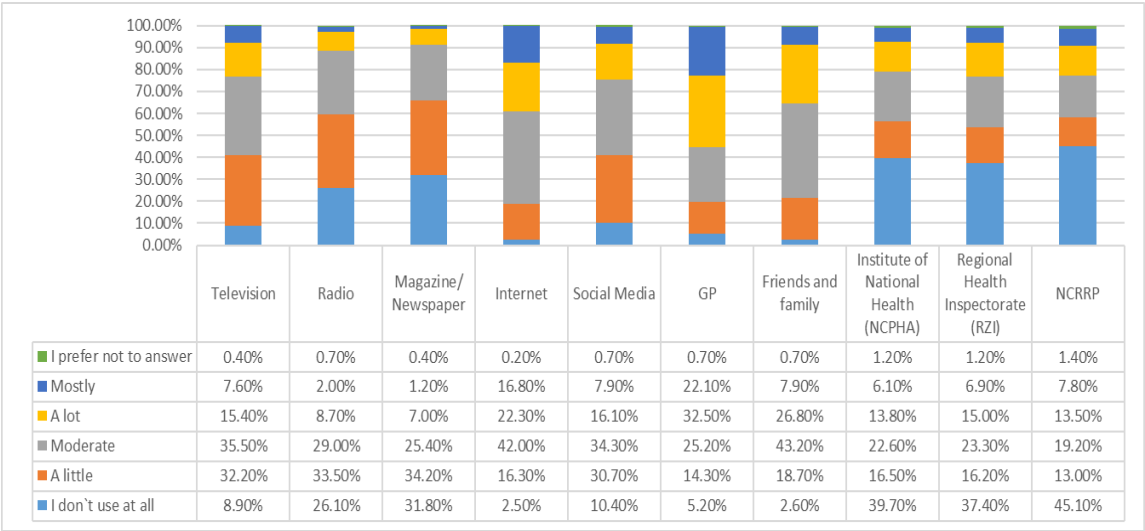
На фигура 39 сме представили обощените отговори на въпроса „Колко, бихте казали, че знаете за радона“



Фигура 39: Самоценка на познанията за радон

76.9% от анкетираните български граждани споделят, че знаят много малко или нищо за радона, което е индикация, че трябва да се продължи с „информационно – обучителното“ направление в комуникационната стратегия, като се използва всяка възможност за обясняване на рисковете за здравето от облъчване с радон и се наблегне на срещите „лице в лице“.

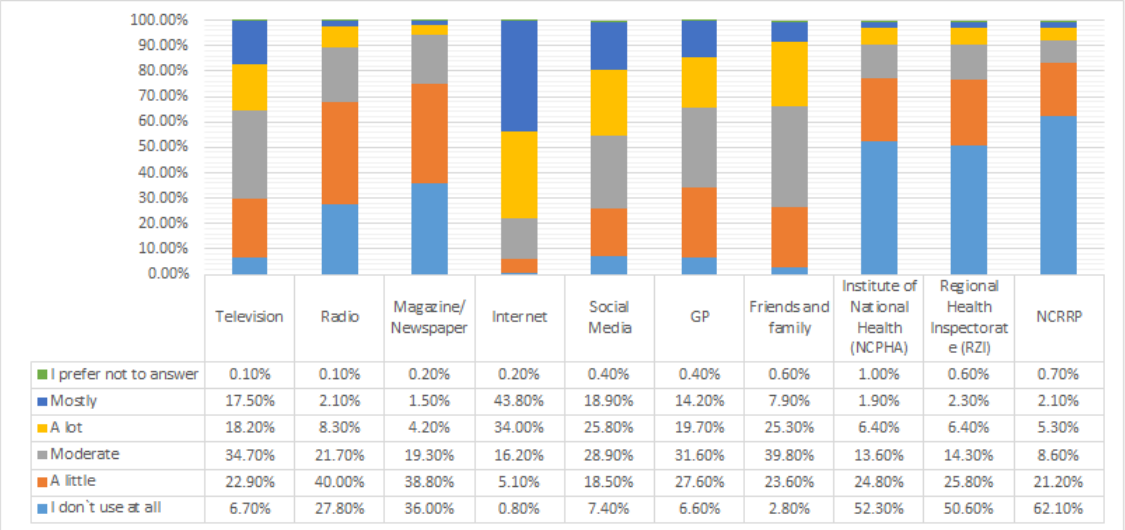
В проучването отново анализираме предпочитаните източници на информация относно риска за здравето (фигура 40) и доверието в тях (фигура 41).



