

Bilaga



MILJÖFÖRVALTNINGEN
REGISTRATUR

2011-09-06

Dnr. 2011-11613

Metodbeskrivning för mätning av radon i bostäder

Utkast för granskning

Innehåll

1. Inledning.....	3
2. Syfte.....	3
3. Definitioner.....	3
4. Kalibrering	4
5. Kontroller.....	4
6. Mätperiodens längd	4
7. Mätningens utförande.....	5
Mättidpunkt	5
Placering av radonmätare i bostaden	5
Placering av radonmätare i rummet	5
Urval av lägenheter i flerbostadshus.....	5
Information till de boende	6
8. Beräkning av medelvärde för mätperioden.....	6
9. Mätosäkerhet för mätperioden	6
10. Uppskattning av årsmedelvärde.....	7
11. Osäkerheten i uppskattning för årsmedelvärde	7
12. Hur ska mätvärdet anges.....	7
13. Jämförelse med rikt- och gränsvärde	7
14. Mätrapport	7
15. Referenser	8
Mätmetoder för radon: Metodblad	10
Metod nr 1: Spårfilm med filter	10
Metod nr 2: Elektretbaserad integrerande radonmätare	12
Metod nr 3: Kontinuerligt registrerande radoninstrument	14
16. Rekommendationer för rådgivande korttidsmätning av radon i bostad.	17
Syfte.....	17
Mätperiodens längd	17
Restriktioner	17
Beräkning av medelvärde för mätperioden.....	17
Mätning av gammastrålning.....	18
Utlåtande.....	18

1. Inledning

Radon är en radioaktiv gas som ingår i sönderfallskedjan för uran och som bl.a. förekommer i berggrunden, grundvattnet och i vissa byggnadsmaterial. Ett exempel på det senare är aluskipferbaserad lättbetong (s.k. blå lättbetong) som tillverkades i Sverige under åren 1929-1975 där uranrik aluskipfer användes som råvara. Tillverkningen upphörde 1975, men kvarvarande lager användes under ytterligare några år. Radongas i inomhusluften i bostäder kan således ha flera orsaker och hur höga halterna i en enskild bostad är beror bl.a. på var den är belägen och vilket byggnadsmaterial som använts.

Årsmedelvärde för radongashalten i bostäder varierar också mycket med boendevanorna – t.ex. hur ofta man vädrar och hur ventilationen är inställd.

Radon kan orsaka lungcancer och är upptaget på WHOs lista över cancerframkallande ämnen. Det är vid långvarig exponering och framförallt i samband med rökning som risken för lungcancer förhöjs.

2. Syfte

Syftet med metodbeskrivningen är att säkerställa att radongasmätningar kan utföras med hög kvalitet och att ange hur radongashaltens årsmedelvärde i en bostad ska bestämmas för att det ska kunna ligga till grund för ett myndighetsbeslut – till exempel utbetalning av radonbidrag. Metodbeskrivningen visar hur mätningar av radongashalten ska utföras i bostäder och hur radongashaltens uppskattade årsmedelvärde för bostaden beräknas utifrån de erhållna mätresultaten. Förutsatt att anvisningarna i metodbeskrivningen följs kan det uppskattade årsmedelvärdet betraktas som bostadens årsmedelvärde och kan jämföras med givna rekommendationer och föreskrifter från bland annat Socialstyrelsen och Boverket. Metodbeskrivningen ersätter tidigare utgåva från 2005-10-01 och ska tillämpas fr.o.m. 201X-XX-XX.

3. Definitioner

Aktivitetskoncentration: Antalet atomkärnor som sönderfaller per tidsenhet i en given volym eller massa. Enheten för aktivitetskoncentration för radongas i luft är becquerel per kubikmeter (Bq/m³). Ofta används begreppet halt istället för aktivitetskoncentration, till exempel radongashalt eller radonhalt.

Miljödosekvivalent: Storheten miljödosekvivalent används vid mätning av gammastrålning och anges vanligen i enheten mikrosievert per timme (μSv/h). Miljödosekvivalenten är den energi per massenhet som absorberas på 1 cm djup i kroppen, multiplicerad med en kvalitetsfaktor som korrigerar för skillnader i biologisk verkan från olika typer av strålning (ICRP 103, 2007).

