



Sommario

Abstract - Italiano	3
Abstract - Français	6
Abstract – Deutsch	9
1. Introduzione	12
2. Obiettivi principali	13
3. Le attività	14
4. Organigramma e partner di progetto	16
5. Fase 1 – Gestione progetto e definizione dettagli progettuali	18
5.1 Basi	18
5.2 Metodologia	19
5.3 Risultati	20
6. Fase 2 – Analisi concentrazioni radon con misurazioni passive	23
6.1 Basi	23
6.2 Metodologia	24
6.3 Risultati	25
7. Fase 3 – Analisi concentrazioni radon con misurazioni attive	35
7.1 Basi	35
7.2 Metodologia	35
7.3 Risultati	39
8. Fase 4 - Verifica efficacia adeguamenti	43
8.1 Basi	43
8.2 Metodologia	43
8.3 Risultati	44
9 Conclusioni	48



Abstract - Italiano

Il 1° gennaio 2018 è entrata in vigore la revisione dell'Ordinanza sulla Radioprotezione (ORaP) che ha ridotto a 300 Bq/m³ il livello di riferimento della concentrazione di radon per i locali abitativi, con lo scopo di limitare il più possibile l'esposizione della popolazione a questo gas radioattivo.

È alla luce di questa revisione che si inserisce il presente lavoro di ricerca, il cui obiettivo principale è stato quello di analizzare l'efficacia nel tempo degli interventi di risanamento radon eseguiti negli ultimi decenni sugli edifici presenti sul territorio elvetico.

La stessa è stata verificata confrontando le concentrazioni rilevate prima e subito dopo il risanamento e quelle presenti a diversi anni di distanza dall'intervento. Queste ultime realizzate proprio nell'ambito del presente progetto.

Il progetto, sostenuto e promosso dall'Ufficio federale della sanità pubblica, è stato coordinato a livello nazionale dal Centro competenze radon della SUPSI e ha beneficiato della compartecipazione di importanti e qualificati partner a livello nazionale e regionale, quali i servizi regionali radon di Friburgo e Muttenz e lo studio d'ingegneria Econs SA di Bioggio.

Con lo scopo ultimo di sviluppare consigli tecnici per perfezionare la formazione dei professionisti attivi in questo settore e fornire suggerimenti di miglioramento alle autorità competenti, gli obiettivi principali del progetto sono stati i seguenti.

- Creazione di una banca dati dei risanamenti radon eseguiti sul territorio elvetico;
- Analisi dell'efficacia nel tempo dei risanamenti;
- Analisi delle situazioni di cattivo funzionamento;
- Proposta interventi di adeguamento e verifica della relativa efficacia.

Nella fase preliminare del progetto sono state raccolte tutte le informazioni disponibili relative ai risanamenti radon eseguiti sul territorio nazionale coinvolgendo 232 utenti.

Dopo la raccolta preliminare delle informazioni è stato identificato un campione di edifici da analizzare composto da 166 edifici, scelti in base alla conferma dell'avvenuta implementazione di un sistema di risanamento radon.

In questi edifici è stato effettuato un primo monitoraggio con dosimetri passivi, della durata di 90 giorni, nel periodo invernale 2019/2020.

Rispetto alle 166 misurazioni inizialmente previste solo 158 sono state portate a termine in maniera corretta poiché nei restanti casi vi sono stati problemi quali la perdita dei dosimetri o misurazioni condotte dai proprietari non conformemente alle indicazioni fornite.

I risultati delle 158 misurazioni passive hanno permesso di identificare 62 edifici all'interno dei quali è stato riscontrato un superamento del limite di riferimento (300 Bq/m³), di cui solo 58 immobili dotati effettivamente di un sistema di risanamento radon (in 4 edifici non è stato trovato alcun sistema di risanamento, nonostante le indicazioni fornite dai rispettivi proprietari).

Per questi casi è risultato necessario verificare le cause della mancanza di efficacia del sistema di risanamento, attraverso l'esecuzione di un sopralluogo tecnico, finalizzato a verificare sul campo le possibili cause del malfunzionamento dell'impianto di risanamento radon. In alcuni di questi casi, quelli ritenuti maggiormente significativi per complessità, è stata inoltre eseguita una misurazione attiva di breve durata, per determinare con approccio scientifico le cause di mal funzionamento dei sistemi di risanamento.

Durante i sopralluoghi le principali problematiche riscontrate sono elencate qui di seguito.



- Risanamento passivo non adeguato o con manutenzione carente;
- Ventilatore spento o rotto;
- Ventilatore con aspirazione/insufflazione non adeguata;
- Bocchette di aereazione e/o impianto di ventilazione occluso (condensa, animali, ecc.);
- Modifica edificio/risanamento energetico;
- Modifica destinazione d'uso dei locali;
- Risanamento eseguito secondo vecchia ordinanza del 01.01.1994

Per tentare di risolvere questi problemi e ripristinare il buon funzionamento degli impianti e la conseguente riduzione delle concentrazioni ed esposizione al radon, sono stati consigliati ai proprietari interventi risolutivi da implementare. L'efficacia dell'intervento è stato successivamente verificato grazie all'esecuzione di una seconda misurazione passiva, in maniera analoga alla precedente, condotta in 52 edifici. Sono stati esclusi i casi in cui i proprietari hanno scelto di non implementare alcun intervento migliorativo sul sistema di risanamento non ben funzionante e dunque per i quali non è risultato utile effettuare nuovamente la verifica della concentrazione di radon nell'immobile.

Gli interventi migliorativi consigliati possono essere classificati all'interno delle seguenti categorie:

- Realizzazione punto di aspirazione e installazione di un ventilatore;
- Installazione di un nuovo ventilatore avente portata e capacità estrattiva maggiore;
- Aumento velocità ventilatore;
- Manutenzione sull'impianto esistente e successiva misura;
- Rinnovo misura con ventilatore in funzione.
- Sistemi passivi come la posa di membrane (non presenti in maniera importante nei casi trattati in quanto poco applicati)

Per avere un confronto diretto ed immediato tra i valori di concentrazione radon con sistema di risanamento malfunzionante e valori di concentrazione radon con sistema di risanamento ripristinato, durante la misura di verifica passiva condotta nell'inverno 2020/2021, è stato richiesto ai proprietari di posare i dosimetri negli stessi locali monitorati nel caso dell'anno precedente. La riduzione maggiore di concentrazione tra le due misure è stata constatata a seguito dell'aumento della velocità del ventilatore e nel caso della posa di un nuovo ventilatore.

Terminati, infine, tutti i monitoraggi (due misure passive 2019/2020 e 2020/2021 e in alcuni casi anche la misura attiva) si è proceduto con l'analisi statistica di tutti i risultati raccolti e si è deciso di considerare un locale rappresentativo per ogni edificio sui 5 monitorati (scelto caso per caso sulla base delle informazioni a disposizione) e per esso effettuare un confronto di tutte le misurazioni radon effettuate nel tempo.

Grazie all'analisi statistica svolta è stato possibile affermare quanto segue: i sistemi di risanamento attivi, con presenza di sistemi di ventilazione, sono risultati più efficienti in termini di riduzione delle concentrazioni di radon ma anche più soggetti a necessità di manutenzione nel corso del tempo. Ciò risulta in concentrazioni medie di radon inferiori per gli edifici risanati più recentemente. Ciò è probabilmente dovuto ad un miglioramento della tecnica di risanamento e all'utilizzo di materiali più resistenti, che di conseguenza generano meno malfunzionamenti.

È stato inoltre possibile determinare che vi è frequentemente l'assenza di manutenzione degli impianti nel corso del tempo, ma anche a errori di progettazione.



Le analisi statistiche condotte sul campione di dati raccolto, e in definitiva tutto il lavoro effettuato nell'ambito del presente progetto di ricerca, hanno permesso di definire una serie di raccomandazioni da implementare da parte dei proprietari e dei consulenti radon, descritte nelle conclusioni del rapporto, al fine ultimo di garantire appunto l'efficacia di funzionamento a lungo termine dei sistemi di risanamento radon.

Il lavoro condotto ha altresì permesso di formulare dei suggerimenti puntuali all'indirizzo delle autorità federali, con l'obiettivo di favorire informazione e formazione relativamente a questo specifico ambito, così come lo sviluppo di una struttura gestionale di censimento di tutti i dati inerenti le misurazioni e i risanamenti condotti.

Abstract - Français

Le 1er janvier 2018, la révision de l'ordonnance sur la radioprotection (ORaP) est entrée en vigueur, abaissant le niveau de référence de la concentration de radon pour les locaux d'habitation à 300 Bq/m³, dans le but de limiter au maximum l'exposition de la population à ce gaz radioactif.

C'est à la lumière de cette révision que s'insère le présent travail de recherche, dont l'objectif principal était d'analyser l'efficacité dans le temps des mesures d'assainissement du radon réalisées au cours des dernières décennies sur des bâtiments en Suisse.

Ceci a pu être possible en comparant les mesures effectuées avant l'assainissement avec celles réalisées immédiatement après les travaux puis avec de nouvelles mesures proposées dans le cadre du projet plusieurs années après l'intervention.

Le projet, soutenu et promu par l'Office fédéral de la santé publique, a été géré au niveau national par le Centre de compétence Radon de la SUPSI et a bénéficié de la participation de partenaires importants et qualifiés au niveau national et régional, tels que les services régionaux du radon de Fribourg et Muttens et le bureau d'ingénieurs Econs SA de Bioggio.

Dans le but ultime de développer des conseils techniques pour améliorer la formation des professionnels travaillant dans ce domaine et de fournir des suggestions d'amélioration aux autorités compétentes, les principaux objectifs du projet ont été les suivants:

- Mise sur pied d'une base de données des assainissements radon effectués sur le territoire suisse ;
- Analyse de l'efficacité des mesures correctives dans le temps ;
- Analyse des situations de dysfonctionnement ;
- Propositions d'interventions correctives et vérification de leur efficacité.

Dans la phase préliminaire du projet, toutes les informations disponibles concernant des assainissements du radon effectués sur le territoire national ont été collectées. Cela a impliqué 232 foyers.

Après la collecte préliminaire d'informations, un échantillon de bâtiments à analyser a été identifié, composé de 166 bâtiments, sélectionnés sur la base de la confirmation par les propriétaires de la mise en œuvre d'un système d'assainissement du radon.

Dans ces bâtiments, un premier suivi à l'aide de dosimètres passifs exposés durant 90 jours, a été réalisé pendant la période hivernale 2019/2020.

Sur les 166 mesures initialement prévues, seules 158 ont été effectuées correctement, car dans les autres cas, des problèmes sont apparus, tels que la perte de dosimètres ou des non conformités des mesures en dépit des instructions fournies.

Les résultats des 158 mesures passives ont permis d'identifier 62 bâtiments dans lesquels la limite de référence (300 Bq/m³) était dépassée. Parmi ceux-ci seuls 58 étaient effectivement équipés d'un système d'assainissement du radon, les 4 autres ne l'étant pas en dépit des informations transmises par les propriétaires).

Dans le cas de ces 58 bâtiments, il a été nécessaire de contrôler les causes de ce défaut d'efficacité du système d'assainissement, par le biais d'une inspection technique, visant à vérifier sur le terrain les causes possibles du mauvais fonctionnement du système d'assainissement du radon. Parmi ces

bâtiments, une mesure active de courte durée a encore été réalisée dans les cas les plus complexes, afin de déterminer à l'aide d'une approche scientifique les causes du dysfonctionnement des systèmes d'assainissement.

Les principaux problèmes constatés lors des inspections sont énumérés ci-dessous.

- Assainissement passif inadéquat ou mal entretenu ;
- Mise en dépression du terrain (drainage) non activé ;
- Ventilateur éteint ou cassé ;
- Ventilateur avec aspiration/insufflation inadéquate ;
- Obstruction des bouches d'aération et/ou encrassement du système de ventilation (condensation, insectes, etc.) ;
- Puisard sur minuterie et limitation du temps d'extraction à quelques minutes horaires de jour ou de nuit ;
- Transformation du bâtiment/rénovation énergétique ;
- Changement d'usage des locaux ;
- Remédiation effectuée selon l'ancienne ordonnance.

Pour résoudre ces problèmes et rétablir le fonctionnement adéquat des systèmes et ainsi assurer la réduction conséquente des concentrations et limiter ainsi l'exposition au radon, les propriétaires ont reçu des conseils pour mettre en œuvre des interventions déterminantes. La réussite de cette intervention a ensuite été vérifiée grâce à l'exécution d'une deuxième mesure passive, similaire à la précédente. Elle a été effectuée dans 52 bâtiments. Ont été exclus de cette dernière campagne de mesure passive de contrôle, les propriétaires ont choisi de ne pas mettre en œuvre de mesures correctives sur le système d'assainissement non fonctionnel. Dans ce cas il n'était donc pas utile de procéder à une nouvelle vérification de la concentration de radon dans le bâtiment.

Les interventions correctives recommandées peuvent être classées dans les catégories suivantes :

- Mise en place d'un point d'aspiration (ex. puisard radon) et installation d'un ventilateur ;
- Installation d'un nouveau ventilateur de plus grande capacité d'extraction ;
- Augmentation de la vitesse du ventilateur et maintien en continu de la ventilation ;
- Entretien de l'installation existante et mensuration ultérieure ;
- Mesure de renouvellement d'air dans le logement avec ventilateur en fonctionnement.

Afin de disposer d'une comparaison cohérente entre les niveaux de radon avec système d'assainissement défaillant et les valeurs avec système d'assainissement restauré, il a été demandé aux propriétaires, lors de la mesure passive de contrôle effectuée durant l'hiver 2020/2021, de placer les dosimètres exactement aux mêmes endroits que lors de la précédente campagne. La réduction de la concentration en radon observée la plus significative entre les deux mesures est en lien avec l'augmentation de la vitesse du ventilateur ainsi que dans le cas de l'installation d'un nouveau ventilateur.

Enfin, une fois l'ensemble des contrôles réalisés (deux mesures passives en 2019/2020 et 2020/2021, et dans certains cas également la mesure active), une analyse statistique de l'ensemble des résultats collectés a été réalisée. Il a été décidé de considérer une pièce représentative pour chacun des 5 bâtiments contrôlés (choisie au cas par cas sur la base des informations disponibles) et de comparer l'ensemble des mesures de radon réalisées dans le temps dans cette pièce. Grâce à l'analyse statistique effectuée, il a été possible d'affirmer ce qui suit: les systèmes d'assainissement actifs, avec présence de ventilateurs, sont plus efficaces en termes de réduction des concentrations de radon mais aussi plus enclins à dysfonctionner avec le temps par défaut d'entretien ou panne. Il



en résulte des concentrations moyennes de radon plus faibles dans les bâtiments récemment assainis. Cela est probablement dû à une amélioration de la technique d'assainissement et à l'utilisation de matériaux plus résistants, qui génèrent donc moins de dysfonctionnements.

On pourrait également déterminer qu'il y a fréquemment un manque d'entretien des systèmes au fil du temps ou souvent des erreurs de conception inhérentes.

Les analyses statistiques effectuées sur l'échantillon de données collectées, et finalement l'ensemble des travaux réalisés dans le cadre de ce projet de recherche, ont permis de définir une série de recommandations à mettre en œuvre par les propriétaires et les consultants en radon, décrites dans les conclusions du rapport, dans le but ultime d'assurer précisément le fonctionnement efficace à long terme des systèmes d'assainissement du radon.

Les travaux ont également permis de formuler des suggestions adressées aux autorités cantonales, dans le but de promouvoir l'information et la formation sur cette question spécifique, ainsi que le développement d'une structure de gestion pour recenser les données disponibles relatives aux mesures et aux types d'assainissements réalisés.



Abstract - Deutsch

Am 1. Januar 2018 ist die revidierte Strahlenschutzverordnung (StSV) in Kraft getreten, in der der Radonreferenzwert für Räume mit Personenaufenthalt auf 300 Bq/m^3 gesenkt wurde. Damit soll die Exposition der Bevölkerung durch dieses radioaktive Gas so weit wie möglich gesenkt werden. Die vorliegende Forschungsarbeit wurde im Zuge dieser Revision entwickelt. Das Hauptziel der Studie ist die Untersuchung der langfristigen Wirksamkeit von Radonsanierungen, die in den letzten Jahrzehnten in der Schweiz durchgeführt wurden.

Die Untersuchung basiert auf dem Vergleich der vor und kurz nach der Sanierung gemessenen Radonkonzentrationen mit dem Ergebnis einer Messung, die einige Jahre nach den Arbeiten im Rahmen dieser Studie durchgeführt wurde.

Das Projekt, unterstützt und gefördert vom Bundesamt für Gesundheit (BAG), wurde auf nationaler Ebene vom Radon Kompetenzzentrum der SUPSI koordiniert und konnte auf die Zusammenarbeit mit wichtigen und fachkundigen Partnern auf regionaler und nationaler Ebene zählen: den regionalen Radonfachstellen in Fribourg und Muttenz und dem Ingenieurbüro Econs SA in Bioggio.

Neben dem Hauptanliegen, technische Empfehlungen für die Optimierung der Ausbildung von Spezialisten auf diesem Gebiet und Verbesserungsvorschläge für die zuständigen Behörden zu entwickeln, wurden mit diesem Projekt folgende Ziele verfolgt:

- Erstellung einer Datenbank der in der Schweiz durchgeführten Radonsanierungen
- Untersuchung der langfristigen Wirksamkeit von Radonsanierungen
- Untersuchung der Fälle, die ungenügend funktionieren
- Verbesserungsvorschläge und Überprüfung ihrer Wirksamkeit

In der Vorbereitungsphase des Projekts wurde alle verfügbaren Informationen zu den in der Schweiz durchgeführten Radonsanierungen gesammelt, was 232 Fälle ergab. Nach der vorläufigen Zusammenstellung der Informationen, wurde eine zu untersuchende Stichprobe von 166 Gebäuden identifiziert, bei denen sich der Einbau eines Systems zur Verringerung der Radonbelastung bestätigt hatte.

In diesen Gebäuden wurde eine erste Messung mit passiven Dosimetern während 90 Tagen in der Heizperiode 2019/2020 durchgeführt. Von den ursprünglich gestarteten 166 Messungen konnten nur 158 korrekt abgeschlossen werden, da es in den anderen Fällen entweder zum Verlust der Messmittel kam oder die Messungen nicht korrekt durchgeführt wurden.

Die Resultate dieser 158 passiven Messungen haben es erlaubt, 62 Gebäude zu identifizieren, in denen eine Überschreitung des Referenzwerts (300 Bq/m^3) vorliegt, von denen aber nur in 58 tatsächlich eine Radonsanierung durchgeführt wurde (in 4 Gebäuden wurde trotz der anderslautenden Informationen der Eigentümerin oder des Eigentümers keine Radonsanierung durchgeführt).