	Television	Radio	Magazine/ Newspaper	Internet	Social Media	GP	Friends and family	Institute of National Health (NCPHA)	Regional Health Inspectorate (RZI)	NCRRP
I prefer not to answer	0.40%	0.70%	0.40%	0.20%	0.70%	0.70%	0.70%	1.20%	1.20%	1.40%
Mostly	7.60%	2.00%	1.20%	16.80%	7.90%	22.10%	7.90%	6.10%	6.90%	7.80%
A lot	15.40%	8.70%	7.00%	22.30%	16.10%	32.50%	26.80%	13.80%	15.00%	13.50%
Moderate	35.50%	29.00%	25.40%	42.00%	34.30%	25.20%	43.20%	22.60%	23.30%	19.20%
A little	32.20%	33.50%	34.20%	16.30%	30.70%	14.30%	18.70%	16.50%	16.20%	13.00%
I don`t use at all	8.90%	26.10%	31.80%	2.50%	10.40%	5.20%	2.60%	39.70%	37.40%	45.10%

Фигура 40: Предпочитаните източници на информация относно риска за здравето

Отговорите показват, че интернет, следван от социалните медии, са основните източници на информация относно рисковете за здравето.



	Television	Radio	Magazine/ Newspaper	Internet	Social Media	GP	Friends and family	Institute of National Health (NCPHA)	Regional Health Inspectorate (RZI)	NCRRP
I prefer not to answer	0.10%	0.10%	0.20%	0.20%	0.40%	0.40%	0.60%	1.00%	0.60%	0.70%
Mostly	17.50%	2.10%	1.50%	43.80%	18.90%	14.20%	7.90%	1.90%	2.30%	2.10%
A lot	18.20%	8.30%	4.20%	34.00%	25.80%	19.70%	25.30%	6.40%	6.40%	5.30%
Moderate	34.70%	21.70%	19.30%	16.20%	28.90%	31.60%	39.80%	13.60%	14.30%	8.60%
A little	22.90%	40.00%	38.80%	5.10%	18.50%	27.60%	23.60%	24.80%	25.80%	21.20%
I don`t use at all	6.70%	27.80%	36.00%	0.80%	7.40%	6.60%	2.80%	52.30%	50.60%	62.10%

Фигура 41: Доверие в различните източници на информация

Недоверието към структурите на обществено здраве варира между 37 и 45%. Най-важният резултат, който трябва да се има предвид при изграждането на нова комуникационна стратегия, е фактът, че близо 40% от анкетираните декларират, че се информират за рисковете за здравето от общопрактикуващите лекари (ОПЛ), а доверието в тях е над 50% (54,5%).

Независимо от влаганите средства (макар и ограничени като обем) и усилията на специалистите от НЦРРЗ, РЗИ и структурите по обществено здраве, те не са разпознаваеми за аудиторията, когато се търси информация за риска за здравето. Вероятните причини могат да бъдат: съществуващото недоверие по принцип към институциите или недостатъчни усилия за налагане на разпознаваемост на тези субекти. Значение има и качеството на провежданите кампании, например неизползване на съвременни медии, като фейсбук и интернет. Това се потвърждава и от отговора на въпроса, кои са предпочитаните източници: 43.8% посочват интернет, 18.9% - социалните медии и 17.5% - телевизията. Налага се изводът, че успешна би била кампания, която се провежда в електронна среда (включително радиото не е посочено като предпочитана медия). Тези резултати поставят пред бъдеща комуникационна стратегия, няколко сериозни проблема:

1. Обективно, използването на телевизията е скъпо и обществения ресурс по Националния план не покрива изготвянето на подобни материали.