Minsta detekterbara aktivitetskoncentration, MDA: Den lägsta aktivitetskoncentrationen som ger ett mätvärde som med en viss sannolikhet överstiger mätsystemets bakgrundsnivå. MDA beror på mätutrustningens egenskaper, mätperiodens längd med mera och kan uppskattas med räknestatistiska metoder. En ofta använd approximation som är användbar för t.ex. spårfilmsmätningar ger att MDA kan sättas till 4,65 gånger standardavvikelsen för bakgrundsbestämningen (Pasternack och Harley).

Eldningssäsong: Som riktvärde för när eldningssäsongen inträffar gäller att dygnsmedeltemperaturen är lägre än +10 °C. Mest väsentligt är att skillnaden mellan inom- och utomhustemperaturen är tillräckligt stor för att självdragsventilationen ska kunna fungera. Perioden 1 oktober till 30 april bör normalt kunna räknas som eldningssäsong för de södra och mellersta delarna av landet. I de norra delarna är eldningssäsongen normalt längre.

Markkontakt: Med markkontakt avses utrymme direkt ovanför grunden. Krypgrund är till exempel att jämställa med markkontakt.

4. Kalibrering

Mätsystem som ska användas för mätning av radon i bostäder ska vara kalibrerade. Kalibreringen bör utföras enligt ISO/DIS 11665-1. Kalibrering ska göras innan utrustningen tas i bruk och efter reparationer eller modifieringar som kan påverka systemets egenskaper. Kalibrering ska göras med ett längsta tidsintervall av ett år, om inte annat anges. Kalibrering kan utföras vid Strålsäkerhetsmyndigheten eller annat liknade laboratorium. Se vidare under rubriken **Kalibrering** för respektive metod.

5. Kontroller

Utöver kalibreringen ska laboratorier, konsultfirmor och motsvarande som utför radonmätningar vidta åtgärder för att säkerställa att mätdata har rimlig precision och noggrannhet. Åtgärderna omfattar kontroll av mätutrustning, använda laboratorieprocesser, beräkningsmetoder, förbrukningsmaterial med mera samt rutiner för hur eventuella avvikelser ska hanteras. Det ska också finnas rutiner som bevakar att mätresultaten är rimliga. Dokumentation av alla mät- och kontrollrutiner ska göras i kvalitetsmanual eller motsvarande. Omfattningen av de mätningar och kontroller som krävs varierar för olika mätmetoder och beskrivs närmare under rubriken **Kontroller** för respektive metod. Om ett handinstrument används för att mäta gammastrålning ska det vara kontrollerat genom kalibrering eller jämförande mätning. Personer på laboratorier, konsultfirmor eller motsvarande som ansvarar för mätningar ska ha erforderlig kompetens. De bör ha genomgått Strålsäkerhetsmyndighetens kurs i mätteknik för radon i inomhusluft eller motsvarande utbildning. Den som utför bestämning av radonhalt ska därutöver vidmakthålla sin kompetens genom regelbunden mätverksamhet. Det finns system för frivillig ackreditering av laboratorier som utför mätning av radon i inomhusluft. Ackrediteringen bygger på standarden SS-EN ISO/IEC 17025 samt på föreskrifter utgivna av Swedac. För laboratorier som ackrediteras inom detta system ställs speciella krav med avseende på kvalitetssystem, integritet och opartiskhet, personlig kompetens, utrustning, jämförande mätningar med mera.

6. Mätperiodens längd

En uppskattning av årsmedelvärdet ska baseras på mätning över en mätperiod av minst 60 dygn under samma eldningssäsong. Om möjligt bör man mäta under längre tid. Mätningen ska utföras med en metod som ger mätvärden med en mätosäkerhet som uppgår till högst 20 % vid 200 Bq/m³ (relativ standardosäkerhet, täckningsfaktor k=2)

7. Mätningens utförande

Mättidpunkt

Mätning av radonhalten ska ske under eldningssäsongen för att resultatet ska kunna jämföras med rikt- och gränsvärden. Skälet till detta är att det är svårt att tolka mätningar som gjorts under den varma årstiden. När skillnaden mellan utom- och inomhustemperatur är liten fungerar den termiska drivkraften dåligt vilket påverkar både luftomsättning och inläckage av markradon. Den termiska drivkraften skapar ett undertryck längst ner i huset vilket gör att jordluft sugas in i huset. Inte heller för bostäder med mekanisk ventilation är sommarsäsongen representativ för årsmedelvärdet på grund av omfattande vädring under denna säsong och för att den termiska drivkraften även påverkar fläktventilerade byggnader. Forskning har visat att radonhalten ligger närmast det verkliga årsmedelvärdet under perioderna oktober-november och mars-april. Mätning i ouppvärmda bostäder kan inte ligga till grund för uppskattning av årsmedelvärde.