In diesen Fällen war es notwendig, die Ursachen für die mangelnde Wirksamkeit des Radonsanierungssystems durch eine technische Besichtigung vor Ort zu überprüfen. In einigen dieser Fälle, die in Bezug auf ihre Komplexität als besonders bedeutsam angesehen wurden, wurde eine aktive Kurzzeitmessung durchgeführt, um die Ursachen für die Fehlfunktionen der Radonsanierungssysteme wissenschaftlich zu ermitteln.

Die Hauptprobleme, die bei den Besichtigungen festgestellt wurden, sind nachstehend aufgeführt:

- passive Sanierung, die nicht angemessen ist oder mangelhaft gewartet wurde
- abgeschalteter oder kaputter Ventilator
- Ventilator mit unzureichender Ansaugung/Entlüftung
- Belüftungsöffnungen und/oder Belüftungssystem verstopft (Kondensation, Tiere usw.)
- Umbau/energetische Sanierung
- Umnutzung der Räume
- Radonsanierung nach der alten Verordnung vom 01.01.1994

Um diese Probleme zu lösen und die einwandfreie Funktion der Anlagen wiederherzustellen und damit die Radonkonzentration zu verringern, wurde den Eigentümern geraten, Instandsetzungsmassnahmen durchzuführen. Die Wirksamkeit der Massnahme wurde anschließend durch eine zweite passive Messung, gleich wie die erste, in 52 Gebäuden überprüft. Ausgeschlossen wurden Fälle, in denen der Eigentümer oder die Eigentümerin beschlossen, keine Verbesserungen an dem nicht funktionierenden Sanierungssystem vorzunehmen, so dass es nicht sinnvoll war, die Radonkonzentration im Gebäude erneut zu messen.

Die empfohlenen Verbesserungsmaßnahmen lassen sich in die folgenden Kategorien einteilen:

- Schaffung einer Absaugstelle und Installation eines Ventilators;
- Einbau eines neuen Ventilators mit höherem Volumenstrom und höherer Absaugleistung;
- Erhöhung der Ventilatorgeschwindigkeit;
- Wartung des bestehenden Systems und anschließende Messung;
- erneute Messung bei laufendem Ventilator;
- passive Systeme, wie das Verlegen von Radonfolien (in den hier behandelten Fällen nicht in großem Umfang vorhanden, da sie nicht weit verbreitet sind).

Um einen direkten und unmittelbaren Vergleich zwischen den Radonkonzentrationen mit einem nicht funktionierenden Sanierungssystem und den Werten mit einem sanierten Sanierungssystem zu erhalten, wurden die Eigentümer bei der Kontrollmessung im Winter 2020/2021 gebeten, die Dosimeter in denselben Räumen zu platzieren, die bereits im Vorjahr gemessen worden waren. Die grösste Verringerung der Radonkonzentration zwischen den beiden Messungen wurde in Fällen festgestellt, bei denen die Geschwindigkeit des Ventilators erhöht oder ein neuer Ventilator eingebaut wurde.

Schließlich wurde nach Abschluss aller Messungen (zwei passive Messungen in den Jahren 2019/2020 und 2020/2021 und in einigen Fällen auch aktive Messungen) eine statistische Analyse aller gesammelten Ergebnisse durchgeführt und entschieden, für jedes Gebäude jeweils einen repräsentativen Raum aus den 5 gemessenen zu betrachten (der von Fall zu Fall auf der Grundlage der verfügbaren Informationen ausgewählt wurde) und alle im Laufe der Zeit durchgeführten Radonmessungen zu vergleichen.

Die statistische Analyse zeigt, dass aktive Radonsanierungen mit Lüftungssystemen zwar effizienter in Bezug auf die Verringerung der Radonkonzentration sind, aber im Laufe der Zeit auch einen höheren Wartungsbedarf aufweisen. Ausserdem ergeben sich niedrigere durchschnittliche Radonkonzentrationen für die zuletzt renovierten Gebäude. Dies ist wahrscheinlich auf eine Verbesserung der Sanierungstechnik und die Verwendung von widerstandsfähigeren Materialien zurückzuführen, die folglich weniger Störungen verursachen.

Es konnte auch festgestellt werden, dass es im Laufe der Zeit häufig an der Wartung der Anlagen mangelt, dass es aber auch zu Konstruktionsfehlern gekommen ist.



Die statistische Analyse der gesammelten Daten und letztlich die gesamte im Rahmen dieses Forschungsprojekts durchgeführte Arbeit ermöglichten die Erarbeitung einer Reihe von Empfehlungen, die von Gebäudeeigentümerinnen oder Gebäudeeigentümern und von Radonfachpersonen umgesetzt werden sollten und die in den Schlussfolgerungen dieses Berichts beschrieben werden, um letztlich den wirksamen, langfristigen Betrieb von Radonsanierungssystemen sicherzustellen.

Die durchgeführten Arbeiten ermöglichten auch die Formulierung konkreter Vorschläge für die Bundesbehörden mit dem Ziel, die Information und Ausbildung in diesem spezifischen Bereich zu fördern sowie ein System für die Erfassung aller Daten, die im Zusammenhang mit Radonmessungen und Radonsanierungen erhoben werden zu entwickeln.

1. Introduzione

Radon Mitigation Efficiency (RAME) è un progetto di ricerca finanziato dall'Ufficio federale della sanità pubblica (UFSP), sviluppato in conformità al «Piano di azione nazionale radon 2012-2020», il cui scopo era quello di ridurre il più possibile l'esposizione al radon, fissando una concentrazione massima di 300 Bq/m³ negli edifici abitativi.

Tra gli obiettivi principali di questo piano d'azione vi erano il miglioramento della protezione dal radon nei nuovi edifici, la collaborazione con le organizzazioni professionali, gli istituti di formazione e i professionisti del settore edile così come la definizione di strategie di risanamento coordinate tra i diversi programmi nazionali e non da ultimo la sensibilizzazione della popolazione alla problematica del radon.

Successivamente l'UFSP ha implementato il «Piano d'azione nazionale radon 2021-2030» per far comprendere con più chiarezza e far percepire con più urgenza il rischio per la salute legato all'inalazione di questo gas. Di conseguenza la problematica radon assumerà sempre più importanza anche in ambito edilizio. L'obiettivo dell'UFSP per i prossimi anni è quello di garantire il miglioramento della protezione contro il radon nel parco immobiliare, in sinergia con le misure di risparmio energetico negli edifici, così da soddisfare la crescente richiesta di pianificazione ed esecuzione di misure di protezione nelle nuove costruzioni e nelle ristrutturazioni. In quest'ottica è quindi necessario migliorare e approfondire le competenze in materia di radon dei professionisti del settore edile (dal muratore al progettista, fino all'architetto e al consulente in materia di radon).

È in questo contesto che si inserisce il presente lavoro, il cui obiettivo principale è quello di analizzare l'efficacia nel tempo degli interventi di risanamento radon eseguiti negli ultimi decenni all'interno degli edifici presenti sul territorio elvetico. L'efficacia è stata verificata tramite un confronto tra le concentrazioni rilevate prima e subito dopo il risanamento e quelle presenti a diversi anni di distanza dall'intervento. Queste ultime sono state realizzate nell'ambito del presente progetto.

Il progetto sostenuto e promosso dall'UFSP, è stato gestito a livello nazionale dal Centro competenze radon della SUPSI e ha beneficiato della compartecipazione di importanti e qualificati partner a livello nazionale e regionale, come i servizi regionali radon di Friburgo e Muttenz e lo studio d'ingegneria Econs SA di Bioggio.

Nella fase di ricerca dati iniziale è stata richiesta anche la collaborazione dei Cantoni, per raccogliere quante più informazioni possibili sugli utenti da coinvolgere nello sviluppo del progetto. L'adesione e il confronto tra i diversi enti coinvolti nel progetto hanno permesso un proficuo scambio di informazioni e la condivisione di procedure, con l'obiettivo di agire in maniera coerente e omogenea su tutto il territorio nazionale.

2. Obiettivi principali

Gli obiettivi principali del progetto sono qui di seguito descritti.

- Creazione di una banca dati quanto più estesa contenente tutte le informazioni disponibili relative ai risanamenti radon finora eseguiti sul territorio elvetico.
- Analisi dell'efficacia nel tempo dei risanamenti eseguiti mediante il confronto tra misurazioni eseguite prima e, dopo e a distanza dal risanamento.
- Analisi delle situazioni di cattivo funzionamento degli interventi di risanamento attuati mediante indagini e sopralluoghi in sito.
- Proposta interventi di adeguamento e verifica della relativa efficacia.

Questi obiettivi nascono con lo scopo di sviluppare delle linee guida per perfezionare la formazione dei professionisti attivi in questo settore.

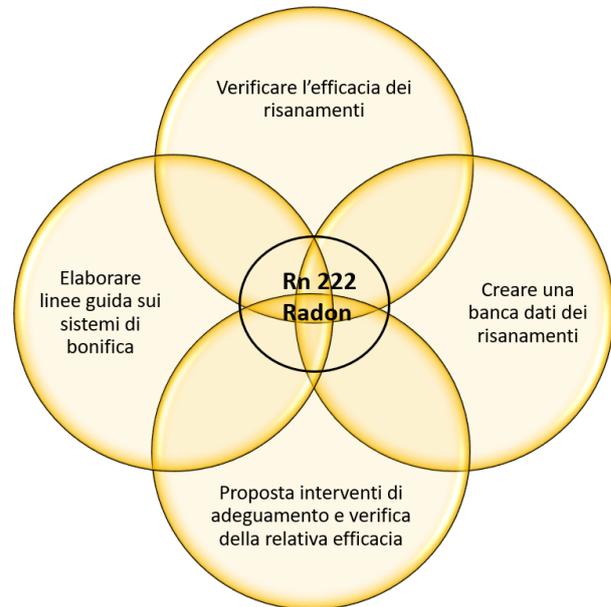


Figura 1: Finalità del progetto.

3. Le attività

Le specifiche fasi progettuali sono schematizzate nel grafico sottostante, nei riquadri a destra sono descritte le attività principali di ciascuna delle singole fasi.

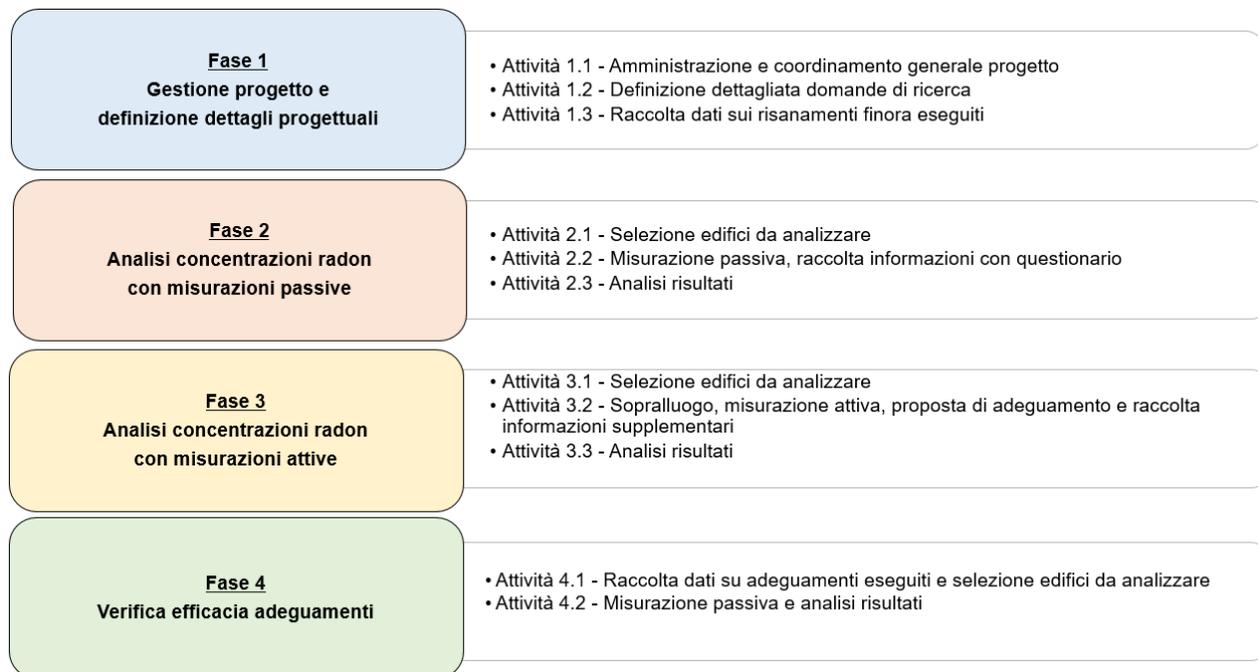


Figura 2: Attività di progetto.

Il presente rapporto dedica un capitolo di approfondimento a ciascuna delle 4 fasi di progetto, che vengono qui di seguito brevemente descritte

Fase 1 – Gestione progetto e definizione dettagli progettuali

Nella fase iniziale del progetto sono state dapprima definite le azioni da attuare, specificando le principali domande di ricerca, intese come gli obiettivi da perseguire nelle varie fasi dello studio. Successivamente sono state raccolte e aggregate tutte le informazioni disponibili relative ai risanamenti radon eseguiti sul territorio nazionale incrociando le varie banche dati disponibili e coinvolgendo i professionisti attivi nel settore e la popolazione, al fine di raccogliere quante più informazioni possibili. Il progetto è stato inoltre portato all'attenzione dei cittadini mediante promozione via radio, interviste televisive e articoli pubblicati su riviste locali.

Fase 2 – Analisi concentrazioni radon con misure passive

Dopo la raccolta preliminare delle informazioni è stato identificato un campione di edifici da analizzare, scelti in base alla tipologia di risanamento radon implementato. In questi edifici è stato effettuato un monitoraggio con dosimetri passivi, della durata di 90 giorni, nel periodo invernale. In aggiunta alle misurazioni, i proprietari degli immobili monitorati hanno fornito una serie di informazioni di natura tecnica, in particolare in relazione alla tipologia di risanamento eseguito.

Grazie ad un'analisi statistica e qualitativa dei risultati ottenuti si è infine cercato di capire quale sistema di risanamento causasse maggiori inconvenienti e quale invece risultasse essere efficace anche dopo molti anni di attività.

Fase 3 – Analisi concentrazioni radon con misurazioni attive

A seguito dei risultati raccolti nel corso della seconda fase, per quegli edifici dove, pur a fronte della presenza di un intervento di risanamento radon, fosse stato rilevato un superamento del valore di riferimento definito dall'Ordinanza federale sulla radioprotezione (ORaP), è stato eseguito un sopralluogo. Questo sopralluogo è finalizzato ad identificare le cause di eventuali malfunzionamenti. In alcuni casi tale indagine è stata accoppiata ad una misurazione attiva, effettuata utilizzando il nuovo protocollo per le misurazioni a corto termine recentemente sviluppato da un gruppo di lavoro coadiuvato dall'Istituto federale di metrologia (METAS). Grazie alle informazioni raccolte si è poi cercato di capire quali fossero le criticità e gli aspetti da valutare nell'ambito dei risanamenti radon, quali gli errori più comuni, così come quali potrebbero essere le attività di manutenzione necessarie per garantire il buon funzionamento degli impianti sul lungo termine.

Fase 4 – Proposta adeguamenti e verifica efficacia

I sopralluoghi effettuati hanno permesso di verificare direttamente in sito le cause di malfunzionamento dei sistemi di risanamento e di sviluppare proposte di intervento e manutenzione. Queste sono state discusse con i proprietari degli immobili, al fine di ripristinare il funzionamento ottimale dei sistemi di risanamento, riportando le concentrazioni di radon al di sotto del valore di riferimento di 300 Bq/m³. Per verificare l'efficacia e la messa in atto di tali interventi è stata dunque effettuata una nuova campagna di misurazioni passive nel corso della stagione invernale 2019/2020. Le diverse attività hanno seguito la tempistica definita nel seguente cronoprogramma.

Descrizione attività	2019			2020			2021
	Trimestre 1	Trimestre 2	Trimestre 3	Trimestre 4	Trimestre 5	Trimestre 6	Trimestre 7
Fase 1 - Gestione progetto e definizione dettagli progettuali							
Attività 1.1 - Amministrazione e coordinamento generale progetto							
Attività 1.2 - Definizione dettagliata domande di ricerca							
Attività 1.3 - Raccolta dati sui risanamenti finora eseguiti							
Fase 2 - Analisi concentrazioni radon con misurazioni passive							
Attività 2.1 - Selezione edifici da investigare							
Attività 2.2 - Analisi con misurazione passiva, raccolta informazioni con questionario							
Attività 2.3 - Analisi risultati							
Fase 3 - Analisi concentrazioni radon con misurazioni attive							
Attività 3.1 - Selezione edifici da analizzare							
Attività 3.2 - Sopralluogo, analisi con misurazione attiva e raccolta informazioni supplementari							
Attività 3.3 - Analisi risultati							
Fase 4 - Verifica efficacia adeguamenti							
Attività 4.1 - Raccolta dati su adeguamenti eseguiti e selezione edifici da analizzare							
Attività 4.2 - Misurazione passiva e analisi risultati							

Figura 3: Cronoprogramma attività di progetto.

4. Organigramma e partner di progetto

Gli attori coinvolti nel presente lavoro di ricerca sono presentati nel seguente organigramma.

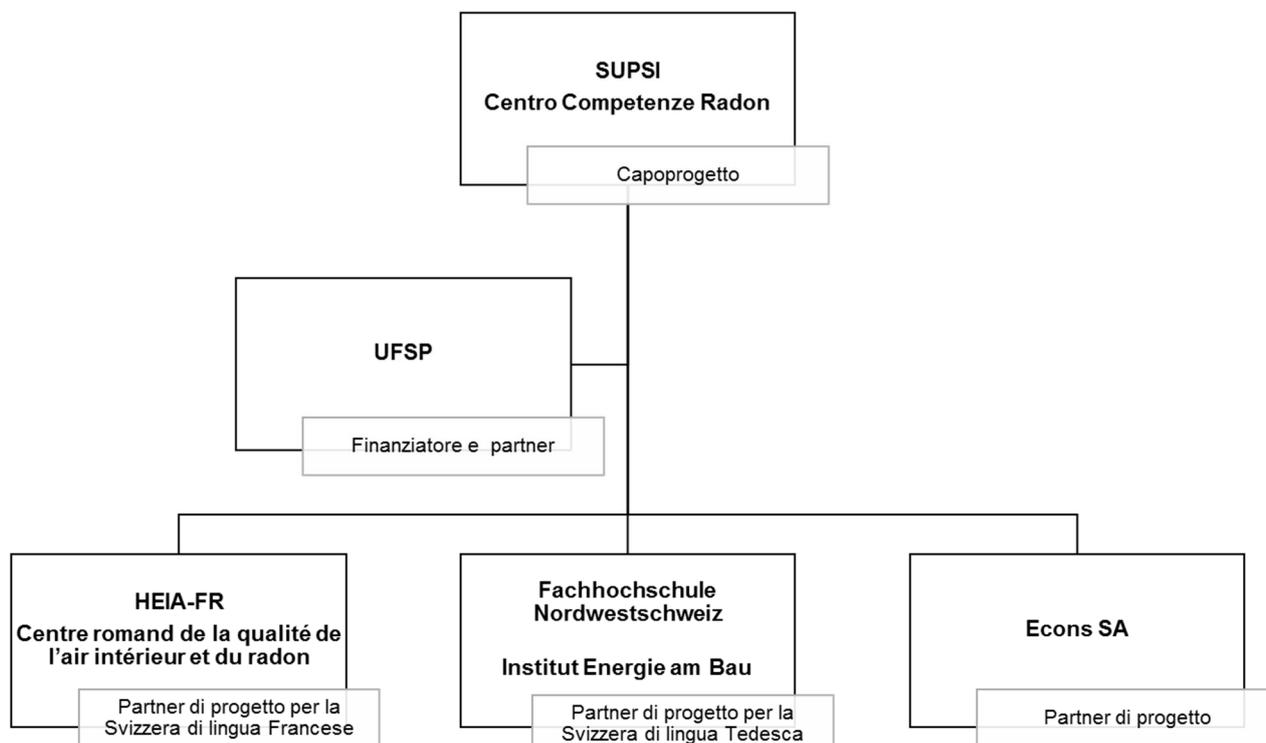


Figura 4: Organigramma partner di progetto.