2. Съществува и субективен проблем – за да се постигне разпознаваемост в електронната среда е необходимо да се отдели човешки ресурс, за поддържане на интерактивна комуникация (например въпроси и отговори); поднасянето на материалите също трябва да бъде специфично. На практика, независимо че разполагат с компетентни специалисти в областта на превенцията на здравния риск, институциите по обществено здраве не притежават специфичните умения необходими за тази цел. Единственото решение, според нас е изграждането на работна група от експерти с различен профил.

Положителна промяна е декларираното доверие в личният лекар, което е неизползвана до момента възможност за информиране на населението.

Индикатор за изпълнение: постигане на медийно покритие, достигащо до 30% от българското население.

Изпълнение: Съгласно резултатите от проведените представителни он-лайн проучвания на информираността на българското население, относно радон, като рисков фактор за здравето, приблизително 23% от населението знаят за проблема радон. Не е достигнат заложения в Стратегията индикатор, но работата ще продължи по време на изпълнението на НП „Радон“ 2023-2027 г.

Оперативна цел 6

Създаване на система за мониторинг на концентрацията на радон в обществени сгради и на работни места.

По време на изпълнението на националния план, процедурата за измерване на радон на работни места и в обществени сгради е разработена и е приложена. Видовете работни места от индикативния списък, в които има вероятност да бъдат установени високи нива на концентрацията на радон се измерват поетапно.

При изпълнението на научен проект, финансиран от Фонд за научни изследвания е работено по тази дейност, като обществените места са класифицирани и приоритизирани за измерване. Приорититизирането на сградите е направено според функциите и тяхното обобщение. Класификацията на сградите се извършва чрез прилагане на процеса на аналитична йерархия, който е инструмент за вземане на решения с множество критерии. Анализът на множество критерии се извършва в две фази: йерархичен дизайн и оценка, като се използват точкови оценки, за да се извлекат относителните тегла на критериите и алтернативите. За степенуване и приоритизиране на сградите с обществен достъп, за провеждане на проучвания на ОАР в тях, е приложен многокритериален анализ. Многокритериалният анализ може да бъде описан чрез матрицата на алтернативите A(n x k), като ai е алтернатива с индекс i, i=1,…,n; a kj е критерий с индекс j, j=1,…,k. Множеството от индексите на алтернативите се означава с i, а индексното множество на критериите - с j. С цел по детайлна оценка, сградите за обществен достъп са разгледани по типове, а не общо по групи, защото на всеки тип от сградата могат да влияят различни критерии. Извършено е обединение на някои типове сгради по браншови признак и групи, а други не са разгледани, за опростяване на анализа, но при провеждане на проучванията те не би следвало да бъдат пропуснати. Алтернативите (ai), които са оценени при многокритериалния анализ са: проучването на ОАР следва да започне от съответния тип сграда, т.е всички обществени сгради са разгледани като отделна алтернатива за започване на проучването на ОАР в тях. Критериите, по които се извършва класифицирането на алтернативите са 5 или множеството на критерии е j=5. Основните източници на информация, които са използвани са данни от Националния статистически институт към 2017/2018 г., годишни отчетни доклади на министерства и друга публикувана информация. Данните са осреднени за всеки тип сгради, поради различния капацитет и вид, и консервативно са направени допускания при оценката на различните критерии. Първият критерий, по който са сортирани сградите с обществен достъп е времето на престой на представително лице в тях, като основен фактор за приоритизиране на