Placering av radonmätare i bostaden

Radonmätarna ska placeras så att mätvärdet blir representativt för radonhalten i bostaden. För hus och lägenheter i ett plan ska minst två mätpunkter mätas – sovrum och ytterligare ett rum, till exempel vardagsrum. För enrumslägenheter som har gemensam ventilation, som exempelvis studentrum och äldreboende, räcker det med mätning i en mätpunkt. För bostäder med flera våningar ska minst en mätning ske på varje våning med bostadsutrymme. Om utrymmen i källare används som bostadsutrymme ska alltså mätning ske även där. Man ska undvika att mäta i sovrum där man sover med öppet fönster. Om det ändå sker ska det anges i mätrapporten. Integrerande mätare ska inte flyttas mellan olika rum.

Placering av radonmätare i rummet

Placeringen i rummet ska göras på ett sådant sätt att förhållandena runt radonmätaren så långt möjligt överensstämmer med förhållandena för de boende, vilket innebär att mätaren inte ska placeras på golvet. Eftersom radonhalten kan vara högre direkt intill en vägg som består av stenmaterial än längre ut i rummet, ska avståndet till vägg vara minst 25 cm. Radonmätaren ska inte placeras så den utsätts för starka luftströmmar eller stark värme. Den ska därför inte placeras närmare än 1,5 meter från tilluftsdon, ytterdörr eller fönster, radiator eller annan värmekälla och inte närmare än 0,5 meter från frånluftsdon. Om den boende själv placerar ut mätaren bör den mätansvarige på företaget kontaktas i tveksamma fall. Avvikelser från metodbeskrivningen antecknas i mätprotokoll.

Urval av lägenheter i flerbostadshus

För mätning av radon i flerbostadshus kan ett urval av lägenheter mätas för att få en bild av radonläget i fastigheten. Mätningen ger ett årsmedelvärde för var och en av de lägenheter som mäts. Mätning bör ske i alla lägenheter med markkontakt. Radonmätningar bör göras i de lägenheter där byggnadsmaterialet kan antas bidra till förhöjd radonhalt. I högre belägna plan bör mätning göras i minst en lägenhet per våningsplan. Mätningarna ska täcka minst 20 % av lägenhetsbeståndet och av dessa bör lägenheter som angränsar till hiss- eller ventilationsschakt eller andra utrymmen som går vertikalt genom fastigheten väljas eftersom markradon kan ta sig upp genom sådana utrymmen. För enrumslägenheter som har gemensam ventilation, som exempelvis studentrum och äldreboende, räcker det med mätning i en mätpunkt.

Information till de boende

De boende ska instrueras att leva som vanligt med avseende på vädring, inomhustemperatur och liknande. Ventilationssystemet ska vara i funktion som avsett, vilket till exempel kan innebära att befintliga till- och frånluftsdon är öppna. I de fall då den boende själv ombesörjer placeringen av radonmätarna, om mätarna exempelvis skickats ut per post, ska mätarna åtföljas av en utförlig och lättfattlig skriftlig instruktion för hur mätningen går till och hur bostaden bör skötas under mätperioden. Den boende ska skriftligen eller med motsvarande elektronisk signatur intyga att instruktionen följts vid mätningen.

8. Beräkning av medelvärde för mätperioden

Bostadens årsmedelvärde beräknas på följande sätt:

Bostäder där samtliga bostadsutrymmen ligger i ett plan: Medelvärde beräknas som det aritmetiska medelvärdet av mätresultaten från samtliga mätpunkter i bostaden. Antalet mätpunkter ska vara minst två. För enrumslägenheter som mäts med bara en mätpunkt är resultatet från denna medelvärde.

Bostäder med utrymmen i fler än ett plan: Medelvärde beräknas först för varje plan för sig om det varit fler än en mätare på våningsplanet. Därefter beräknas bostadens medelvärde som medelvärdet av våningsplanens medelvärden. Det totala antalet mätpunkter ska vara större än eller lika med antalet bebodda plan. För en tvåvånings villa med bostadsutrymmen i källaren ska man alltså ha minst tre mätpunkter, en i varje plan. Observera att rummen ska väljas så att mätresultatet blir representativt för de boende.

Om mätvärdet för något rum understiger minsta detekterbara aktivitetskoncentration (MDA) ska det erhållna mätvärdet ändå användas vid medelvärdesberäkningen. Eventuella negativa värden ska dock i dessa beräkningar ersättas med noll.