Di seguito una breve descrizione di ciascun partner di progetto.

Centro competenze radon SUPSI

Il Centro competenze radon (CCR) è stato fondato nel 2007 presso la Scuola universitaria professionale della Svizzera italiana (SUPSI) e ha iniziato formalmente le sue attività il 1° gennaio 2008.

Il Centro svolge la sua attività legata al radon nei settori della formazione, della ricerca e delle prestazioni di servizio. Esso è gestito da collaboratori distribuiti in varie unità del Dipartimento ambiente costruzioni e design, ed è riconosciuto come servizio di misurazione da parte dell'UFSP. Le misurazioni sono inoltre accreditate secondo la norma ISO 17025 che disciplina l'operato dei laboratori di prova a livello internazionale.

I collaboratori dispongono di un'esperienza pluriennale nel settore, sono stati formati secondo le disposizioni dell'UFSP e coprono una vasta gamma di discipline legate al radon, che spaziano dalle conoscenze scientifiche (geologia, fisica, biologia) a quelle legate alla costruzione (ingegneria, architettura, scienza dei materiali).

Al fine di informare ed istruire i progettisti e gli specialisti dei vari settori legati all'edilizia, il Centro organizza corsi secondo le direttive dell'UFSP e si occupa della formazione continua nel settore.

Nel 2009 l'Ufficio federale della sanità ha riconosciuto il CCR come centro di riferimento a livello nazionale, conferendo al suo responsabile la funzione di "Delegato radon per la Svizzera italiana".

Il CCR, in qualità di capoprogetto, ha gestito attivamente tutte le fasi della ricerca e nello specifico:

- la gestione organizzativa e amministrativa del progetto;
- la creazione di un sito internet e la promozione del progetto nella Svizzera italiana;
- l'organizzazione di tutte le informazioni raccolte dai partner in un'unica banca dati;
- l'inserimento in banca dati delle misurazioni passive eseguite sul territorio di sua competenza;
- l'esecuzione di una serie di sopralluoghi e la raccolta di informazioni in relazione agli interventi eseguiti sul territorio ticinese;
- l'analisi statistica di tutti i dati raccolti;
- l'elaborazione del presente rapporto.

Servizi regionali radon HEIA-FR e FHNW

L'HEIA di Friburgo e la FHNW di Muttenz gestiscono per l'UFSP, rispettivamente nella Svizzera romanda e nella Svizzera tedesca, i relativi servizi regionali radon. Nell'ambito del presente progetto hanno partecipato alle riunioni di coordinamento e, ciascuno per il proprio territorio di pertinenza, hanno:

- raccolto le informazioni relative agli utenti che avevano effettuato un risanamento;
- distribuito i dosimetri per la misurazione passiva;
- svolto indagini e sopralluoghi tecnici nei casi di superamento del valore di riferimento;
- effettuato misurazioni attive nei casi ritenuti più significativi ai fini della ricerca;
- effettuato la traduzione di tutta la documentazione e testi utilizzati durante le fasi di progetto.

ECONS SA

Studio di Ingegneria Ambientale, con sede a Bioggio (TI), attivo dal 1990, che si occupa di misurazioni, prevenzione e risanamento radon. È un servizio di misurazione riconosciuto dall'UFSP ed è abilitato per le misurazioni nei locali abitativi, nelle scuole e nei posti di lavoro. Nel suo organico sono presenti 8 consulenti in materia di radon che hanno seguito una formazione riconosciuta dall'UFSP.

ECONS SA collabora con importanti Istituti ed organizzazioni nel campo della formazione e della ricerca applicata, come l'UFSP, il Politecnico di Losanna e la Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP).

Lo studio d'ingegneria ECONS SA, durante il progetto, ha fornito la propria consulenza specialistica e supportato le attività sul campo, eseguendo sopralluoghi tecnici in Cantone Ticino e misurazioni attive.

Ufficio federale della sanità pubblica

In qualità di finanziatore e partner del progetto l'UFSP è stato coinvolto in tutte le fasi di coordinamento ed ha partecipato alle varie riunioni progettuali al fine di verificare la correttezza delle procedure adottate e delle azioni messe in campo durante tutte le fasi del progetto.

5. Fase 1 – Gestione progetto e definizione dettagli progettuali

Il 1° gennaio 2018 è entrata in vigore la revisione dell'Ordinanza sulla Radioprotezione (ORaP) che, sulla base di nuovi studi epidemiologici, ha abbassato a 300 Bq/m₃ il livello di riferimento per i locali abitativi, con lo scopo di ridurre il più possibile l'esposizione al radon.

Questo nuovo valore suggerisce che una serie di edifici monitorati e/o risanati sulla base della precedente normativa, potrebbero oggi risultare non essere conformi ai nuovi limiti di concentrazione radon, imposti al fine di tutelare maggiormente la salute dei loro abitanti. Le informazioni censite dall'Ufficio Federale della Sanità Pubblica (UFSP) sui risanamenti effettuati risultano inoltre parziali, in quanto non sono finora mai stati raccolti dati su un numero rilevante di casi di risanamento effettivamente realizzati.

Ciò è probabilmente dovuto al fatto che un'importante percentuale dei proprietari non comunica l'esecuzione dell'intervento di risanamento e inoltre non ne verifica, tramite misurazione ufficiale, il corretto funzionamento.

Questo studio, attraverso la Fase 1, ha cercato di colmare questa lacuna riassumendo e raccogliendo in un'unica banca dati tutte le informazioni disponibili relative ai risanamenti finora eseguiti sul territorio elvetico.



Figura 5: Fase 1 e relative attività.

5.1 Basi

Banca dati radon

Secondo l'ORaP i servizi di misurazione riconosciuti sono tenuti a immettere i dati raccolti nella banca dati sul radon gestita dalla Confederazione. L'UFSP gestisce questa banca dati centralizzata nella quale sono memorizzate tutte le informazioni raccolte dai servizi di misurazione accreditati nel corso della loro regolare attività.

Oltre a svolgere un ruolo centrale nell'ambito delle misurazioni passive, in questa banca dati è possibile anche registrare l'esecuzione di una misurazione nell'ambito di un risanamento radon, così da tracciare quanto viene fatto sul territorio nazionale per acquisire conoscenze statistiche e scientifiche finalizzate a promuovere studi e ricerche in materia di radon.

Nella banca dati radon sono anche memorizzati i seguenti dati per ogni edificio:

- informazioni relative alla persona di riferimento (proprietari, inquilini, ecc.);



- ubicazione (coordinate, numero di mappale) e informazioni sull'edificio oggetto della misurazione (anno costruzione, numero piani, tipologia costruttiva, ecc.);
- identificatore federale dell'edificio (EGID) ai sensi dell'ordinanza del 31 maggio 2000 sul Registro federale degli edifici e delle abitazioni (REA);
- informazioni in merito alla misurazione (locale monitorato, inizio e fine misurazione, ecc.);
- misure eseguite nell'ambito di un eventuale risanamento radon.

I collaboratori del Servizio tecnico e d'informazione sul radon dell'UFSP sono autorizzati a trattare tutti i dati registrati nella banca dati, mentre, per l'adempimento dei compiti loro affidati, i seguenti servizi hanno accesso elettronico soltanto ai dati sottoelencati:

- i servizi di misurazione del radon riconosciuti: ai propri dati raccolti;
- i Cantoni: a tutti i dati rilevati sul loro territorio;
- la SUVA: a tutti i dati rilevati nei posti di lavoro.

5.2 Metodologia

Attività 1.1 - Amministrazione e coordinamento generale di progetto

Al fine di coordinare in maniera uniforme le fasi di lavoro e condividere costantemente i risultati intermedi ottenuti durante le varie fasi di progetto, sono state organizzate numerose riunioni che hanno richiesto la partecipazione di tutti i partner di progetto.

Attività 1.2 - Definizione dettagliata domande di ricerca

Al fine di rispondere in maniera esaustiva agli obiettivi progettuali sono state definite delle domande di ricerca, intese come questioni cardine da perseguire e analizzare. Le stesse sono state elaborate dai partner di progetto e sono elencate all'interno del capitolo 5.3.

Attività 1.3 - Raccolta dati sui risanamenti finora eseguiti

È stato necessario cercare di raccogliere quante più informazioni disponibili sui risanamenti radon finora eseguiti in Svizzera, così da poter contattare i proprietari e richiedere la loro partecipazione al progetto. Il primo passo è stato quello di consultare la banca dati federale allo scopo di raccogliere eventuali informazioni sui risanamenti effettuati sul territorio nazionale. Inoltre i partner di progetto hanno preso contatto con i professionisti del settore al fine di coinvolgere quanti più utenti possibile. Anche le varie autorità cantonali sono state coinvolte con l'obiettivo di creare un inventario quanto più completo possibile.

Al fine di promuovere attivamente il progetto sono stati sfruttati i canali di comunicazione già esistenti, come le newsletter e i vari siti internet dei partner di progetto. Il progetto è stato inoltre promosso mediante articoli e diffusione ai media, e tramite la creazione di una pagina internet dedicata (www.radonmitigation.ch). È stato così composto un elenco di utenti da coinvolgere nel progetto di ricerca.

Si ricorda che la banca dati federale raccoglie le informazioni inerenti le misurazioni radon effettuate ma fornisce poche informazioni in merito e alla tipologia di interventi di risanamento. Uno degli obiettivi del progetto è stato proprio quello di censire tutte queste informazioni mancanti grazie alla

collaborazione dei proprietari, ai quali è stato offerto un campionamento passivo con 5 dosimetri. Quasi la totalità dei proprietari contattati hanno quindi deciso di partecipare al progetto condividendo le informazioni inerenti il loro edificio.

Al fine di raccogliere tutte le informazioni necessarie alla caratterizzazione dei vari tipi di risanamento è stato elaborato un questionario dedicato alla raccolta dati, tradotto in tre lingue nazionali e finalizzato a raccogliere informazioni inerenti:

- i dati di contatto dell'utente;
- l'ubicazione dell'edificio oggetto di precedenti misurazioni/risanamento radon;
- le caratteristiche, la struttura e i materiali costruttivi dell'edificio;
- la gestione della ventilazione dell'edificio;
- i valori di concentrazione radon rilevati durante precedenti misurazioni;
- la tipologia di risanamento radon realizzato.

Il questionario, al fine di essere fruibile per quanti più utenti possibile, è stato reso disponibile secondo le tre seguenti modalità a scelta:

1. Inviato per posta con lettera descrittiva del progetto;
2. Scaricabile dal sito internet www.radonmitigation.ch;
3. Compilabile in forma elettronica sul sito internet www.radonmitigation.ch grazie all'utilizzo della piattaforma LimeSurvey.

Disporre di tutte le misurazioni effettuate all'interno di un edificio permette il confronto delle concentrazioni precedenti con i valori ottenuti nelle misurazioni eseguite nell'ambito del presente progetto.

Il confronto è possibile proprio grazie alla ricostruzione dell'andamento delle concentrazioni nel tempo, ottenuta grazie alle informazioni fornite dagli utenti, da quelle raccolte presso la banca dati federale e dalle nuove misurazioni condotte nell'ambito di questo progetto.

5.3 Risultati

Attività 1.1 - Amministrazione e coordinamento generale di progetto

Le riunioni organizzate con tutti i partner di progetto hanno permesso un confronto continuo sulle attività da eseguire parallelamente allo svolgimento delle diverse fasi di progetto. Il confronto si è reso necessario al fine di attuare in maniera coordinata e omogenea su tutto il territorio nazionale le varie attività progettuali.

La condivisione costante di procedure e metodologie di lavoro ha permesso un interscambio di conoscenze e modalità di lavoro che, oltre a garantire la buona riuscita delle fasi di progetto, ha favorito un miglioramento delle proprie attività nell'ambito dei monitoraggi radon per tutti i partner coinvolti.

Attività 1.2 - Definizione dettagliata delle domande di ricerca

Di seguito sono riassunte le principali domande di ricerca alle quali il presente progetto cerca di rispondere:

1. Quanti edifici sono stati risanati in Svizzera (documentabili) e quali sono le principali metodologie di risanamento impiegate?
2. Quale è la variabilità nel tempo delle concentrazioni radon negli edifici risanati?
3. Quali sono i criteri che ne influenzano la variabilità?
4. Quale è l'attendibilità di questi risultati?
5. In che modo le misurazioni attive danno informazioni più complete sull'esposizione? Qual è l'esposizione reale rispetto ai valori medi riscontrati?
6. Quali sono le cause principali dell'aumento nel tempo delle concentrazioni radon?
7. A cosa occorre prestare attenzione per evitare questi aumenti?

Sulla base di queste domande sono state richieste, in momenti diversi, informazioni direttamente ai proprietari degli edifici selezionati. In un primo momento questi dati sono serviti ad acquisire le informazioni di base sulla casistica disponibile, per poi essere utilizzati in ambito tecnico nella fase progettuale successiva.

Attività 1.3 - Raccolta dati sui risanamenti finora eseguiti

Purtroppo non tutte le misurazioni e gli interventi di risanamento effettuati vengono segnalati dai proprietari immobiliari agli enti di riferimento federali e cantonali. I dati raccolti nella banca dati federale, seppur numerosi, non possono quindi essere considerati rappresentativi di tutti i risanamenti effettuati sul territorio elvetico. Per ottenere un campione di utenti più ampio, è stato quindi necessario promuovere il progetto al fine di stimolare la partecipazione volontaria degli utenti mediante interventi televisivi, radiofonici e alla pubblicazione di articoli su diverse riviste locali.

La tabella seguente schematizza le principali attività di comunicazione messe in campo per la promozione del progetto.

Data	Tipologia divulgativa	Ente divulgativo	Regione
Marzo 2019	Articolo	Newsletter Eco-bau	CH-FR
Maggio 2019	Articolo	Agricoltore ticinese	CH-IT
Maggio 2019	Intervista radiofonica	RSI-Rete Uno	CH-IT
Maggio 2019	Intervista radiofonica	RTS	CH-FR
Maggio 2019	Intervista radiofonica	Lfm Lausanne	CH-FR
Marzo 2019	Conferenza	Radontreffen DE	CH-DE
Maggio 2019	Comunicato stampa	-	CH
Marzo 2019	Newsletter	Eco Bau	CH-FR
Giugno 2019	Newsletter	UFSP	CH
2019-2020	Newsletter	Newsletter partner di progetto	CH

Tabella 1: Attività di promozione del progetto.

Queste attività hanno permesso di raggiungere un maggior numero di proprietari rispetto a quelli inizialmente identificati grazie all'analisi delle varie banche dati. Parallelamente è stato creato un sito internet (www.radonmitigation.ch), per spiegare con chiarezza le finalità del progetto. Il sito, fruibile nelle tre lingue nazionali, spiega le diverse fasi del progetto e i relativi obiettivi. Al suo interno è disponibile tutta la documentazione elaborata per la raccolta delle informazioni, fra cui i formulari scaricabili in forma cartacea oppure compilabili in forma elettronica. Il sito è stato costantemente aggiornato sulla base dell'evolversi delle attività di progetto. Grazie al questionario compilato nella

Fase 1 del progetto dai proprietari immobiliari è stato possibile raccogliere tutta una serie di informazioni relative alle caratteristiche tecniche degli edifici, ai recapiti dei proprietari, all'esecuzione di un risanamento radon e alla tipologia dell'edificio, nonché di censire i valori delle concentrazioni in precedenza rilevate negli immobili. La raccolta di tutte queste informazioni ha permesso la creazione di una banca dedicata al progetto.

Il questionario, dedicato alla raccolta delle informazioni preliminari, è stato compilato da complessivamente 232 utenti secondo la ripartizione territoriale mostrata nel grafico seguente.

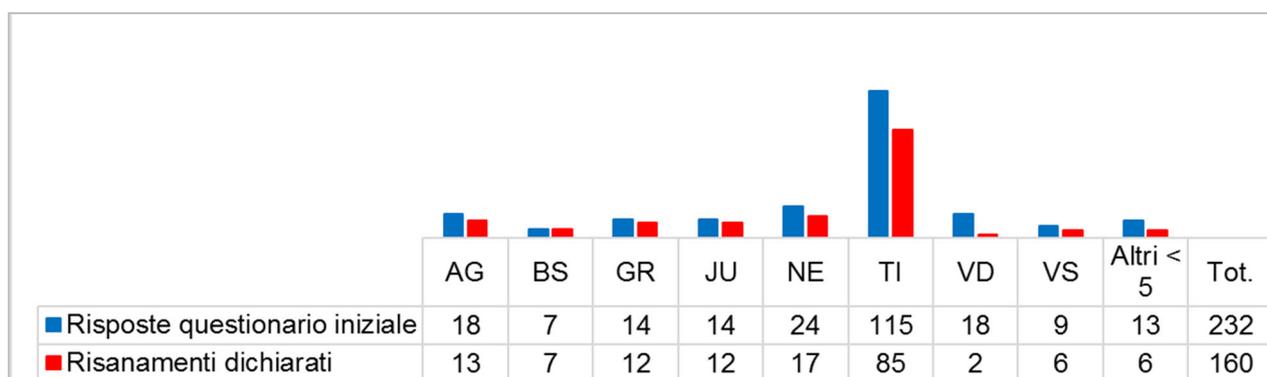


Grafico 1: Numero di utenti che hanno partecipato al questionario iniziale per Cantone e risanamenti dichiarati.

Si precisa che queste cifre non rappresentano il numero di tutti i proprietari che hanno eseguito un risanamento in Svizzera, ma si riferiscono al numero di utenti che hanno scelto di partecipare al progetto di ricerca, tra cui ve ne sono alcuni che hanno dichiarato di non aver effettuato alcun risanamento radon. Le informazioni raccolte hanno costituito la base di partenza per selezionare gli edifici da analizzare nelle fasi successive del progetto.