обществените сгради за провеждане на проучвания на ОАР. Оценката на приблизителният брой часове за престой в отделните типове сгради е консервативна и се основава на предположението за времето на престой на представително лице от населението в зависимост от работното време, отворените часове за посещение, както и предназначението на сградата. За по пълна оценка, с цел приоритизиране на сградите с обществен достъп са въведени критерии, които оценяват брой на населението, което ги посещава. Този критерии е свързан с оценката на колективния риск при облъчването от радон. По втори критерий „брой на население в една сграда“ и трети критерий „брой сгради“, сградите са класифицирани с цел количественна оценка на броя население, което би могло да бъде облъчено в приблизително определен брой сгради. Някои видове обществени сгради, в зависимост от предназначението им могат да съберет голям брой население в тях. Това обстоятелство е разгледано не само с втори и трети критерий, но и с четвъртият критерий процент на населението, което ги посещава за една година. Информацията за обема на населението, който е посетил даден тип сграда е взета от отчети и данни на ведомства, организиции и друга пулбична информация или е оценена приблизително по средна легловата база, брой места и капацитет и предположение на заетост през годината. Рискът от въздействие на йонизиращи лъчения върху населението се разглежда по различен начин в различните възрастови групи от населението, поради факта, че здравния ефект се появява след време (латентния период), т.е. за деца риска е по-голям от колкото за възрастни. Задачата, която е поставена за решаване чрез многокритериален анализ е избор на най-добра алтернатива и подреждането на всички алтернативи във възходящ ред или на първо място е поставен типа сгради, които следва да бъдат проучени първи. За критерии от 1 до 4 е използвана ординарната скала, при която измерваните величини се поставят на определено място в една възходяща подредба, като при тази подредба не се говори за разстоянието между величините, а само за мястото по важност, което заемат. Използван е тегловен метод, който от своя страна може да бъде причислен към методите с адитивна функция на полезност, които съдържат в себе си суми. При тегловните методи се предполага наличие на тегла на критериите, определящи тяхната относителна важност спрямо главната цел – избора на най-предпочитаната алтернатива или подреждане на сградите с обществен достъп по приоритет. Чрез индексът на предпочитание по всички критерии се измерва до каква степен алтернативата a е предпочитана пред алтернативата b, като се вземат предвид всички критерии. Матрицата на алтернативите е представена в таблица 13.

Таблица 13. Примерна матрица на алтернативите за степенуване на сградите с обществен достъп за целите на провеждане на проучване на ОАР в тях

a_i	Наименование	Критерии					Индекс на предпочитание
		Време на престой $w_1=0.5$	Брой на население в една сграда $w_2=0.1$	Брой сгради в България $w_3=0.1$	% посетители $w_4=0.1$	представително лице $w_5=0.2$	
1	Училище	4	14	9	15	2	**6**
2	Детска градина и детски ясли	3	20	10	21	1	**7**
3	Университет	5	2	19	22	16	**10**
4	Лечебни заведения за извънболнична помощ	8	17	12	24	3	**10**
5	Хосписи	13	8	8	13	4	**10**
6	Спортна и танцова зала	1	26	22	27	27	**13**
7	Стадион	11	3	14	18	17	**12**
8	Читалище	21	24	18	26	18	**21**
9	Библиотека	14	23	6	19	19	**16**
10	Театър	10	18	23	20	20	**15**
11	Опера и балет	15	11	21	10	21	**16**
12	Многофункционални зали с културно-просветно предназначение	16	7	27	17	22	**18**
13	Музей	17	12	16	11	23	**17**
14	Кино	18	4	15	5	5	**12**
15	Търговски център	19	5	20	4	6	**14**
16	Хотели и ресторанти	6	1	24	6	7	**8**
17	Клуб/Казино, игрална зала и дискотека	7	25	1	8	8	**9**
18	Летище	9	15	2	3	9	**8**
19	Железопътна гара	20	9	11	12	24	**18**
20	Автогара	27	6	25	2	10	**19**
21	Култова, религиозна сграда	22	10	13	1	11	**16**
22	Пощенска станция и палата	23	22	5	16	12	**18**
23	Затвори	24	13	3	9	13	**17**
24	СПА и уелнес център	26	19	7	14	25	**22**
25	Пещери	2	21	26	25	26	**13**

Съгласно направената оценка за класификация на обществените сгради, за провеждане на проучване на ОАР с цел оценка на риска от облъчване на населението от радон, сградите с обществен достъп се подреждат по следния ред:

Приоритизиране на сградите за обществен достъп за провеждане на проучване в ОАР.