9. Mätosäkerhet för mätperioden

Mätosäkerheten, som ska uppges tillsammans med mätresultatet, härstammar från flera olika källor och omfattar både de systematiska och de slumpmässiga effekterna. De systematiska osäkerheterna förutsätts vara försumbara jämfört med de tillfälliga osäkerheterna. Tillfälliga osäkerheter finns i den faktor som bestäms vid kalibreringen av radonmätaren, i själva mätningen och senare även i beräkningen av årsmedelvärde.

Mätosäkerheten ska vara baserad på de principer som anges i *Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement* (se Referenser).

Mätosäkerheten (utvidgad mätosäkerhet, täckningsfaktor $k=2$) för mätperioden ska uppskattas och anges i mätprotokollet. Härvid ska även bidraget till osäkerheten från eventuell korrigering för påverkan av gammastrålning inräknas (gäller bland annat elektretmätare).

$$\Delta = \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \dots}$$

Den minsta detekterbara aktivitetskoncentration (MDA) ska uppskattas, se **Definitioner**. Under denna nivå ska mätvärdena rapporteras som mindre än (<) MDA-värdet. Mätvärdet kan uppges inom parentes och ska i så fall förklaras.

Hur uppskattningen av den tillfälliga mätosäkerheten och MDA-värdet gjorts ska redovisas i en kvalitetsmanual eller liknande. Mätosäkerheten i uppskattningen av årsmedelvärdet behandlas i avsnitt 11.

10. Uppskattning av årsmedelvärde

Årsmedelvärdet ska anses vara lika med bostadens medelvärde för mätperioden beräknat enligt avsnitt 8, förutsatt att villkoren i avsnitten 4 till 8 är uppfyllda. Om årsmedelvärdet inte kan beräknas ska orsaken anges.

11. Osäkerheten i uppskattning för årsmedelvärdet

Osäkerheten i uppskattningen av årsmedelvärdet ska anges med ett schablonvärde. En kort och lättfattlig text ska upplysa om att osäkerheten i det angivna årsmedelvärdet är relativt stort, ca 40 % (relativ standardosäkerhet, täckningsfaktor $k=1$). Texten kan till exempel ha följande lydelse:

"Radonhalten i bostaden varierar på grund av väderlek och boendevanor. Detta gör att det sanna årsmedelvärdet kan avvika från det beräknade. Sammantaget kan det sanna årsmedelvärdet vara mellan 0 % och 40 % lägre eller högre än det årsmedelvärdet som angetts i mätrapporten. Detta innebär inte att årsmedelvärdet med samma sannolikhet kan ligga var som helst i intervallet. Det uppskattade årsmedelvärdet är det mest sannolika."

12. Hur ska mätvärdet anges

Mätresultat anges som radongashalt i Bq/m^3 . Mätvärden och gränser för mätosäkerhet avrundas till närmaste 10-tal enligt reglerna i svensk standard (SS 01 41 41, utgåva 2), Regel A tillämpas. Om de värden som ska rapporteras understiger MDA-värdet ska de anges som < MDA-värdet. De uppmätta värdena kan anges inom parentes och ska då förklaras.

Eventuella mätresultat för gammastrålning ska anges som miljödosekvivalent uttryckt i $\mu\text{Sv/h}$, med en signifikant siffra, till exempel 0,2 $\mu\text{Sv/h}$.

13. Jämförelse med rikt- och gränsvärde

Jämförelse mellan årsmedelvärde och rikt- eller gränsvärde ska göras enligt svensk standard SS 02 00 51, utgåva 2, "jämförelse mellan provningsresultat och fordran". Avrundningsmetoden används.

14. Mätrapport

Rapporten ska innehålla följande information:

- a) Namn och adress på mätföretag, kommun eller motsvarande som utfört mätningen.
- b) Uppdragsgivarens namn, den undersökta bostadens adress och fastighetsbeteckning. För flerbostadshus anges även lägenhetsnummer enligt förordning 2007:8 om lägenhetsregister.