Grazie alle informazioni fornite dagli utenti è stato possibile geo-localizzare gli edifici notificati e mapparli. Confrontando questa mappatura con la mappa del radon elaborata dalla Confederazione, si osserva che la maggior parte degli edifici identificati ricadono in aree in cui la probabilità di superare il livello di riferimento di 300 Bq/m³ negli edifici è alta (aree rosso intenso).

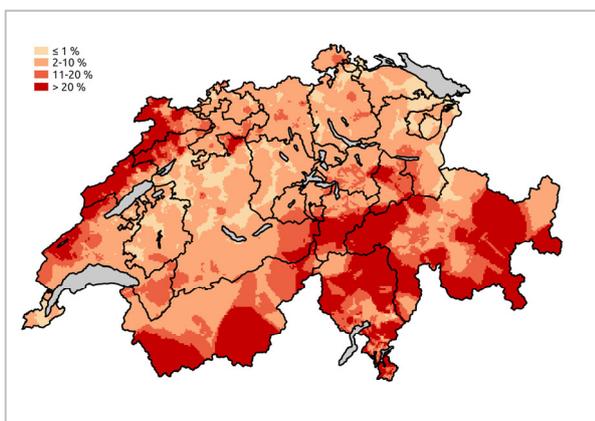


Figura 6: mappa del radon in Svizzera (Fonte: UFSP).

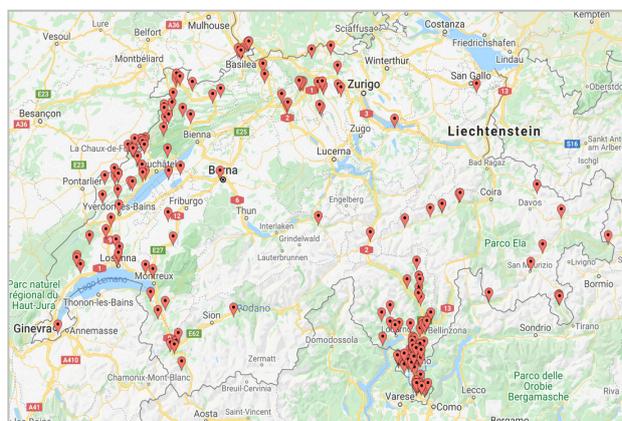


Figura 7: Mappatura degli edifici che hanno partecipato alla Fase 1 del progetto RAME.

6. Fase 2 – Analisi concentrazioni radon con misurazioni passive

La prima fase progettuale ha permesso di raccogliere una serie di informazioni inerenti i risanamenti effettuati e le concentrazioni rilevate negli edifici prima di effettuare il risanamento radon o subito dopo la sua implementazione. Tali informazioni non risultavano tuttavia essere sufficienti al fine di poter valutare l'efficacia nel tempo dei sistemi di risanamento implementati. A questo scopo si è reso necessario conoscere quali fossero le concentrazioni attualmente riscontrabili negli immobili così da poterle confrontare con i valori registrati precedentemente.

Tali valori sono stati raccolti grazie ad una campagna di misurazione eseguita nel corso dell'inverno 2019-2020.

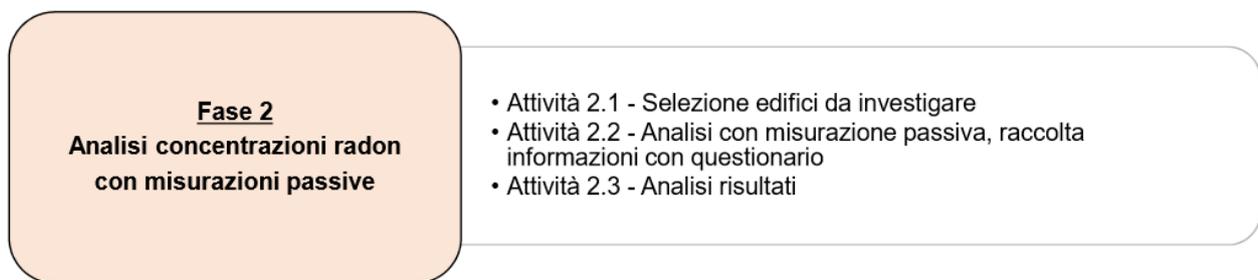


Figura 8: Fase 2 e relative attività.

6.1 Basi

Misurazioni passive

I dosimetri forniti agli utenti erano composti da una parte sensibile, il rivelatore, inserito in un dispositivo di contenimento. Tutte le volte che una particella α , derivante dal decadimento del gas radon, entra in contatto con il rivelatore, viene lasciata su di esso una traccia. Il gas entra in contatto con il rivelatore diffondendosi attraverso la fessura presente tra la base e il coperchio del dispositivo. La fessura agisce come un filtro, evitando l'ingresso del particolato e in generale dei prodotti di decadimento presenti in aria.

Più è alto il numero di tracce, più atomi sono decaduti nel dosimetro radon durante il periodo di misurazione. Più decadimenti hanno avuto luogo, più atomi di radon si trovano nei locali e più alta è l'esposizione al gas radon, che correlata al tempo di esposizione permette di determinare la concentrazione all'interno di un locale.

Si è chiesto agli utenti di posizionare i dosimetri nei locali oggetto di precedenti misurazioni. Questo ha permesso di avere un confronto diretto dei risultati ottenuti in precedenza.

Per la validità legale della misura, conformemente alle direttive emanate dall'UFSP, il monitoraggio della concentrazione di radon è stato eseguito nel periodo invernale per una durata minima di 90 giorni.

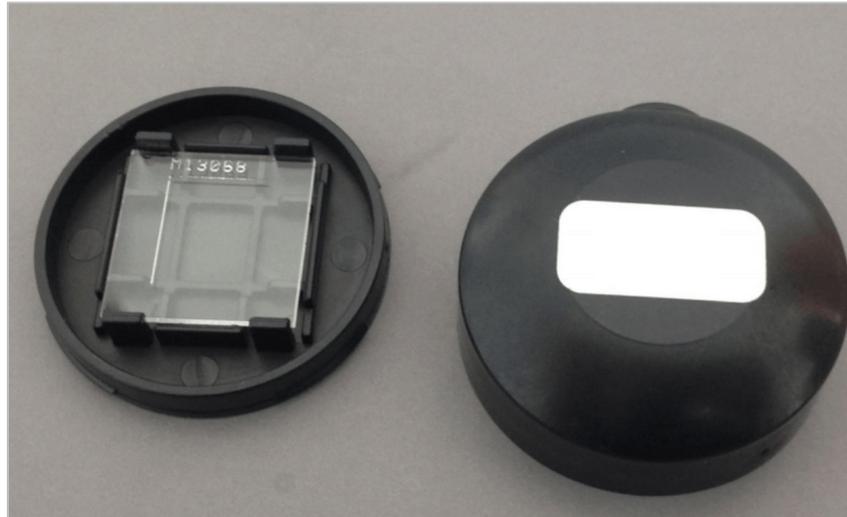


Figura 9: Dosimetro a tracce. Tipologia di rilevatore utilizzato per le misurazioni passive.

6.2 Metodologia

Attività 2.1 - Selezione edifici da investigare

La seconda fase del progetto si è concentrata sul monitoraggio passivo della concentrazione di radon per tutti quegli edifici che sono risultati essere stati oggetto di un intervento di risanamento radon e quindi idonei ad un approfondimento ai fini dello studio.

Il questionario iniziale ha permesso di identificare gli immobili all'interno dei quali è stato effettuato un risanamento radon. Solamente questi stabili sono stati selezionati per la fase progettuale successiva. Per essi è stata effettuata una misurazione gratuita del radon mediante 5 dosimetri passivi.

Attività 2.2 – Analisi con misurazione passiva, raccolta informazioni con questionario

Le misurazioni passive sono iniziate a settembre 2019 e si sono concluse a gennaio 2020, così da garantire una misurazione ufficiale (durata minima di 90 giorni tra ottobre e marzo), come richiesto dai protocolli dell'UFSP.

Agli utenti ai quali è stata offerta la misurazione passiva, oltre ai dosimetri e a una lettera accompagnatoria, è stato inviato il modulo di registrazione e un secondo questionario contenente ulteriori domande tecniche necessarie a definire il sistema di risanamento precedentemente installato. In questo contesto sono state approfondite le caratteristiche dell'edificio così come le possibili vie di infiltrazione del radon, grazie alla raccolta di informazioni relative alla struttura, al sistema di ventilazione e a quello di riscaldamento presenti nell'edificio.

Agli utenti è stato richiesto di posare i dosimetri negli stessi locali oggetto di precedenti misurazioni così da poter ottenere un confronto temporale diretto dei valori di concentrazione radon rilevati nei locali.

Attività 2.3 - Analisi risultati

Tutte le informazioni fornite sono state raccolte nella banca dati precedentemente creata. Inoltre sono stati integrati all'interno della stessa banca dati i risultati delle misurazioni eseguite.

Partendo dalle analisi di laboratorio eseguite è stato possibile determinare per ogni strumento l'esposizione al radon [kBq*h/m³]. Essendo a conoscenza del periodo di esposizione è stato possibile determinare la concentrazione attraverso la seguente formula:

$$C = \frac{E}{(J - 1) * 24} * 1000$$

Equazione 1: Calcolo della concentrazione radon

Dove:

E è l'esposizione al radon in kBq*h/m³

J è il numero di giorni di esposizione

C è la concentrazione radon in Bq/m³

6.3 Risultati

Attività 2.1 - Selezione edifici da investigare

Analizzando i dati raccolti è stato possibile ottenere dei risultati concernenti la tipologia di edifici campionati (Grafico 2), l'anno di risanamento radon (indice di vetustà dell'impianto di risanamento) e la tipologia di intervento effettuato (sistema di risanamento passivo o attivo) (Grafico 3).

Si fa riferimento alle regioni linguistiche della Confederazione in questo modo:

CH - DE Regione della Svizzera tedesca

CH - FR Regione della Svizzera francese

CH - IT Regione della Svizzera italiana

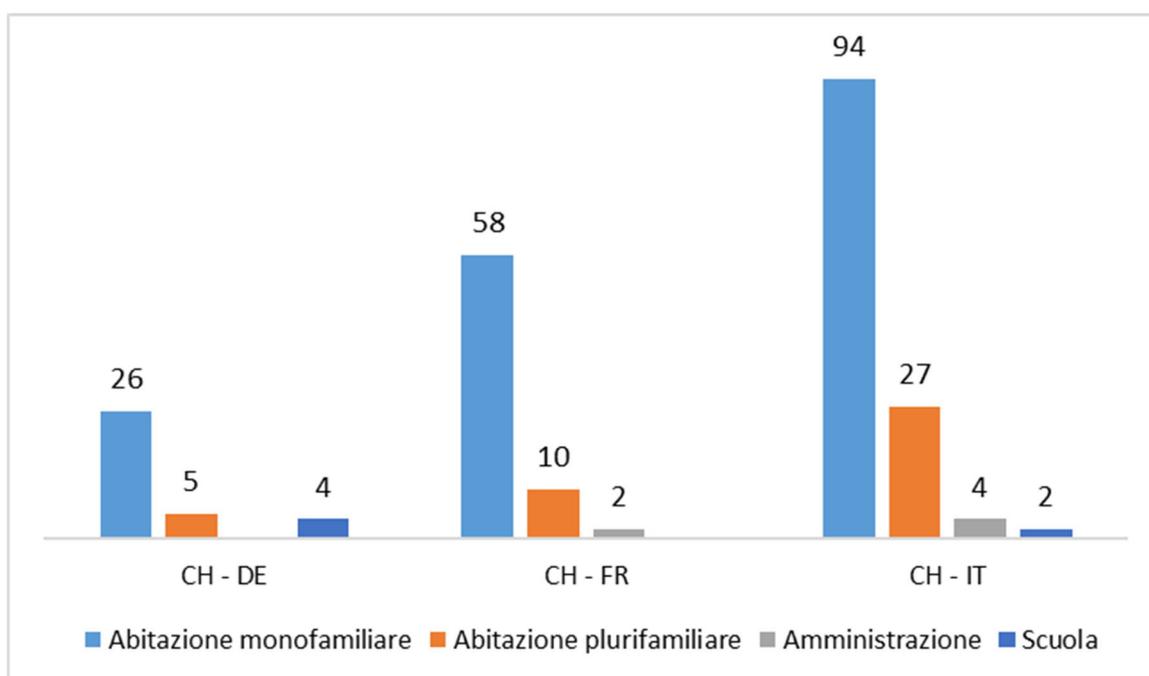


Grafico 2: Ripartizione per destinazione d'uso secondo SIA 380/1 e appartenenza alla regione linguistica degli edifici campionati nella Fase 1 (232 edifici considerati).

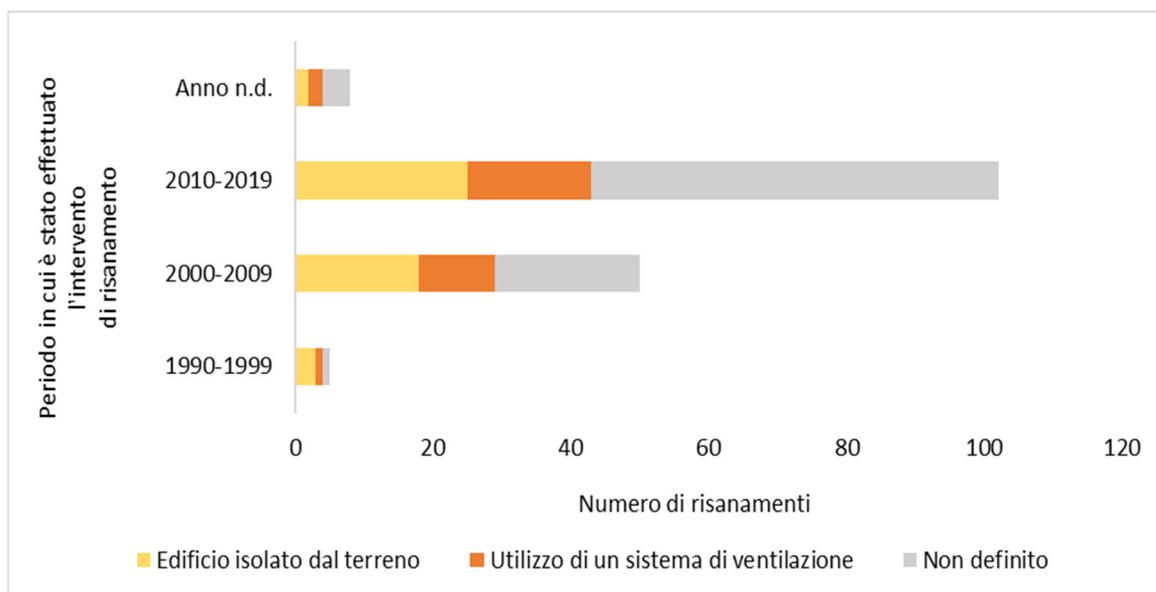


Grafico 3: Tipologia di risanamento in funzione del periodo di intervento (166 edifici considerati).

Le informazioni raccolte nella prima fase di progetto hanno permesso di definire le caratteristiche del campione di edifici a disposizione e di definire le informazioni di natura tecnica da richiedere nella fase progettuale successiva. Queste informazioni sono infatti necessarie per l'analisi dell'efficacia nel tempo dei risanamenti radon e per la ricostruzione temporale delle concentrazioni radon monitorate in ciascun edificio. Rispetto ai 232 utenti che si sono annunciati per partecipare al progetto, nella seconda fase ne sono stati selezionati unicamente 166 (71% dei partecipanti iniziali), cifra che corrisponde agli edifici dove è stata indicata la presenza di un sistema di risanamento radon.

Attività 2.2 – Analisi con misurazione passiva, raccolta informazioni con questionario

Dei 166 utenti che hanno ricevuto i dosimetri solo 158 hanno portato a termine correttamente la misurazione. In 8 casi i dosimetri sono stati smarriti dal cliente o la misurazione non è stata condotta nel periodo indicato e quindi non risultava valida ai fini dell'analisi.

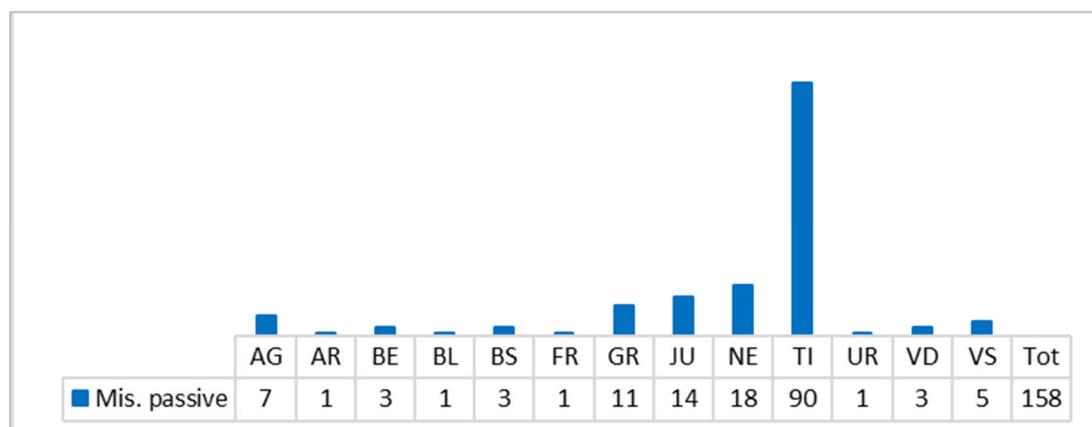


Grafico 4: Misure passive RAME (2019/2020) condotte per Cantone.

Attività 2.3 - Analisi risultati

I risultati delle 158 misurazioni disponibili hanno permesso di identificare 62 edifici all'interno dei quali è stato riscontrato un superamento del limite di riferimento (300 Bq/m^3), valore pari a circa il 40% del totale. I risultati sono schematizzati nel Grafico 5 in funzione dell'intervallo di concentrazione radon e della regione di riferimento.