1. Училище
2. Детска градина и детски ясли
3. Търговски обекти център
4. Хотели и ресторанти
6. Лечебни заведения за болнична помощ
7. Университет
8. Лечебни заведения за извънболнична помощ
9. Спортна и танцова зала
10. Музей
11. СПА и уелнес център
12. Затвори
13. Хосписи и домове за възрастни хора
14. Кино
15. Библиотека
16. Читалище
17. Железопътна гара
18. Театър
19. Многофункционални зали с културно-просветно предназначение

20. Културна, религиозна сграда
21. Опера и балет
22. Клуб/Казино, игрална зала и дискотека
23. Автогара
24. Летище
25. Пещери
26. Стадион
27. Пощенска станция и палата

Списъкът, изготвен по индексът на предпочитание определя сградите на училищата, детските градини и ясни да бъдат проучени на първо място, тъй като по критерия „време на престой“ са класифицирани на едно от първите места, а по критерий „възраст на представително лице“ са на първо място. Сградите на училищата и детските градини са определени на първо място и в други страни, които отдавна са започнали провеждане на проучвания на ОАР, а в някои като Америка, Канада, Норвегия и др., отдавна е приключило.

Единственият начин за определяне на ОАР в сградата е измерването. Обемната активност на радон в сградите може да бъде различна в сгради от един и същи тип, защото на нивата на ОАР в нея оказват влияние фактори, като геологията, вида на източник на радон в сградата (почва; вода или строителни материали), типа на сградата, както и навиците на обитателите. Вентилацията е особено важен фактор по отношение на вариацията на ОАР в сгради с обществен достъп. В повечето от тях има механична вентилация. Например, в повечето училища и детски градини има балансирана механична вентилация, която обикновено води до малки сезонни вариации в ОАР. При повечето случаи вентилационните системи в сградите с обществен достъп се регулират от таймер. Това означава, че вентилационната система обикновено работи на пълен капацитет през деня и с намален капацитет през нощта, през почивните и празничните дни. Вентилационната система, регулирана от таймер, влияе върху ОАР, като нивата на ОАР са по-ниски през деня и по-високи през нощта и през почивните дни. В обществените сгради освен останалите фактори, влиянието на наличието и използването на вентилационна система се оказва от съществено значение. За приоритизирането на сградите с обществен достъп, по вероятността да бъдат измерени високи стойности на ОАР в тях, е използван международен опит и публикувани проучвания, като е взето под внимание тяхното разположение до източника на радон и използването на втори източник на радон в тях (например минерална вода с високо съдържание на радон), което вероятно може да повиши ОАР в помещенията.

Приоритизиране на сградите с обществен достъп по фактор на ОАР

1. Подземни обекти - пещери и други.
2. СПА – помощения за обществен достъп с подземен водоизточник.
3. Образователни институции:детски градини, детски ясли, училища, университети, библиотеки, музеи, изложбени зали и други.

4. Сгради за здравни и социални грижи: болници, поликлиники, домове за възрастни хора, профилактериуми
5. Спортни и културно-развлекателни съоръжения- покрити спортни зали, концертни зали, театри, кина, църкви, манастири, големи магазини тип МОЛ
6. Административни сгради и други - банки, аерогари, автогари, железопътни гари, пощенски станции и др.
7. Затвори

На първо място в тази класификация са поставени подземните обекти, тъй като там има най-голяма вероятност да бъдат измерени високи стойности на ОАР. На второ място са СПА хотели и СПА центрове. Водата в тези центрове би могла да бъде втори източник на радон в съответната сграда, което може да доведе до повишаване на стойностите на ОАР.

Списъкът е изготвен въз основа на комбинирането на двете класификации по факторите, които оказват влияние на риска от облъчване от радон на населението. За систематизирането на сградите, списъкът е изготвен по групи сгради. Към групите са изброени само типовете сгради, които са класифицирани на първо място по един от факторите, но останалите типове сгради от съответната група също би следвало да се разглеждат, когато се планират проучванията. Проекто-списъкът би могъл да бъде разширяван и допълван в зависимост от идентифициране на обект, който не е включен, а е с относително висока посещаемост. Наред с това, в зависимост от резултатите от пилотни и други проучвания, класификацията на обществените сгради следва да бъде потвърдена или изменяна.