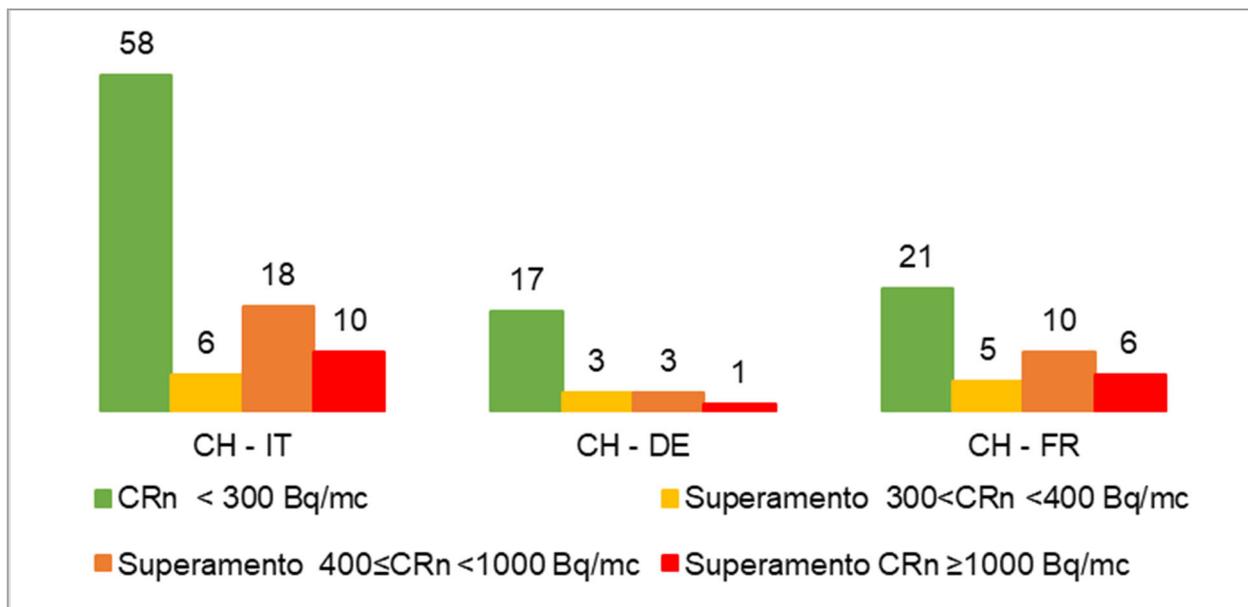


Grafico 5: Ripartizione misure passive per area geografica e concentrazione rilevata (158 edifici considerati).

La Figura 10 invece mostra la geolocalizzazione dei casi di superamento riscontrati.

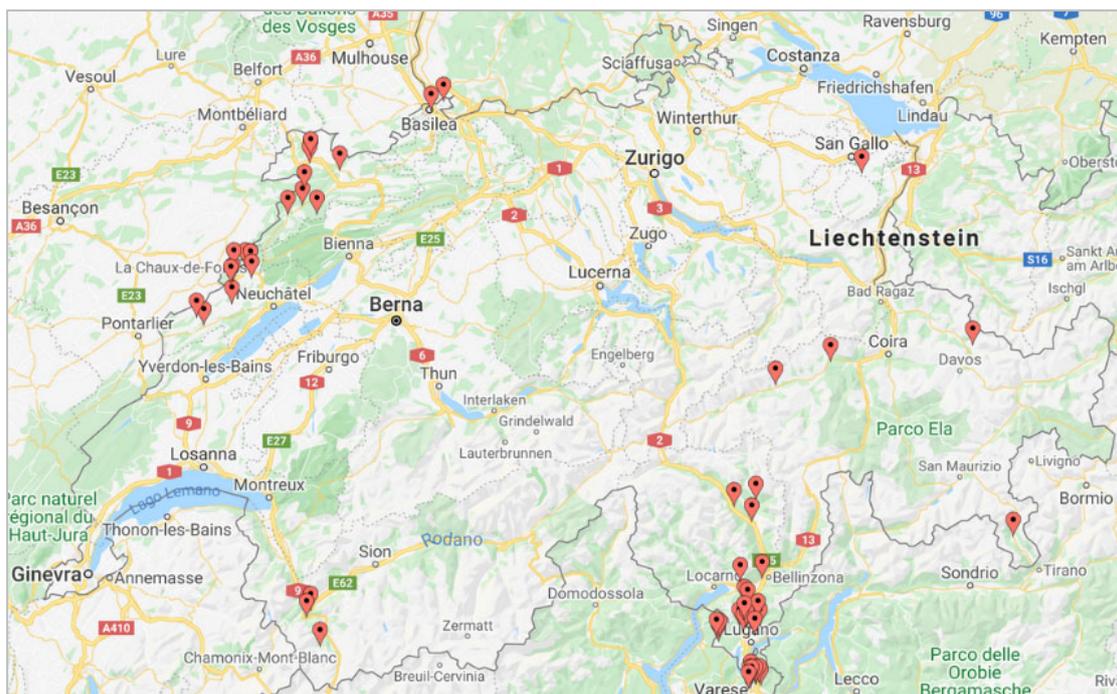


Figura 10: Mappatura dei superamenti riscontrati tramite misurazione passiva (62 edifici considerati).

Per procedere con l'analisi statistica dei dati raccolti si è deciso di considerare un locale rappresentativo per ogni edificio e per esso effettuare un confronto di tutte le misurazioni radon effettuate nel tempo (misure pre ed eventualmente post risanamento contenute all'interno della banca dati federale e misure passive condotte nell'ambito del progetto RAME).

La scelta del locale di riferimento è stata effettuata caso per caso sulla base delle informazioni a disposizione relative ad ogni singolo edificio. Particolare attenzione è stata data a quei locali per i quali erano presenti più misurazioni eseguite nel corso degli anni e alla significatività del locale in termini di tempo di permanenza.

Il grafico seguente schematizza il lavoro svolto per tutti i 158 edifici monitorati con misurazione passiva, al fine di definire per ciascuno il locale di riferimento per le analisi statistiche successive.

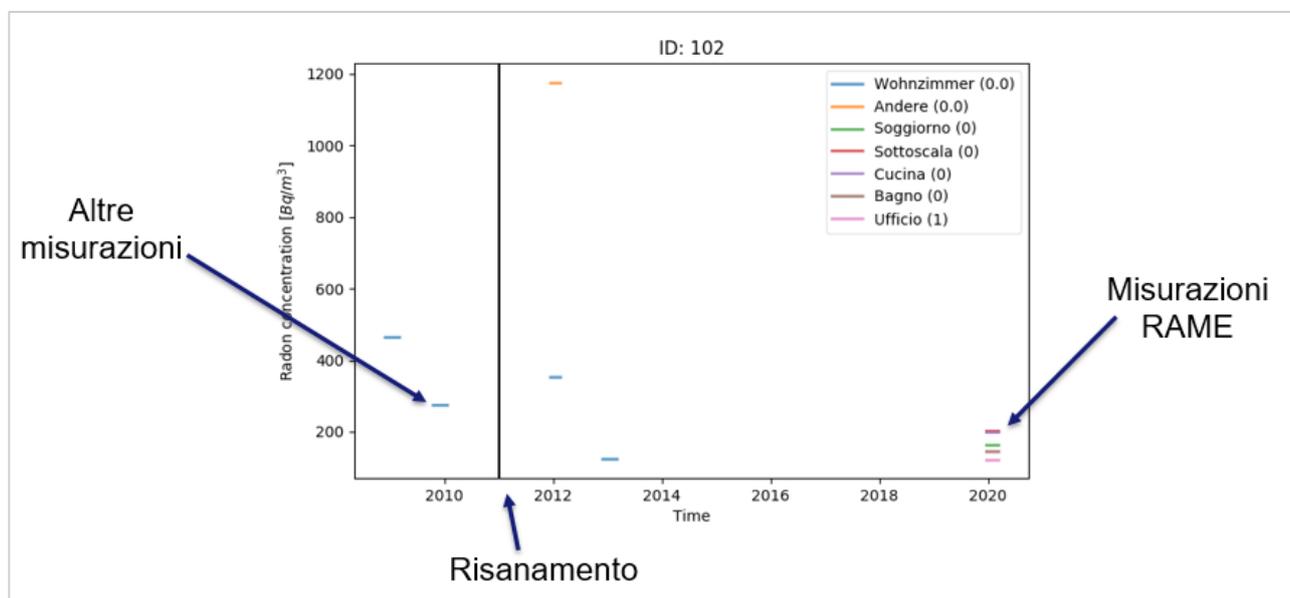


Grafico 6: Analisi di tutte le misure radon pre e post risanamento in un caso esplicativo.

Si segnala quindi come nelle analisi eseguite non siano state considerate tutte le misure condotte negli anni per tutti i locali di tutti gli edifici ma si è selezionato un locale per ciascun edificio per il quale analizzare la concentrazione nel tempo.

È partendo da questa selezione che sono state elaborate le analisi descritte di seguito.

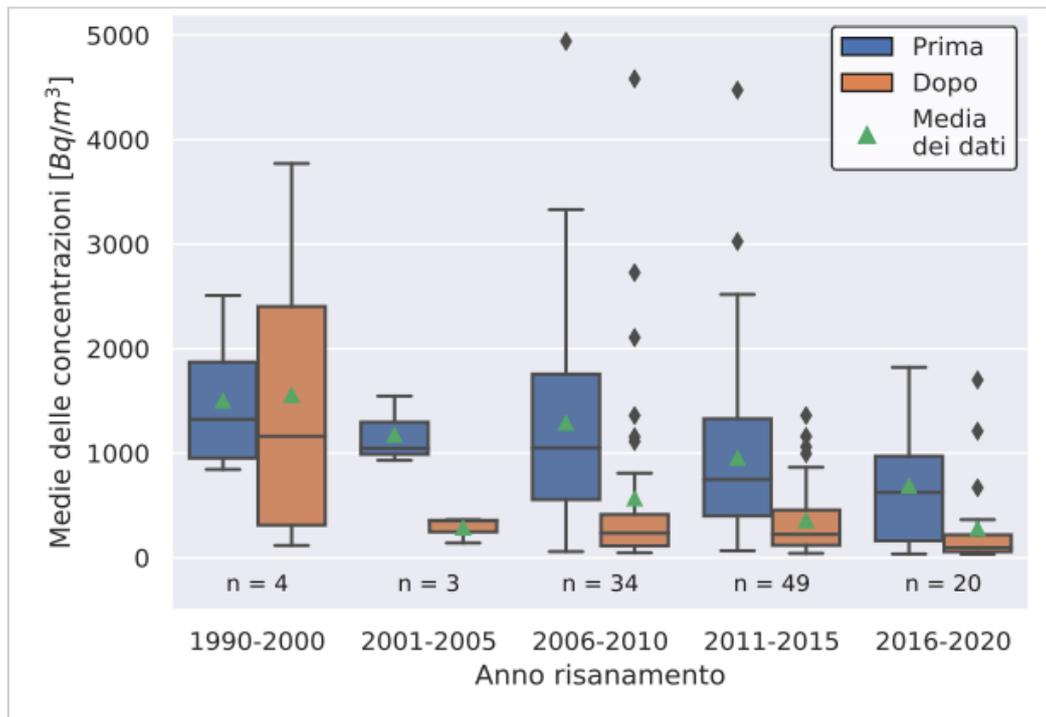


Grafico 7: Boxplot per confronto delle concentrazioni radon prima e dopo il risanamento (110 edifici considerati).

Nel Grafico 7 si evince che i boxplots arancioni, che rappresentano le concentrazioni di radon all'interno degli edifici dopo il risanamento, sono generalmente più concentrati vicino all'asse delle ascisse rispetto ai valori riscontrati prima del risanamento. Questo a significare una riduzione della media delle concentrazioni radon dopo l'installazione di un sistema di risanamento.

Analogamente, nel Grafico 8 si osserva che la maggior parte degli edifici si situa nella parte inferiore dello scatterplot, al di sotto del valore di 300 Bq/m³.

Le analisi presentate sia del Grafico 7 che del Grafico 8 considerano un totale di 110 edifici, vale a dire gli stabili dove è stata eseguita una misurazione sia prima che dopo il risanamento radon.

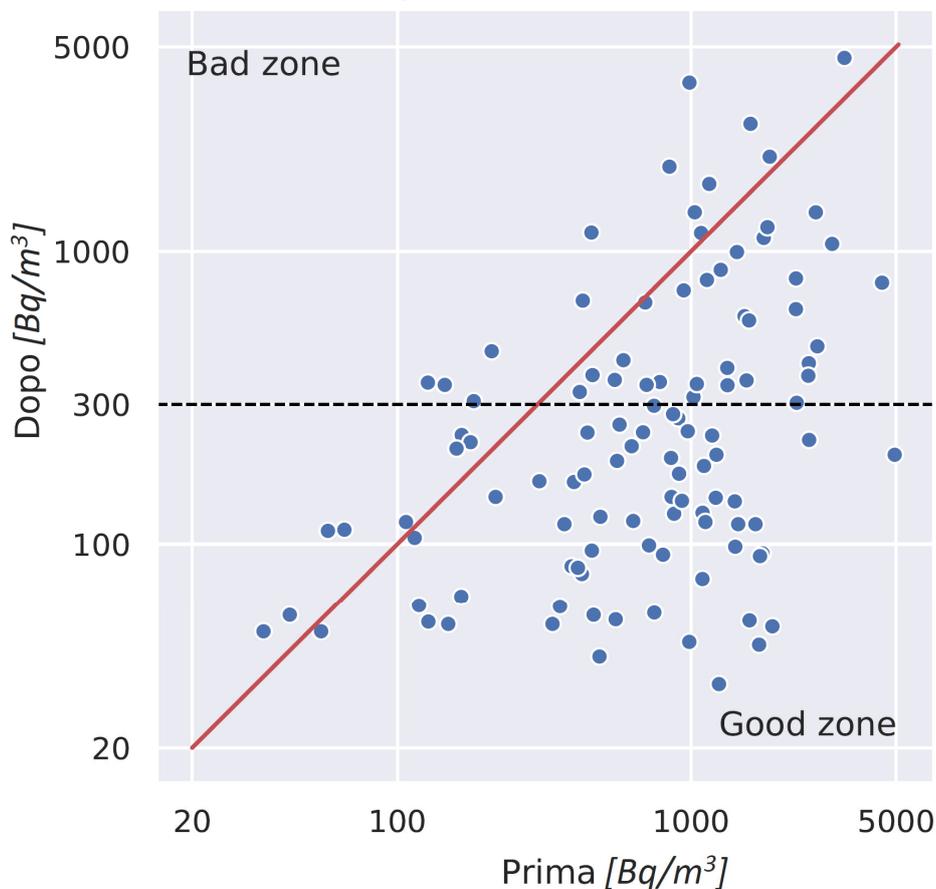


Grafico 8: Scatterplot con i valori prima e dopo il risanamento in scala logaritmica (110 edifici considerati).

Grazie ad un'analisi statistica (Student's paired t-test) è stato possibile confermare questa supposizione. Questo test confronta i dati forniti dalla stessa fonte prima e dopo un evento e restituisce un valore chiamato p-value. Se questo valore è più piccolo di una certa soglia, normalmente l'1% o il 5%, allora ci sono forti sospetti che qualcosa sia cambiato a seguito dell'occorrenza dell'evento. Se, al contrario, otteniamo una soglia sopra il 10%, non si può affermare che l'evento abbia influenzato la situazione. Un esempio nel quale questo test viene applicato frequentemente è per stabilire se un medicamento per la febbre è efficace oppure no misurando ad una persona influenzata la temperatura corporea e confrontando i risultati prima e dopo la somministrazione del farmaco. Questo processo viene ripetuto su un certo numero di persone. Se il confronto delle temperature prima e dopo la somministrazione del farmaco determina un p-value basso, allora il medicamento è efficace, mentre se il p-value è alto, probabilmente il medicamento non ha un buon effetto sulla riduzione della febbre.

Confrontando la concentrazione di radon prima e dopo il risanamento sulla base del p-value, si può quindi definire se l'intervento di risanamento realizzato su un determinato edificio abbia portato ad un effettivo miglioramento della situazione, cioè a una diminuzione della concentrazione di radon.

Con i dati raccolti si è ottenuto un p-value dell' $8.22 \times 10^{-10}\%$, valore che indica che un intervento di risanamento genera effettivamente dei benefici significativi in termini di riduzione della concentrazione di radon.

Si è poi proceduto ad analizzare la variabilità delle concentrazioni rilevate in funzione dell'anno di risanamento. Anche per questa analisi sono state considerate unicamente le misurazioni eseguite nell'ambito del progetto RAME all'interno dei locali di riferimento degli edifici risanati. I valori medi delle classi di anni di risanamento (2006-2010, 2011-2015, 2016-2020) per cui è disponibile un numero sufficiente di dati, mostrano che questi valori tendono ad aumentare con gli anni, o equivalentemente, gli edifici risanati più recentemente presentano una concentrazione media di radon minore. Ciò è probabilmente dovuto ad un miglioramento della tecnica di risanamento e al deterioramento nel tempo del sistema di risanamento, che in alcuni casi può generare malfunzionamenti.

Per cercare di comprendere meglio quali fossero i criteri capaci d'influenzare la variabilità nel tempo delle misure, sono state realizzate le analisi esplicitate nel Grafico 9 e nel Grafico 10.

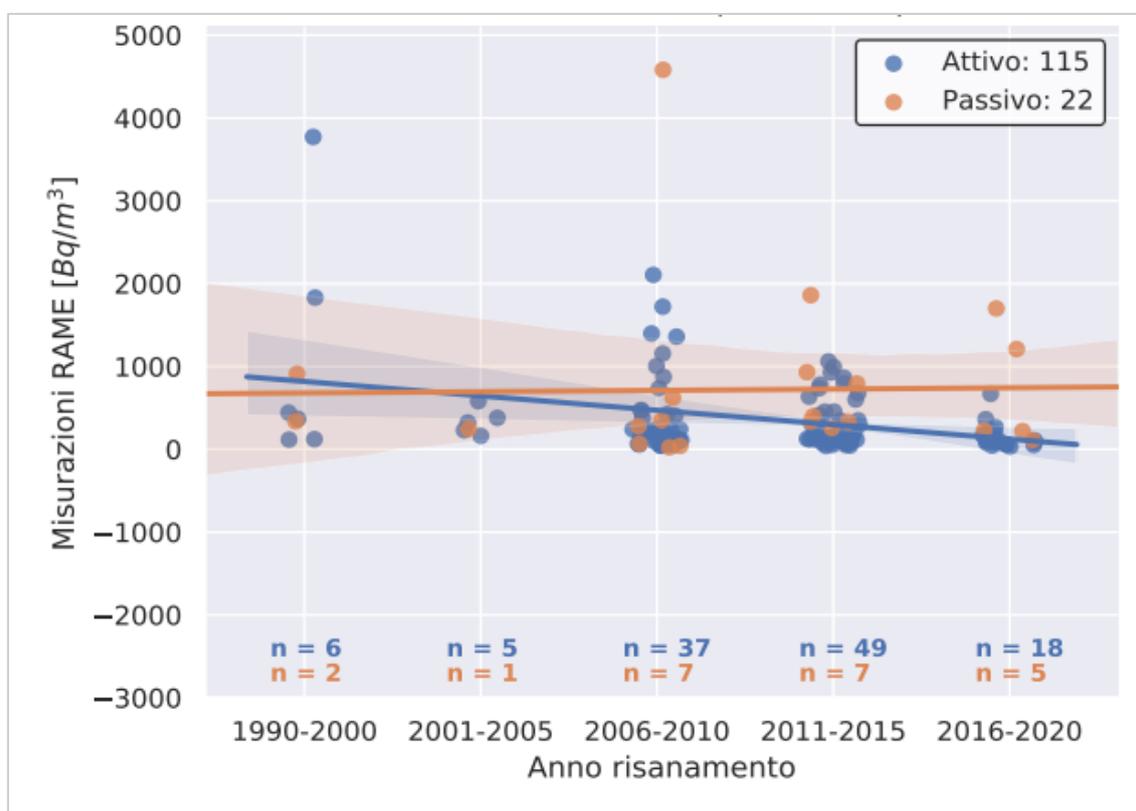


Grafico 9: Risanamento radon (137 edifici considerati).

Nel Grafico 9 sono rappresentate le misurazioni RAME eseguite all'interno degli edifici dove l'anno e la tipologia di risanamento sono conosciuti. In blu sono rappresentati i risanamenti attivi mentre in arancione quelli passivi. Nel grafico è possibile osservare due modelli lineari e le rispettive linee di regressione. Le aree ombreggiate rappresentano gli intervalli di confidenza al 95% per ciascuna regressione.

Si evince che la linea blu tende a scendere verso destra, di conseguenza i risanamenti attivi più recenti hanno un effetto maggiore. I risanamenti passivi, al contrario, sembrano rimanere costanti indipendentemente dall'anno di risanamento.

Per stabilire se c'è una differenza statisticamente significativa, è stato usato un test di Welch visto

che le varianze dei due gruppi sono abbastanza diverse. Il p-value trovato (9%) permette di rigettare l'ipotesi nulla e concludere che i due gruppi presentano differenze significative. Il comportamento nel tempo dei risanamenti attivi risulta quindi essere statisticamente diverso da quelli passivi.

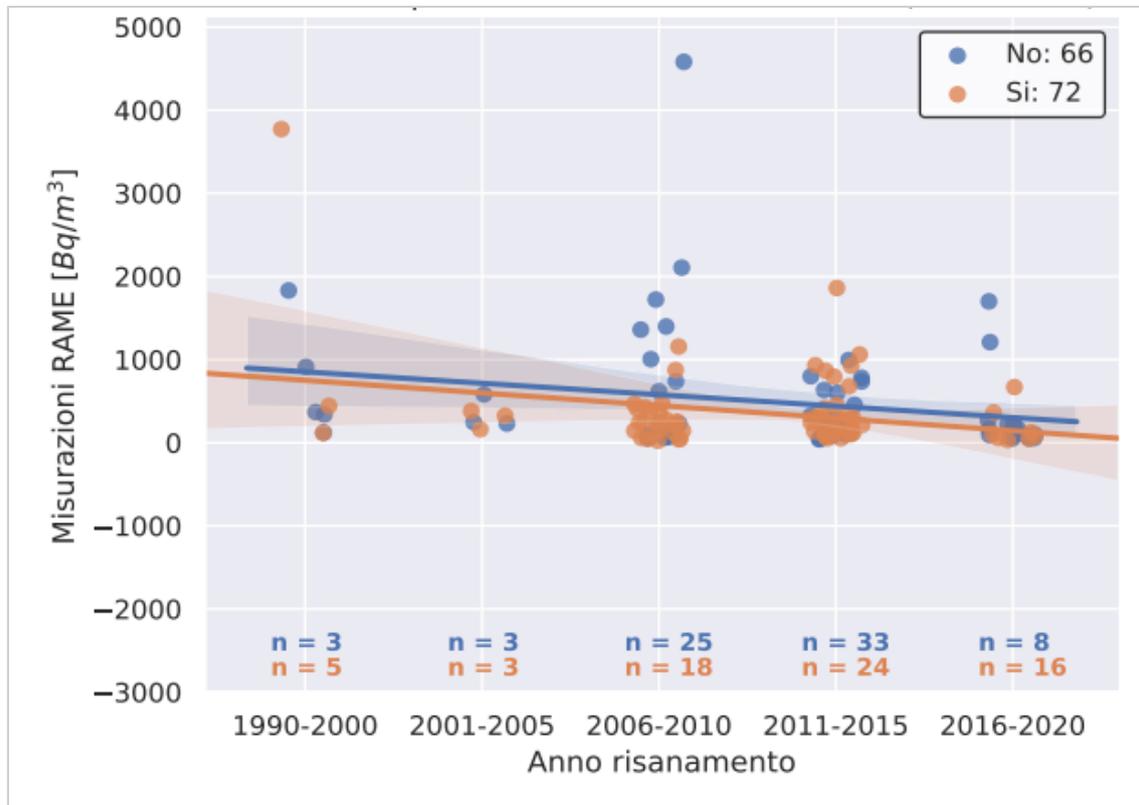


Grafico 10: Misurazione passiva una volta terminato il risanamento (138 edifici considerati).

L'analisi seguente ha voluto verificare l'influenza che l'esecuzione di una misurazione passiva post risanamento ha avuto sull'efficienza del sistema di risanamento. La linea blu in questo caso rappresenta gli edifici dove nessuna misurazione di controllo post risanamento è stata eseguita mentre nei casi illustrati in arancione sono rappresentati gli edifici dove la stessa è stata eseguita.

Nel Grafico 10 è possibile osservare che entrambe le linee di regressione si comportano allo stesso modo e sono relativamente vicine tra loro.

Per confermare questa impressione è stato eseguito un t-test di Welch, il quale ha restituito un p-value pari a 23.76%. Questo valore indica che, sulla base del campione di dati analizzati, effettuare misurazioni passive dopo il risanamento non influenzi significativamente l'efficienza del risanamento. Ciò è probabilmente dovuto al fatto che la maggior parte dei risanamenti, nonostante non siano verificati grazie ad una misurazione passiva ufficiale, hanno subito un controllo grazie ad una misurazione attiva.

Questo risultato non esclude assolutamente la necessità di una misurazione post-risanamento ritenuta necessaria al fine di certificare ufficialmente la buona riuscita dell'intervento implementato.

L'importanza di un supporto specialistico è stato il parametro che si è voluto investigare qui di seguito.



Grafico 11: Intervento eseguito con il supporto di un consulente radon (103 edifici considerati).

Nel Grafico 11 si osserva, inoltre, che i casi in cui il risanamento non è stato seguito da un consulente radon sono molto pochi (illustrati con il colore arancione).

In effetti, usando lo Student's unpaired t-test è stato trovato un p-value pari a 48.8%, il quale non permette di stabilire se ci sia una differenza significativa tra i due gruppi.

È possibile che nella realtà dei fatti questa condizione influisca sulle concentrazioni ma i dati in nostro possesso non hanno permesso di confermare questa ipotesi.

Per finire si è voluto verificare, grazie ad un test statistico, l'importanza di una manutenzione costante del sistema di risanamento. Nel Grafico 12 si osserva come effettuare una manutenzione sull'impianto radon porta la linea di regressione arancione in valori negativi. Ciò probabilmente a causa dei bassi valori a destra del grafico, contrapposti agli alti valori a sinistra. Al contrario, non effettuare la manutenzione determina una retta abbastanza piatta. Si ipotizza quindi che la retta arancione sia "manipolata" da poche osservazioni estreme.

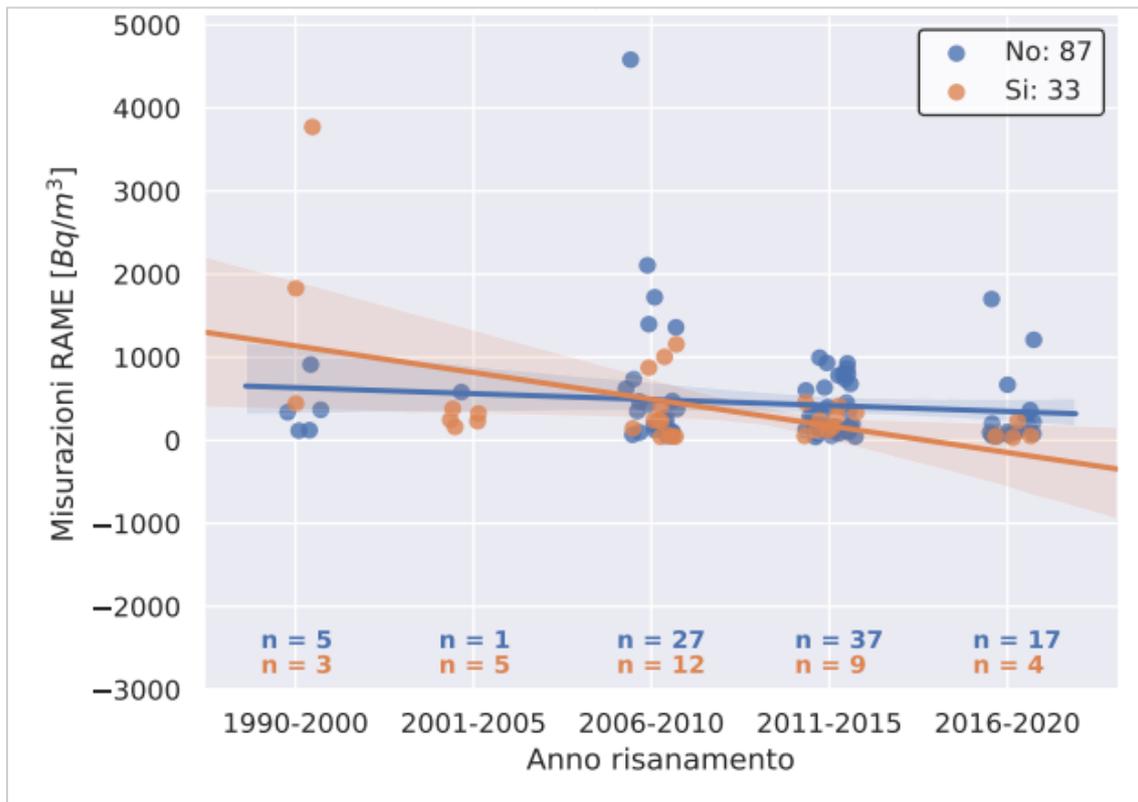


Grafico 12: Manutenzione impianto Radon (120 edifici considerati).

Calcolando il p-value con lo Student's unpaired t-test è stato trovato un valore pari a 75.74%, questo a significare che non vi è una differenza significativa tra i due gruppi. Eseguendo quindi questa analisi su tutti e 120 gli edifici dove tutte le informazioni necessarie sono disponibili, risulterebbe che effettuare o meno la manutenzione sull'impianto non influisca significativamente sulle concentrazioni. Tale affermazione è probabilmente frutto del numero contenuto di dati sui quali si basa l'analisi. Esito molto diverso hanno dato i sopralluoghi effettuati, i quali hanno evidenziato numerosi casi di manutenzione carente con conseguenti malfunzionamenti degli impianti di risanamento. Per molti di questi casi, come discusso di seguito, la messa in atto di interventi di manutenzione sull'impianto di risanamento ha permesso di ripristinare la buona efficacia di funzionamento degli stessi analizzata, mediante le misure, in termini di riduzione della concentrazione di radon.

7. Fase 3 – Analisi concentrazioni radon con misurazioni attive

Terminata l'analisi tramite dosimetria passiva, l'attenzione si è spostata su quegli edifici che, pur a fronte dell'implementazione di un sistema di risanamento radon, risultavano soggetti a valori di concentrazione radon superiori al livello di riferimento di 300 Bq/m³. L'obiettivo di questa terza fase di progetto è stato quello di analizzare puntualmente questi casi per capire i motivi del superamento.

Per poter eseguire un'analisi dettagliata si sono resi necessari dei sopralluoghi tecnici in sito, e nei casi più critici e rilevanti ai fini dell'analisi, anche delle ulteriori misurazioni attive, atte ad analizzare oggettivamente, la natura del malfunzionamento degli impianti di risanamento.

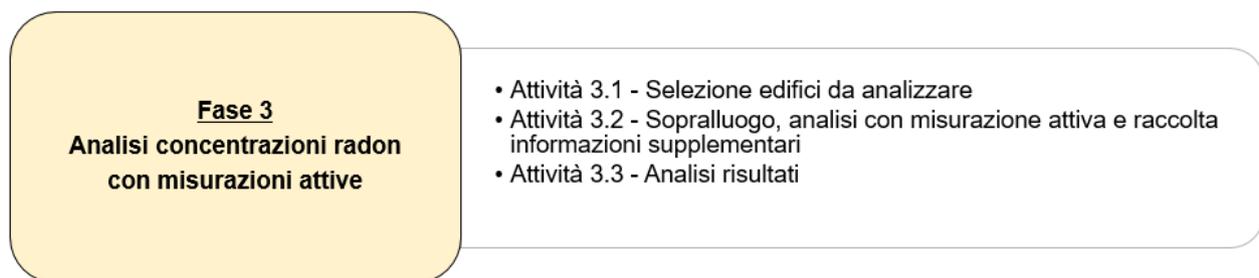


Figura 11: Fase 3 e relative attività.

7.1 Basi

La procedura seguita per effettuare le misurazioni radon di tipo attivo è quella definita dall'UFSP per l'esecuzione di misure di corta durata. Questo procedimento permette di stimare la concentrazione di radon e le possibili fonti d'infiltrazione su un periodo di analisi ridotto. La misurazione così condotta, della durata di almeno 5 giorni ed eseguita indipendentemente dalla stagione, viene generalmente effettuata in quelle situazioni nelle quali vi è la necessità di stimare velocemente la potenziale presenza e il superamento del valore di riferimento radon in un immobile (procedura ad esempio richiesta spesso durante gli atti di compravendita).

7.2 Metodologia

Nei casi in cui era nota la presenza di un sistema di risanamento radon, la misurazione passiva ha permesso di verificare o meno l'efficacia dello stesso nel tempo. Nei casi in cui i valori di riferimento erano superiori ai requisiti di legge, è risultato necessario verificare le cause del cattivo funzionamento.

Per questi ultimi casi è stato eseguito un sopralluogo tecnico finalizzato a verificare sul campo le possibili cause del malfunzionamento dell'impianto di risanamento radon. Per i casi ritenuti maggiormente significativi è stata inoltre eseguita una misurazione attiva seguendo la nuova procedura emessa dall'UFSP per le misure brevi.

Attività 3.1 – Selezione edifici da analizzare

Le situazioni dove il superamento è stato accertato in un solo locale senza soggiorno di persone (es. locale cantina, locale tecnico) sono, conformemente alle linee guida elaborata dall'UFSP, state

considerate come casi di non superamento. Si ricorda infatti che secondo le Istruzioni in materia di radon pubblicate dall'UFSP, i locali per i quali il tempo di permanenza è inferiore alle 15 ore/settimana sono classificabili come locali non di soggiorno.

Per i casi dove, all'interno dei locali con presenza di persone non si è riscontrato un superamento dei valori di riferimento si è provveduto a registrare le misurazioni effettuate nella banca dati federale. Successivamente si è provveduto ad inviare per posta a ciascun utente i risultati della misurazione accompagnati da una lettera di ringraziamento per aver partecipato al progetto. In questi casi, data la mancanza del superamento, non è stato necessario coinvolgere gli utenti nelle fasi successive del progetto.

Nei casi in cui è stato rilevato un superamento dei valori di riferimento si è passati alla fase descritta nel successivo paragrafo.

Attività 3.2 - Sopralluogo, analisi con misurazione attiva e raccolta informazioni supplementari

Terminata l'analisi tramite dosimetria passiva (nell'inverno 2019/2020), l'attenzione si è spostata su quegli edifici che nonostante l'implementazione di un sistema di risanamento radon dichiarato, risultavano soggetti a concentrazioni radon superiori al livello di riferimento di 300 Bq/m³. L'obiettivo di questa terza fase di progetto è stato quello di analizzare puntualmente questi casi per capire i motivi del superamento.

Per poter eseguire un'analisi dettagliata si è reso necessario effettuare un sopralluogo tecnico in sito per ciascuno di essi, e nei casi più critici e rilevanti ai fini del progetto, anche delle ulteriori misurazioni attive atte ad analizzare oggettivamente la natura del cattivo funzionamento degli impianti di risanamento.

La scelta dei casi nei quali effettuare approfondimenti è stata fatta sulla base dei 2 obiettivi seguenti.

OBIETTIVO A – Dose annuale cumulata

Sono state stimate le dosi cumulate in funzione delle abitudini di utilizzo dei locali dell'edificio o, in loro mancanza, ipotizzando i tempi di utilizzo in base alla tipologia di locale e d'utente (con particolare attenzione alla presenza di bambini, anziani o persone non autosufficienti).

Laddove il valore di dose annua cumulata superava i 50 mSv/anno si è proposta l'esecuzione di una misurazione attiva al fine di poter intervenire nel più breve tempo possibile. Sono stati esclusi i casi che presentavano valori elevati di radon a causa di malfunzionamenti dell'impianto di risanamento facilmente correggibili (come ad esempio in caso di ventilatore spento o rotto).

OBIETTIVO B – Complessità del risanamento

Vista la complessità dell'intervento di risanamento adottato, la soluzione tecnica utilizzata (in alcuni casi sono presenti più sistemi) e la particolare situazione geologica del sito (presenza di faglie, cavità ecc.) è stata ritenuta necessaria una misurazione attiva volta a meglio comprendere e categorizzare le soluzioni adottate.

Nei casi individuati come maggiormente significativi, si è deciso di procedere con lo svolgimento di misurazioni attive. È stata pertanto definita una procedura di misurazione comune e condivisa per tutti i casi scelti che fosse implementata conformemente su tutto il territorio nazionale.



Suddetta procedura è stata definita dai partner di progetto durante un sopralluogo svolto in un'abitazione in Cantone Ticino, nella quale, pur a fronte dell'installazione di un sistema di risanamento attivo, realizzato per mezzo di un pozzo radon e ventilatore, a distanza di anni dalla messa in esercizio dell'impianto, la misurazione radon eseguita nella Fase 2 di progetto ha permesso di appurare un superamento significativo del valore di riferimento.

Durante il sopralluogo è stato così possibile definire le procedure da attuare da ciascun partner per i casi di propria pertinenza, suddivisi in funzione della distribuzione sul territorio nazionale. Questo procedimento ha permesso di standardizzare la metodologia di indagine sul campo, la tipologia di misura da effettuare e la documentazione da compilare per verbalizzare quando riscontrato in fase di controllo.

Si riportano di seguito alcune foto realizzate durante il sopralluogo.



Misura attiva indoor



Misura attiva outdoor sotto fondazione



Misura pressione differenziale: misura pressione esterna.



Misura pressione differenziale: misura pressione interna.

Figura 12: Foto durante i sopralluoghi.

Durante ciascun sopralluogo dispone di un dossier che sintetizzava tutte le informazioni raccolte durante le varie fasi di indagine condotte (questionari). Il dossier creato conteneva i risultati della misurazione passiva, così come la documentazione relativa all'edificio (planimetria immobile, rapporto di risanamento, foto intervento, ecc.).