Проекто-списъкът на обществените сгради по групи за провеждане на проучване на ОАР е както следва:

1. Сгради за образование
   - Училища
   - Детски градини и ясли
   - Университети и други
2. Сгради за търговия и/или услуги
   - СПА хотели и СПА центрове
   - Хотели и ресторанти
   - Търговски център и други
3. Сгради за здравеопазване
   - Лечебни заведения за болнична помощ
   - Лечебни заведения за извънболнична помощ
   - Хосписи и домове за възрастни хора и други
4. Сгради в областта на културата
   - Подземни обекти – пещери и други
   - Музей
   - Кино
   - Библиотека

- Читалище и други

5. Сгради за спорт
   - Спортни зали
   - Сграда на стадион
6. Сгради в областта на транспорта
   - Железопътна гара
   - Автогара
   - Летище и други
7. Затвори
8. Културна, религиозна сграда
   - Манастири
   - Църкви и други
9. Сграда на съобщенията

Индикатор за изпълнение: Най-малко 10% от службите по трудова медицина да бъдат обучени във връзка с въвеждане измерването на радона като фактор на работната среда.

Изпълнение: Заплануваните обучения за службите по трудова медицина не се реализираха поради Ковид пандемията и ще бъдат реализирани през новия пет годишен Национален план (2023 – 2027).

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ключов момент в изпълнение на целите на стратегията и Националния план е участието на държавни, общински, неправителствени и стопански институции, както и на обществото като цяло. Трябва да се отбележи, че през изминалите пет години е постигнат **консенсус** между институциите за необходимостта от провеждане на активна политика за намаляване нивата на радон в жилищни и обществени сгради. Активно са **ангажирани и пряко участват** органите на изпълнителната власт и местното самоуправление, системата на здравеопазването и образованието, неправителствените и стопански организации, националните и местни медии. Налице е **политическа воля** от страна на парламента, правителството, органите на местното самоуправление и гражданското общество за реализиране на плана.

На основание заложените в стратегията и плановете за действие към нея, конкретни резултати, за периода 2018 – 2022 г. могат да се посочат следните постижения:

1. Цялостно хармонизиране на Законодателството в областта на радиационната защита и строителството е изцяло хармонизирано с изискванията на европейските директиви и препоръките на МААЕ и СЗО. Доказателство са проведеният през 2020 г. от ЕК, преглед на изпълнението на Директива 2018/59 Евратом; отчетът по регионален проект RER 9157 на МААЕ на тема „Achievements of the Regional Project and the Development and Implementation of National Radon Action Plans“ (2022г.), в които изпълнението на заложените задачи по зададения алгоритъм за България е 90-100%.

2. Провеждане на национални проучвания на нивата на радон в България – през изтеклия период са проучени напълно 4 области в РБ. Проведени са проучвания на всички

училища и детски градини в 9 области. Стартирани са проучвания на работни места, като е разработена и приета Процедура за извършването им, анализирани са вероятните стопански дейности, където е вероятно да възникне риск от облъчване с радон за работещите.

3. Постигнато е медийно покритие, но резултатите за комуникацията на риска от радон са разнопосочни и е необходимо да се продължи с информационно – обучителните кампании, като се включат и допълнителни комуникационни канали.

4. Възможността за провеждане на обучения и срещи бе нарушена поради пандемията, но в рамките на плана е изградена ползотворна комуникация с камарата на инженерите в инвестиционното проучване и е набелязана програма за обучени. Започнаха да се организират информационни дни в различни области, което показва заангажираността на специалиста от областта.

5. Постигането на заложените стратегически и оперативни цели за намаляване на риска от облъчване с радон в жилищни и обществени сгради, и на работни места, е продължителен и времевия процес, изискващ заангажираността и усилията на различни държавни ведомства, както и активното включване на всички заинтересовани страни.