Il numero di sopralluoghi effettuati e delle prime misurazioni attive effettuate è riportato nella tabella seguente:

	CH - IT	CH - DE	CH - FR	Totale
Numero sopralluoghi	34	6*	21	61*
Misurazioni attive effettuate	8	0	8	16

* In un caso di superamento non è stato eseguito il sopralluogo causa assenza del proprietario

Tabella 2: Sopralluoghi e misurazioni attive effettuate.

Necessaria, per l'esecuzione di una misurazione attiva di breve durata, è stata la condizione che l'immobile si trovasse in uno stato tale da favorire l'infiltrazione di radon dal terreno. Ciò consiste concretamente in una chiusura di tutte le finestre e le porte (verso l'esterno) e la presenza di una leggera depressione all'interno dell'edificio causata dalla cappa aspiratrice della cucina o, eventualmente, da un ventilatore installato provvisoriamente. È stato inoltre necessario, come richiesto dal protocollo UFSP, misurare le condizioni di depressione durante tutto il periodo di misurazione; questo valore, per almeno l'80% del tempo di misurazione, nel locale abitato più vicino al terreno, deve essere compresa fra -4 e -0,5 Pascal.

7.3 Risultati

Attività 3.3 - Analisi risultati

I casi di superamento riscontrati sono stati 62 (61 edifici residenziali ed uno stabile amministrativo). Per essi si è proceduto alla raccolta di ulteriori informazioni (tramite richiesta ai proprietari) e sopralluogo in sito per i casi più interessanti e per i quali fosse certa la presenza di un sistema di risanamento radon.

Nella tabella seguente vengono suddivisi i casi di superamento in funzione delle diverse regioni linguistiche.

Concentrazioni radon	CH - IT	CH - DE	CH - FR	Totale complessivo
Tra 300 Bq/m ³ e 399 Bq/m ³	6	3	5	14
Tra i 400 Bq/m ³ e i 1000 Bq/m ³	18	3	10	31
Sopra i 1000 Bq/m ³	11	1	5	17
Totale complessivo	35	7	20	62

Tabella 3: Casi di superamento per classi di concentrazione radon superiore al livello di riferimento e per ambito territoriale.

In 58 dei 62 casi precedentemente identificati è presente un sistema di risanamento radon, che risulta quindi poco o non efficace, come evidenziato nella tabella seguente. In 3 edifici non è stato trovato alcun sistema di risanamento mentre in 1 caso ci si è trovati in presenza di un caso di prevenzione.

Tipologia di risanamento nei casi di superamento	Numero edifici
Nessun risanamento eseguito	3
Prevenzione nuovo edificio	1
Risanamento attivo (sistema di ventilazione installato)	41
Risanamento passivo (nessun sistema di ventilazione installato)	14
Risanamento passivo e risanamento attivo	3
Totale complessivo	62

Tabella 4: Sistemi di risanamento risultati inefficienti.

Gli edifici per i quali è stato identificato un intervento di risanamento radon sono stati risanati nei periodi temporali riportati nel Grafico 13.

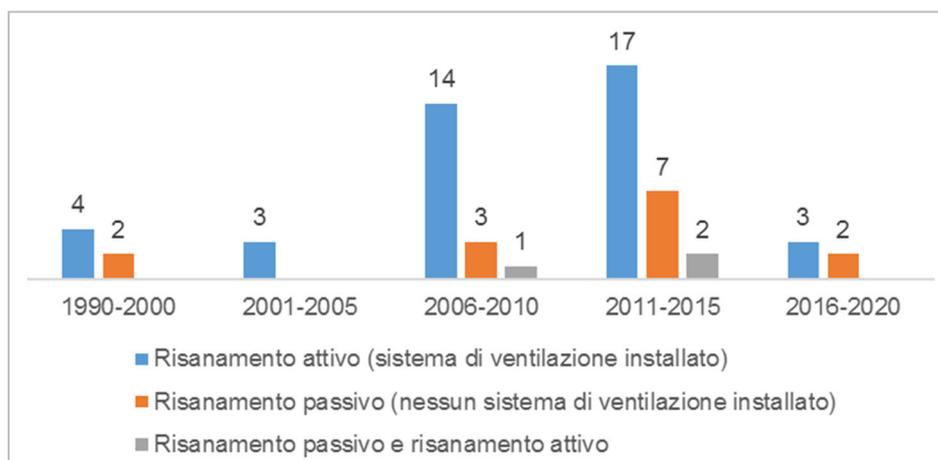


Grafico 13: Ripartizione per periodo temporale degli interventi di risanamento radon per i quali è stato riscontrato un superamento dal valore limite (58 edifici considerati).

La tabella seguente schematizza le altre informazioni emerse dai questionari e convalidate in fase di sopralluogo:

	Manutenzione impianto	Intervento svolto da un consulente radon	Misurazione post intervento
Si	14	39	30
No	41	5	28
Informazione sconosciuta	3	14	0
Totale complessivo	58	58	58

Tabella 5: Informazioni ulteriori convalidate in fase di sopralluogo.

Come si evince dalla Tabella 5 in quasi la metà degli edifici nei quali è stato rilevato un superamento del valore limite non sono mai state effettuate misurazioni in seguito all'intervento di risanamento che invece sono importanti per poter verificare l'efficacia e la corretta messa in opera dello stesso.

I sopralluoghi sono stati effettuati nel periodo tra gennaio e luglio 2020 e l'ispezione visiva degli impianti di risanamento ha permesso di categorizzare le tipologie di malfunzionamento illustrate nella tabella seguente.

Tipologia di malfunzionamento (casi di superamento)	N. casi
Risanamento passivo non adeguato	17
Risanamento passivo con manutenzione carente	1
Ventilatore spento	2
Ventilatore con aspirazione/insufflazione non adeguata	25
Ventilatore rotto	4
Bocchette di aerazione occluse	4
Impianto di ventilazione occluso (condensa, animali, ecc.)	0
Modifica edificio/risanamento energetico	13
Modifica destinazione d'uso dei locali	2
Risanamento secondo vecchia ordinanza	34
Altro (cause varie e diversificate)	14

Tabella 6: Tipologie di malfunzionamento degli impianti di risanamento rilevate.

Il totale dei casi presentati nella Tabella 6 è maggiore rispetto ai 62 casi di superamento riportati precedentemente. Questa differenza è dovuta al fatto che per alcuni impianti sono stati riscontrati contemporaneamente più malfunzionamenti.

In alcuni casi (10 casi rilevati), l'ostruzione di eventuali griglie metalliche o di materiale depositato nelle condotte ha ostacolato l'espulsione dell'aria contaminata.

La Figura 13 rappresenta un caso riscontrato in cui la griglia risultava ostruita da sporcizia e di conseguenza il sistema non efficiente. La misura attiva in fase di sopralluogo ha dimostrato una maggiore efficienza del sistema una volta pulita la griglia.



Figura 13: Lamiera metallica a protezione del ventilatore che ostruiva la fuoriuscita di aria contaminata di radon.

Di seguito sono illustrati altri esempi delle principali cause di malfunzionamento:

		
Sistema non ermetico con rispettive importanti perdite interne	Regime del ventilatore troppo basso	Ventilatore rotto

	
Aspirazione insufficiente a causa dell'assenza del ventilatore	Il gas estratto viene espulso a livello della strada, in prossimità dell'ingresso all'edificio.

Figura 14: Principali cause di malfunzionamento dei sistemi di risanamento radon.

8. Fase 4 - Verifica efficacia adeguamenti

Le misurazioni attive e i sopralluoghi eseguiti hanno permesso di definire una serie di raccomandazioni da implementare da parte dei proprietari. L'attuazione di queste raccomandazioni in alcuni casi ha favorito il ripristino dell'efficacia funzionale dell'impianto radon.

È per questo motivo che si è reso necessario riproporre una misurazione passiva ufficiale, della durata minima di 90 giorni, da effettuare nella stagione invernale 2020-2021, finalizzata a verificare il ripristino o meno delle concentrazioni radon al di sotto del valore di riferimento, a seguito dell'implementazione delle proposte di intervento sui sistemi di risanamento risultati essere diventati poco efficaci.

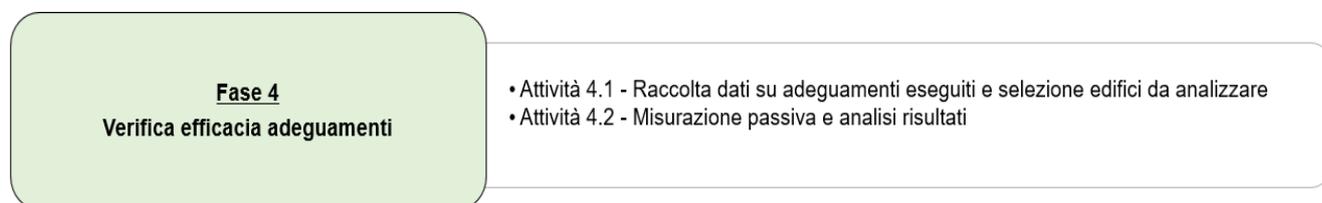


Figura 15: Fase 4 e relative attività.

8.1 Basi

I sopralluoghi hanno permesso di identificare le criticità e gli aspetti più importanti da considerare nell'ambito dei risanamenti radon, gli errori più comuni e le attività di manutenzione necessarie.

Gli interventi attivi effettuati negli ultimi anni risultano più efficaci rispetto agli interventi meno recenti o passivi. Questo sia per il diffondersi di conoscenze nel settore, che hanno permesso nel tempo di migliorare la tecnica degli interventi, sia perché trattasi di interventi meno vetusti.

Nella maggior parte dei casi i proprietari non hanno effettuato alcun tipo di manutenzione nel tempo e nessuna misura di verifica post risanamento. Allo stato attuale non è dato sapere se tale carenza sia dovuta ad una negligenza da parte del proprietario oppure ad un'informazione non corretta fornita da parte del professionista che si è occupato del risanamento.

Alla luce delle considerazioni emerse è stato ritenuto importante approfondire alcuni aspetti e consigliare alcuni interventi da implementare per verificare il ripristino del buon funzionamento degli impianti. Per questo motivo si è scelto di effettuare una seconda misura passiva, nel corso dell'inverno 2020-2021, per quegli utenti che, a seguito del superamento della concentrazione limite e della constatazione della problematica connessa al funzionamento dell'impianto, hanno scelto di effettuare, nell'estate 2020, un intervento di manutenzione sul proprio impianto di risanamento.

8.2 Metodologia

Attività 4.1 – Raccolta dati su adeguamenti eseguiti

Durante i sopralluoghi sono stati forniti consigli tecnici ai proprietari, finalizzati a ridurre le concentrazioni di radon mediante interventi sul sistema di risanamento in precedenza installato.

Gli interventi consigliati sono stati classificati come segue:



- Realizzazione punto di aspirazione e installazione di un ventilatore;
- Installazione di un nuovo ventilatore avente portata e capacità estrattiva maggiore;
- Aumento velocità ventilatore;
- Creazione pozzo radon;
- Manutenzione sull'impianto esistente e successiva misura;
- Rinnovo misura con ventilatore in funzione;
- Risanamento.

È stato richiesto ai proprietari di implementarli in un intervallo di tempo definito, terminato il quale si è reso necessario ricontattare tutti i proprietari ed analizzare quanto fatto.

Per raccogliere queste informazioni e trattarle in forma scientifica, sotto forma di dati per un'analisi analitica, è stato creato un terzo questionario inviato ai 62 proprietari di edifici nei quali era risultato un superamento del valore di riferimento (300 Bq/m³) nonostante la presenza di un risanamento.

Il questionario ha come obiettivo la raccolta di informazioni relative agli interventi di manutenzione messi in atto per ripristinare la concentrazione radon al di sotto del valore di riferimento. Nello specifico si è chiesto ai proprietari di dettagliare gli interventi implementati per verificare dapprima se fossero intervenuti o meno per risolvere il problema manifestatosi in fase di sopralluogo e poi per indagare sulla messa in atto di misure conformi o diverse da quelle consigliate nell'ambito di questo progetto. Ai proprietari è stato inoltre richiesto di fornire immagini e descrittivo degli interventi.

Attività 4.2 – Misurazione passiva e analisi risultati

Per verificare il ripristino della concentrazione di radon al di sotto del valore di riferimento, implementati gli interventi di manutenzione, sono state effettuate ulteriori misure passive durante la stagione invernale 2020-2021, negli stessi locali monitorati nella Fase 1.

In maniera analoga a quanto fatto nella Fase 2 del progetto, sono stati inviati 5 dosimetri a 52 proprietari (di cui 30 in Ticino, 19 in Svizzera francese e 3 in Svizzera tedesca) scelti tra i 62 casi di superamento. Sono stati esclusi i casi in cui non era presente un sistema di risanamento, non è stato possibile effettuare il sopralluogo o i cui proprietari hanno scelto di non implementare alcun intervento migliorativo sul sistema di risanamento non ben funzionante e dunque per i quali non sarebbe risultato utile effettuare nuovamente la verifica della concentrazione di radon nell'immobile.

È stato richiesto ai proprietari di posare i dosimetri negli stessi locali monitorati durante la Fase 1 per avere un confronto diretto tra i valori di concentrazione radon con sistema di risanamento malfunzionante e valori di concentrazione radon con sistema di risanamento ripristinato.

8.3 Risultati

Attività 4.1 – Raccolta dati su adeguamenti eseguiti e selezione edifici da analizzare

Il questionario inviato ai 58 utenti è stato compilato da 45 proprietari ed ha permesso di far emergere i dati riportati nella tabella sottostante, che riassume il numero di interventi di manutenzione implementati e la loro tipologia. Le varie tipologie sono invece descritte nel Grafico 14 (per uno stesso impianto di risanamento radon possono essere stati effettuati più interventi di manutenzione contemporaneamente).

Conferma interventi di manutenzione	N. edifici
Interventi di sostituzione/riparazione/manutenzione che sono previsti prossimamente	4
Non saranno attuati degli interventi sostituzione/riparazione/manutenzione	5
Sono stati attuati degli interventi di sostituzione/riparazione/manutenzione	36
Totale complessivo	45

Tabella 7: interventi di manutenzione sul sistema di risanamento radon effettuati a fronte del superamento.

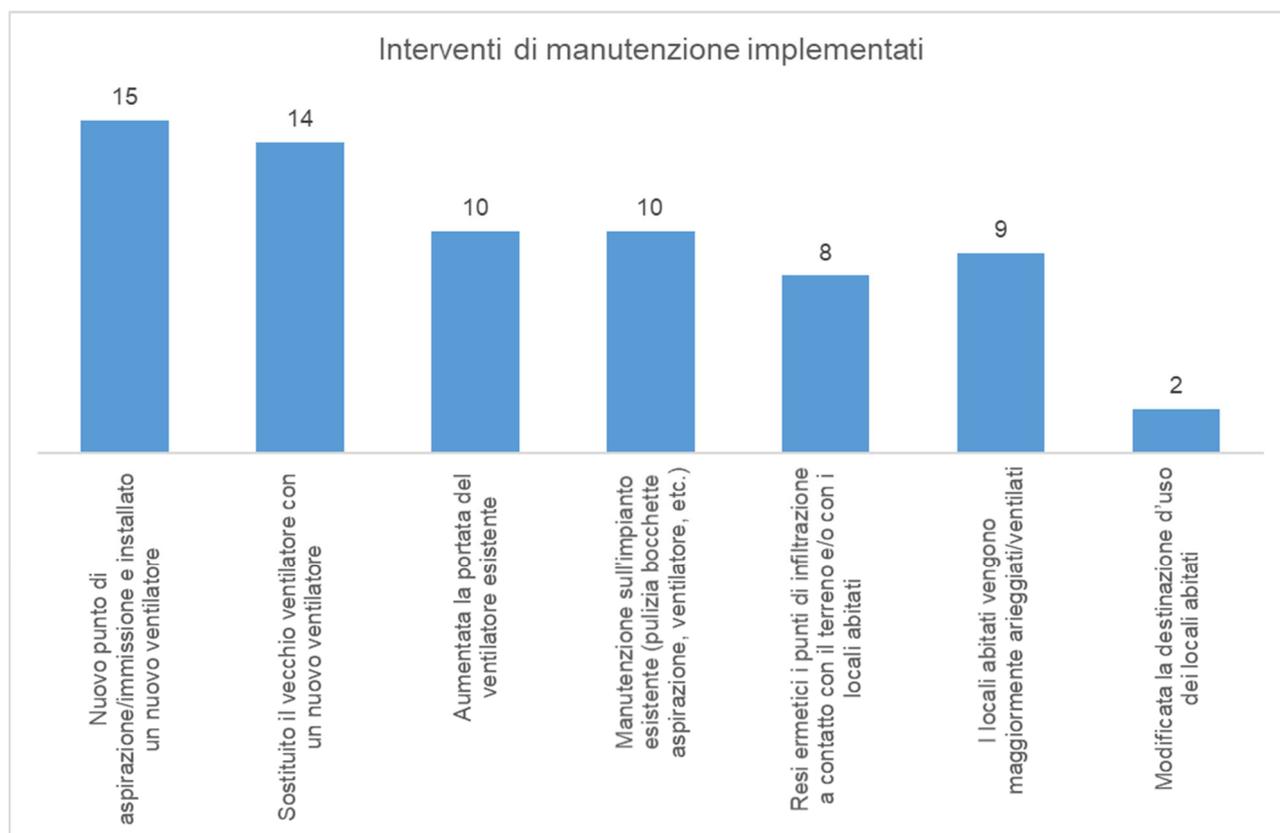


Grafico 14: Tipologia di interventi di manutenzione implementati (45 edifici considerati; per uno stesso edificio in alcuni casi sono stati messi in atto più interventi).

Attività 4.2 – Misurazione passiva e analisi risultati

Sono state effettuate complessivamente 50 misurazioni, con 5 dosimetri per ciascun immobile.

Questa seconda misura passiva ha permesso di verificare l'efficacia o meno degli interventi di manutenzione del sistema di risanamento radon messi in atto dai proprietari successivamente alle considerazioni effettuate a seguito del sopralluogo.

In 27 casi (54% sul totale) gli interventi di manutenzione implementati si sono dimostrati efficaci e hanno permesso il ripristino delle concentrazioni radon al di sotto del valore di riferimento; questo a confermare la necessità di monitorare il buon funzionamento dei sistemi di risanamento nel tempo

e la necessità di effettuare una manutenzione regolare degli stessi senza limitarsi alla loro sola implementazione. Ciò in quanto nel corso del tempo, l'usura delle componenti impiantistiche e meccaniche degli stessi e/o i cambiamenti funzionali dell'edificio riducono l'efficacia del sistema e di conseguenza il buon funzionamento, a scapito della rimozione del radon dall'immobile ad insaputa dei proprietari convinti di non avere più concentrazioni di radon pericolose nella propria abitazione.

Nei restanti 23 casi (46% sul totale), invece, il superamento del valore di riferimento della concentrazione di radon è stato riconfermato. Questo in alcuni casi è stato determinato dall'assenza o dalla scarsa efficacia degli interventi applicati dai proprietari. In altri casi invece, pur a fronte di interventi importanti (quali per esempio la sostituzione del ventilatore) non è stato possibile rilevare un abbattimento importante delle concentrazioni di radon.

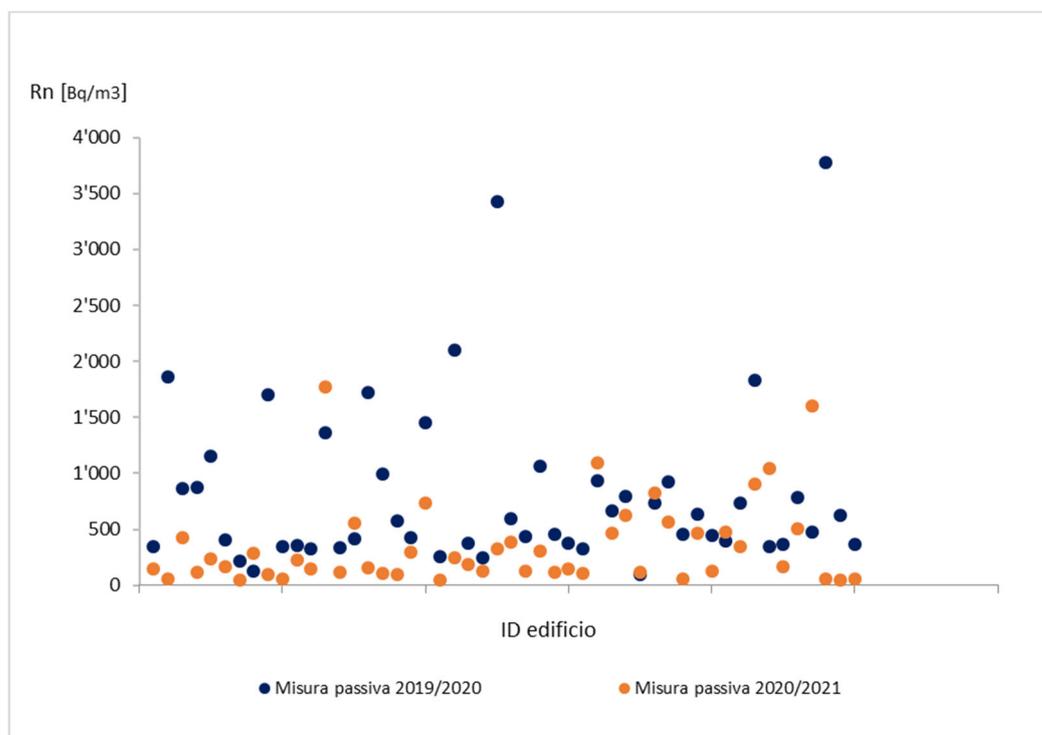


Figura 16: Confronto misura passiva 19/20 e 20/21 (50 edifici considerati)

La figura 16 mostra il confronto, per il solo locale di riferimento scelto per ciascun immobile, tra la misura passiva 2019/2020 (in blu) e il risultato della misura passiva 2020/2021 (arancione).

Si evince una netta diminuzione delle concentrazioni. Tale riduzione è evidenziata anche nella figura seguente, dove viene evidenziata l'efficacia degli interventi implementati espressa in funzione della loro tipologia. Questa riduzione viene espressa in funzione della media di tutte i casi attribuibili all'intervento implementato. Nell'ambito dell'analisi viene considerato il risultato della misurazione passiva 2019-2020 (precedente all'intervento di manutenzione) e della misurazione 2020-2021 (post risanamento) per il locale di riferimento precedentemente individuato.

Il numero di edifici attribuibili ad ogni classe di intervento, e di conseguenza considerati all'interno dell'analisi, diverge. Le categorie maggiormente rappresentate sono quelle dove è stata eseguita una manutenzione dell'impianto di risanamento (n=10) e dove è stato installato un nuovo ventilatore con portata e capacità maggiorata (n=11). La creazione di un pozzo radon, intervento più complesso ed oneroso è invece stato implementato unicamente in 3 edifici. Per finire in 4 casi gli interventi eseguiti non sono noti.

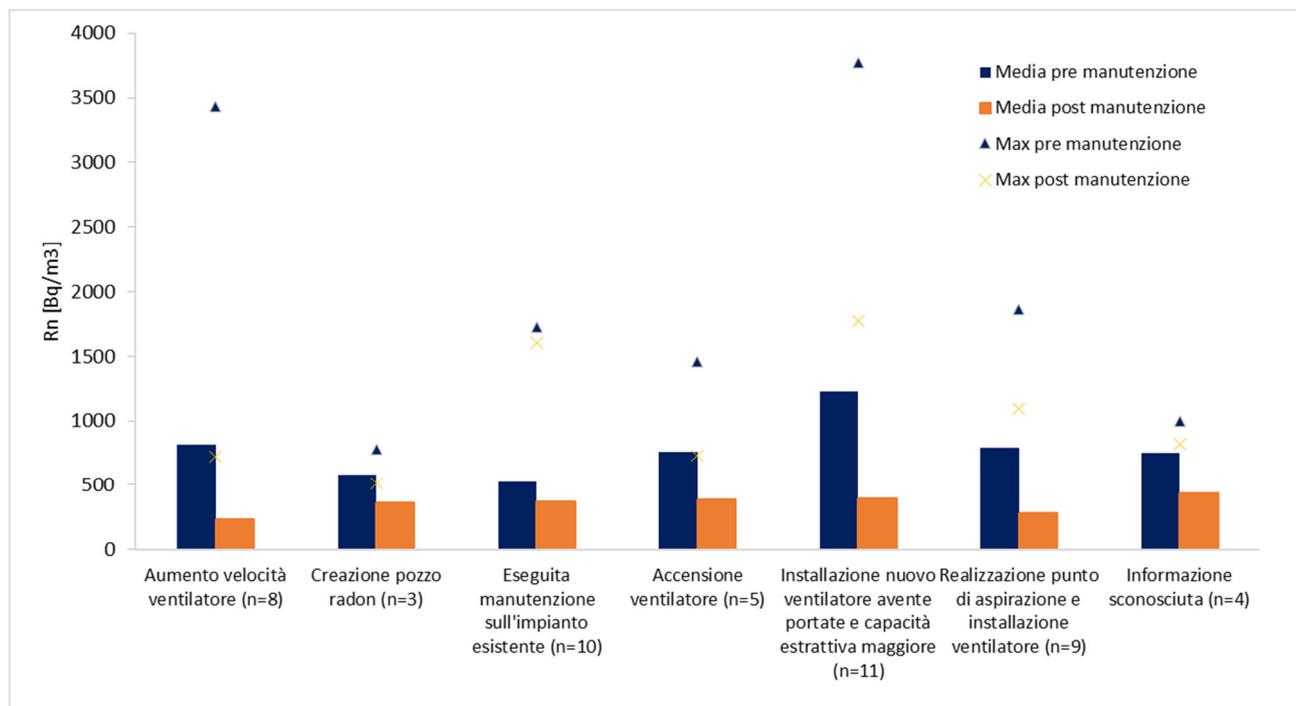


Figura 17: Valore medio e massimo della concentrazione di radon in funzione della tipologia di intervento implementato prima e dopo gli interventi di manutenzione proposti

La riduzione maggiore è stata constatata a seguito dell'aumento della velocità del ventilatore così come nel caso della posa di un nuovo ventilatore. La creazione di un pozzo radon sembra invece aver permesso una riduzione più contenuta delle concentrazioni. Tale condizione è tuttavia probabilmente dovuta al numero relativamente esiguo (n=03) di casi contenuti in questa classe.

9. Conclusioni

Il presente studio ha permesso di raccogliere informazioni e dati utili sui sistemi di risanamento radon presenti in Svizzera e sulla loro efficacia nel tempo, sia in funzione della tipologia di intervento e delle caratteristiche tecniche, sia in riferimento alla modalità con la quale viene gestita la manutenzione nel corso degli anni.

Le principali domande di ricerca alle quali il presente progetto ha cercato di rispondere sono state le seguenti.

1. Quanti edifici sono stati risanati in Svizzera (documentabili) e quali sono le principali metodologie di risanamento impiegate?
2. Quale è la variabilità nel tempo delle concentrazioni radon negli edifici risanati?
3. Quali sono i criteri che ne influenzano la variabilità?
4. Quale è l'attendibilità di questi risultati?
5. In che modo le misurazioni attive danno informazioni più complete sull'esposizione? Qual è l'esposizione reale rispetto ai valori medi riscontrati?
6. Quali sono le cause principali dell'aumento nel tempo delle concentrazioni radon?
7. A cosa occorre prestare attenzione per evitare questi aumenti?

Per rispondere a queste domande, riassumendo sinteticamente i risultati illustrati più in dettaglio nei capitoli precedenti, si può concludere che, sulla base del campione di dati raccolto ed analizzato, non esiste attualmente un censimento completo degli edifici risanati presenti su tutto il territorio nazionale. Risulta quindi difficile, se non impossibile affermare con certezza quanti edifici siano stati risanati in Svizzera. Tale lacuna dovrà essere, dal nostro punto di vista, colmata nel medio termine grazie ad una raccolta dati più rigorosa.

Dall'analisi dei casi censiti risulta che i principali interventi di risanamento contemplano l'installazione di un ventilatore per la messa in depressione del terreno sottostante l'edificio.

Dalle analisi svolte questa tipologia di intervento è risultata quella più efficace. Gli interventi realizzati più recentemente sono inoltre risultati essere più efficienti in termini di riduzione del radon, sostanzialmente per due motivi: la minor vetustà dell'impianto e l'aumento di conoscenza della tecnica nel corso degli anni, che ha permesso di limitare gli errori di progettazione commessi in passato.

Le concentrazioni radon all'interno degli edifici risanati è inoltre variabile nel tempo a causa di numerosi fattori, tra cui la perdita di efficacia dei sistemi di risanamento (vetustà e relativa portata ridotta dei ventilatori, rotture meccaniche) e la mancanza di manutenzione degli impianti stessi, che richiedono invece interventi di pulizia costante. Tali carenze determinano l'aumento delle concentrazioni radon indoor e in alcuni casi il ripristino di valori al di sopra del livello di riferimento, con conseguente esposizione al radon dei proprietari ignari e poco consapevoli in quanto convinti di avere un sistema funzionante di abbattimento delle concentrazioni.

Riassumiamo inoltre qui di seguito una serie di spunti di riflessione emersi nel corso dello studio, validi per tutto il territorio nazionale. Essi sono identificati in funzione del loro obiettivo.

PROPOSTA A.1: CONSOLIDAMENTO RISULTATI RAME

Problema: gli obiettivi del progetto, seppur si possono dire raggiunti, portano, visto il numero ridotto di casi trattati, a conclusioni statisticamente deboli.

Possibili azioni: le procedure implementate nell'ambito del presente progetto dovrebbero essere prorogate nel tempo al fine di raccogliere sistematicamente informazioni rilevanti relative ai risanamenti radon. Ciò permetterebbe l'ottenimento di dati più solidi e statisticamente rilevanti e richiederebbe una raccolta sistematica di tutte le informazioni relative ad eventuali risanamenti radon.

Sinergia con PROPOSTA A.2, PROPOSTA A.3 e PROPOSTA A.4

PROPOSTA A.2: AUMENTO DELLE MISURAZIONI POST RISANAMENTO

Problema: mancanza di misurazioni ufficiali di comprova a seguito dell'intervento di risanamento.

Possibili azioni: promuovere l'esecuzione di misurazioni di controllo offrendo gratuitamente tale prestazione. Tale misurazione verrebbe offerta dall'autorità federale ai proprietari di edifici dove sono state rilevate concentrazioni superiori al valore di riferimento e che hanno effettivamente eseguito un risanamento radon. Questa promozione, limitata nel tempo, intende sensibilizzare le persone e promuovere il risanamento, mentre allo stesso tempo vengono raccolte informazioni che possono essere molto valide per la comprensione dei casi.

Sinergia con PROPOSTA A.2, PROPOSTA A.3 e PROPOSTA A.4

PROPOSTA A.3: CONTRASTARE L'ASSENZA DI MISURAZIONI DI MONITORAGGIO

Problema: non vengono eseguite sistematicamente misurazioni di monitoraggio (controllo a medio lungo termine) della presenza di radon nei locali abitati; particolare importanza dovrebbe essere data ai locali che sono stati oggetto di risanamento. Attualmente è opinione diffusa, ma errata, che le infiltrazioni di radon non si modifichino nel tempo, per cui tramite un'unica analisi si ottiene un risultato definitivo nel tempo.

Possibili azioni: necessità di stabilire regole e responsabilità per analisi periodiche di controllo. Istituire un sistema di segnalazione automatizzato (per esempio via banca dati federale), in funzione della tipologia di risanamento che suggerisca ad intervalli regolari ai proprietari la necessità di eseguire una misurazione di monitoraggio ufficiale. Inoltre integrare un sistema di segnalazione chiaro e diretto al proprietario per quanto riguarda l'esecuzione di misurazioni in caso di modifiche nella modalità di utilizzo e sulle caratteristiche dell'edificio (ad esempio nel caso in cui venga risanato energeticamente l'edificio).

Sinergia con PROPOSTA A.4

PROPOSTA A.4: LIMITAZIONI BANCA DATI FEDERALE IN AMBITO DI RISANAMENTO

Problema: carenze all'interno della banca dati federale. Le informazioni attualmente contenute non sono sufficientemente dettagliate per poter permettere il rilievo dei dati relativi ad un risanamento e alla conseguente analisi sistematica della casistica di risanamento.



Possibili azioni: revisione dell'attuale banca dati con inserimento di un modulo aggiuntivo relativo alle misure di risanamento. Relazione diretta con l'obiettivo progettuale e con l'offerta di misure gratuite di controllo così come di eventuali promemoria inviati a seguito di un risanamento

Sinergia con PROPOSTA A.1, PROPOSTA A.2 e PROPOSTA A.3

PROPOSTA A.5: EVITARE IN FUTURO LACUNE PROGETTUALI LEGATE AI RISANAMENTI RADON

Problema: implementazione di interventi con lacune banali che compromettono la buona funzionalità del sistema

Possibili azioni: inserimento dei risultati progettuali all'interno dei percorsi formativi attuali, sviluppo di documentazione specifica da consegnare agli addetti ai lavori. Messa a disposizione del rapporto di progetto RAME nelle diverse lingue nazionali.

Sinergia con PROPOSTA A.2, PROPOSTA A.3

PROPOSTA A.6: SCONGIURARE LA MANCANZA DI MANUTENZIONE E MONITORAGGIO

Problema: non viene eseguita una manutenzione regolare degli impianti di risanamento.

Possibili azioni: sviluppo di un volantino indirizzato ai proprietari che risanano il loro edificio volto a evidenziare le classiche problematiche rilevate così come le azioni importanti da compiere e i relativi suggerimenti di implementazioni e di un sistema di controllo. Includere una lista di azioni di controllo da svolgere annualmente e spiegando la necessità di un controllo regolare delle concentrazioni nel tempo.

Sinergia con PROPOSTA A.2, PROPOSTA A.3

PROPOSTA A.7: ESPLICITARE UNA DEFINIZIONE CHIARA DI INTERVENTO DI RISANAMENTO

Problema: molti interventi vengono definiti come "interventi di risanamento" anche se non sono state eseguite misurazioni di controllo in tutti i locali sensibili dell'edificio

Possibili azioni: condizionare l'inserimento in banca dati di un avvenuto risanamento all'esecuzione di rilevamenti ufficiali, distinguendo tra un risanamento di singoli locali (es. nei condomini) o dell'edificio intero. Al momento di una misurazione di controllo indicare nelle linee guida la necessità di estendere la misurazione a più locali.

A questo scopo risulta sensato proporre l'elaborazione di un vademecum dedicato alla tematica radon.

Sinergia con PROPOSTA A.5

Considerazioni sono infine emerse per ambiti più generali, che vanno al di là dei semplici obiettivi progettuali. Esse sono qui di seguito riassunte.

PROPOSTA B.1: DEFINIZIONE CARATTERISTICHE LOCALI INFLUENZANTI L'INFILTRAZIONE DI RADON

Problema: carenza di informazioni e di conoscenze pratiche relative all'influenza di tecniche costruttive, caratteristiche geologiche e climatiche sulle concentrazioni radon rilevate.

Azione proposta: attivazione di un nuovo progetto volto ad analizzare tali aspetti da un punto di vista statistico basandosi sulle informazioni contenute nella banca dati e in relazione alle informazioni contenute nel REA (registro federale degli edifici e delle abitazioni). Nell'ambito di tale progetto tali aspetti non sono infatti stati analizzati. Ciò permetterebbe parallelamente di affinare l'attuale mappa radon, che non considera in maniera diretta tali aspetti.

PROPOSTA B.2: DEFINIZIONE DELLA VALIDITA' NEL TEMPO DELLE MISURE

Problema: misurazioni di riferimento troppo vecchie per essere sufficientemente attendibili.

Azione proposta: necessità di definire un limite temporale per la validità dei rilevamenti ufficiali. Ciò deve ad ogni modo valere in caso di situazioni di modifica dalla destinazione d'uso degli spazi o modifiche delle caratteristiche costruttive dell'edificio. A seguito di una procedura di domanda di costruzione (ambiti relativi alla domanda di costruzione da considerare da definire), si dovrebbero invalidare le misure precedentemente effettuate, richiedendo un nuovo rilevamento ufficiale.

PROPOSTA B.3: IMPLEMENTARE UN'INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI CORRETTA E INSERIRE IL CONCETTO DI URGENZA DEL RISANAMENTO

Problema: interpretazione dei valori di riferimento non sempre idonea alla situazione riscontrata.

Azione proposta: i tempi di risanamento andrebbero ridefiniti in funzione del superamento del valore di riferimento. Ciò comporterebbe la definizione di un valore d'urgenza, che imponga interventi immediati. Ciò deve essere valutato singolarmente in caso di concentrazioni elevate ($>1000 \text{ Bq/m}^3$) sulla base del calcolo della dose efficace. Indicazione e integrazione nell'ambito delle linee guida e nella comunicazione che avviene al proprietario al momento della consegna dei risultati della misurazione.

Sinergia con PROPOSTA A.1, PROPOSTA A.2

PROPOSTA B.4: VALUTARE LA CORRELAZIONE TRA MISURAZIONI DI CORTA DURATE E MISURAZIONI A 3 E 12 MESI

Problema: mancanza di confronti statisticamente rilevanti dei risultati ottenuti dai tre sistemi attualmente in uso: misure corte, misure con dosimetria passiva a 3 mesi e annue

Azione proposta: si ritiene che i valori rilevati con le misurazioni corte e con le misure trimestrali siano superiori a quelli rilevati con misure annue (uniche formalmente valide e indiscutibili). Sarebbe opportuno confermare le tendenze e, se possibile, quantificare le divergenze al fine di determinare che tipo di relazione esiste tra le diverse tipologie di misurazione. Per questa ragione permettere l'inserimento di un protocollo di misurazione corta all'interno della banca dati federale.