За намаляване на риска за здравето на българското население е необходимо да продължи дългосрочната политика за подпомагане на изпълнението на мерките за намаляване на облъчването от радон.

Литература

1. **World Health Organization.** *WHO handbook on indoor radon a public health perspective World Health Organization.* Geneva, Switzerland : WHO Press., 2014.

2. **UNSCEAR .** *Report 2008, Volume I, Annex B: Exposure of the public and workers from various sources from radiation.* New York : United Nations, 2010.

3. **Национален Статистически Институт.** Информационна система ИНФОСТАТ. *https://infostat.nsi.bg/infostat/pages/external/login.jsf* . [Online]

4. *Geology as a Factor of Radon Potential in Bulgaria.* . **D. Antonov, P. Andreeva, A. Benderev, K. Ivanova, S. Kolev.** s.l. : International Multidisciplinary Scientific GeoConference "SGEM`2020", 2020, Vol. Proceedings of the 20th International Multidisciplinary Scientific GeoConference.

5. **НЦРРЗ.** *Отчет за Национално проучване на концентрацията на радон в жилищни сгради (Сезонни вариации), 2017-2018.* София : Национална програма за намаляване на въздействието на радон в сгради върху здравето на българското население, достъпно на www.radon.bg, 2018.

6. *Analysis of the spatial variation of indoor radon concentrations (national survey in Bulgaria).* **Ivanova, K., Stojanovska, Z., Kunovska, B., Chobanova, N., Badulin, V., & Benderev.** 6971-6979, s.l. : Environ. Sci. Pollut. Res. , 2019, Vol. 26(7).

7. *Building-specific factors affecting indoor radon concentration variations in different regions in Bulgaria.* **Ivanova, K., Stojanovska, Z., Tsenova, M., & Kunovska, B.** 9, s.l. : Air Quality, Atmosphere & Health, 2017, Vol. 10. 1151-1161.

8. *Variation of indoor radon concentration and ambient dose equivalent rate in different outdoor and indoor environments.* **Stojanovska, Z., Boev, B., Zunic, Z. S., Ivanova, K., Ristova, M., Tsenova, M., ... & Bossew, P.** 2, s.l. : Radiation and Environmental Biophysics, 2016, Vol. 55. 171-183.

9. *Indoor radon concentration and gamma dose rate in dwellings of the Province of Naples, South Italy, and estimation of the effective dose to the inhabitants.* . **M. Quarto, M. Pugliese, F. Loffredo and V. Roca.** 1, 31-36, s.l. : Radioprotection , 2016, Vol. 51. doi: 10..

10. *Correlations between radon concentration and indoor gamma dose rate, soil permeability and dwelling substructure and ventilation.* **Ilona Makelainen, Hannu Arvela, Anne Voutilainen.** 283-289., s.l. : The Science of the Total Environment, 2001, Vol. 272.

11. *Residential radon and lung cancer—detailed results of a collaborative analysis of individual data on 7148 persons with lung cancer and 14 208 persons without lung cancer from 13 epidemiologic studies in Europe.* **Darby, S., Hill, D., Deo, H., Auvinen, A., Barros-Dios, J. M., Baysson, H., ... & Doll, R.** s.l. : Scandinavian journal of work, environment & health, 2006, Vols. 1-84.

12. *A combined analysis of North American case-control studies of residential radon and lung cancer.* . **Krewski, D., Lubin, J. H., Zielinski, J. M., Alavanja, M., Catalan, V. S., William Field, R., ... &**

Wilcox, H. B. s.l. : ournal of Toxicology and Environmental Health, 2006, Vols. Part A, 69(7-8), 533-597.

13. *Risk of lung cancer and residential radon in China: pooled results of two studies.* **Lubin, J. H., Wang, Z. Y., Boice Jr, J. D., Xu, Z. Y., Blot, W. J., De Wang, L., & Kleinerman, R. A.** (1), 132-137., s.l. : International journal of cancer, 2004, Vol. 109.

14. *Radon measurement in schools and kindergartens (Kremikovtsi municipality, Bulgaria.* **Vuchkov, D., Ivanova, K., Stojanovsk**

Bibliography

1. **World Health Organization.** *WHO handbook on indoor radon a public health perspective World Health Organization.* Geneva, Switzerland : WHO Press., 2014.

2. **UNSCEAR .** *Report 2008, Volume I, Annex B: Exposure of the public and workers from various sources from radiation.* New York : United Nations, 2010.

3. **Национален Статистически Институт.** Информационна система ИНФОСТАТ. *https://infostat.nsi.bg/infostat/pages/external/login.jsf* . [Online]

4. *Geology as a Factor of Radon Potential in Bulgaria.* . **D. Antonov, P. Andreeva, A. Benderev, K. Ivanova, S. Kolev.** s.l. : International Multidisciplinary Scientific GeoConference “SGEM`2020”, 2020, Vol. Proceedings of the 20th International Multidisciplinary Scientific GeoConference.

5. **НЦРРЗ.** *Отчет за Национално проучване на концентрацията на радон в жилищни сгради (Сезонни вариации), 2017-2018.* София : Национална програма за намаляване на въздействието на радон в сгради върху здравето на българското население, достъпно на www.radon.bg, 2018.

6. *Analysis of the spatial variation of indoor radon concentrations (national survey in Bulgaria).* **Ivanova, K., Stojanovska, Z., Kunovska, B., Chobanova, N., Badulin, V., & Benderev.** 6971-6979, s.l. : Environ. Sci. Pollut. Res. , 2019, Vol. 26(7).

7. *Building-specific factors affecting indoor radon concentration variations in different regions in Bulgaria.* **Ivanova, K., Stojanovska, Z., Tsenova, M., & Kunovska, B.** 9, s.l. : Air Quality, Atmosphere & Health, 2017, Vol. 10. 1151-1161.

8. *Variation of indoor radon concentration and ambient dose equivalent rate in different outdoor and indoor environments.* **Stojanovska, Z., Boev, B., Zunic, Z. S., Ivanova, K., Ristova, M., Tsenova, M., ... & Bossew, P.** 2, s.l. : Radiation and Environmental Biophysics, 2016, Vol. 55. 171-183.

9. *Indoor radon concentration and gamma dose rate in dwellings of the Province of Naples, South Italy, and estimation of the effective dose to the inhabitants.* . **M. Quarto, M. Pugliese, F. Loffredo and V. Roca.** 1, 31-36, s.l. : Radioprotection , 2016, Vol. 51. doi: 10..

10. Correlations between radon concentration and indoor gamma dose rate, soil permeability and dwelling substructure and ventilation. . **Ilona Makelainen, Hannu Arvela, Anne Voutilainen.** 283-289., s.l. : The Science of the Total Environment, 2001, Vol. 272.

11. *Residential radon and lung cancer—detailed results of a collaborative analysis of individual data on 7148 persons with lung cancer and 14 208 persons without lung cancer from 13 epidemiologic studies in Europe.* **Darby, S., Hill, D., Deo, H., Auvinen, A., Barros-Dios, J. M., Baysson, H., ... & Doll, R.** s.l. : Scandinavian journal of work, environment & health, 2006, Vols. 1-84.

12. *A combined analysis of North American case-control studies of residential radon and lung cancer.* . **Krewski, D., Lubin, J. H., Zielinski, J. M., Alavanja, M., Catalan, V. S., William Field, R., ... &**

Wilcox, H. B. s.l. : ournal of Toxicology and Environmental Health, 2006, Vols. Part A, 69(7-8), 533-597.

13. *Risk of lung cancer and residential radon in China: pooled results of two studies.* **Lubin, J. H., Wang, Z. Y., Boice Jr, J. D., Xu, Z. Y., Blot, W. J., De Wang, L., & Kleinerman, R. A.** (1), 132-137., s.l. : International journal of cancer, 2004, Vol. 109.

14. *Комуникация на риска при облъчване от радон,.* **Н. Чобанова, Кр. Иванова, Д. Джунакова, Б. Куновска.** 6, s.l. : Обща медицина, 2020, Vol. 22.