- c) Typ av bostad: flerbostadshus, villa, radhus etc. Typ av ventilationssystem.
- d) Tidsperiod för mätningen och datum för rapportens upprättande. Rapportidentifikation (löpnummer). Totalt antal sidor i rapporten.
- e) Använd mätmetod och nummer på motsvarande metodblad.
- f) Uppgift om vilken mätutrustning som använts i bostaden.
- g) Radongashaltens medelvärde för mätperioden med uppgift om uppskattad mätosäkerhet för varje rum där mätning utförts. Ange våningsplan och typ av rum där mätningen utförts.
- h) Radongashaltens årsmedelvärde med en text som anger ungefärlig osäkerhet i uppskattningen, se avsnitt 11. Årsmedelvärde får inte anges om inte villkoren i punkterna 4 till 8 är uppfyllda. Om årsmedelvärdet inte kan beräknas ska orsaken anges.
- i) Uppgift om eventuellt besök i bostaden av mätpersonal i samband med mätningen.
- j) Resultat av eventuell mätning av gammastrålning i bostaden, vem som utfört mätningen och typ av gammamätare.
- k) Uppgift om gällande rikt- och gränsvärden för radon i bostäder.
- l) Rapporten ska undertecknas av ansvarig person på det mätföretag eller motsvarande som utvärderat mätresultaten. Bostadsinnehavaren ska med sin namnteckning, eller med elektronisk signatur, intyga att givna instruktioner i samband med mätningen följts, vilket även ska framgå av mät rapporten.

15. Referenser

Avrundningsregler. Svensk standard SS 01 41 41 utgåva 2. Standardiseringskommissionen i Sverige 1982.

Jämförelse mellan provningsresultat och fordran. Svensk standard SS 020051 utgåva 2. Standardiseringskommissionen i Sverige 1984

Guide to the Expression on Uncertainty in Measurement. Geneva: International Organization for Standardization 1993 (corr. and repr. 1995). ISBN 92-67-10188-9

ISO 11665-1. Measurement of radioactivity in the environment – Air-Party 1: Radon-222 and its short-lived decay products in the atmospheric environment: their origins and measurement methods. (Draft Voting terminates on: 2010-05-23)

SS-EN ISO/IEC 17025:2005. Allmänna kompetenskrav för provnings- och kalibreringslaboratorier

Boverkets byggregler. BFS 1993:57 med ändringar t.o.m. BFS 2002:19, BBR 10

Socialstyrelsens allmänna råd om tillsyn enligt miljöbalken – radon i inomhusluft. Socialstyrelsens författningssamling, SOSFS 1999:22 (M)

Clavensjö Bertil & Åkerblom Gustav, Radonboken : förebyggande åtgärder i nya byggnader. Stockholm : Formas 2004. (T / Byggeforskningsrådet ; 2004:6)

Clavensjö Bertil & Åkerblom Gustav, Radonboken : åtgärder mot radon i befintliga byggnader. Stockholm : Formas 2003. (T / Byggeforskningsrådet ; 2003:3)

Pasternack, B.S. & Harley, N.H. Detection Limits for Radionuclides in the Analysis of Multi-Component Gamma Ray Spectrometer Data. Nuclear Instruments and

Methods 1971 (91): s. 533-540

Förordning 2007:8 om lägenhetsregister

Studies on temporal variations of radon in Swedish single-family houses. Hubbard, Lynn Marie et al. Environmental International, Vol 22, Suppl1, pp S715-S722, 1996.

Mätmetoder för radon: Metodblad

I detta avsnitt beskrivs rekommenderade metoder för mätning av radongashalt i inomhusluft.

Metod nr 1: Spårfilm med filter

(Solid State Nuclear Track Detectors (SSNTD))

Mätning

Spårfilm med filter kan användas för att uppskatta radongashaltens årsmedelvärde i en bostad.

Mätperiodens längd ska då vara minst 60 dygn, helst längre.

Spårfilm med filter kan även användas för rådgivande korttidsmätning. Mätperiodens längd bör då vara minst sju dygn.

Mätarna kan vara känsliga för stark värme, varför de inte ska placeras närmare än 1,5 meter från lampor, TV-apparater eller andra värmekällor. De ska därför inte heller utsättas för direkt solstrålning.

Vid mätning i enrumslägenheter där enbart en mätpunkt fordras bör två spårfilmsdosor användas för att säkerställa tillförlitligt resultat.

Beskrivning av mätmetod

Nedan följer en kort beskrivning av mätmetoden, för ytterligare information rekommenderas ISO 11665-1 samt ISO 11665-4 (se Referenser).

Metoden mäter radongashalten.

Detektormaterialet är placerat i en sluten dosa försedd med filter alternativt smala springor eller små hål så att radongasen kan diffundera in i dosan men radondöttrarna stängs ute. Radongasen och de kortlivade radondöttrarna som bildats i dosan, sönderfaller och avger då alfastrålning som träffar detektormaterialet. Där bildas små skador som kan göras synliga med etsning. Antalet spår per ytenhet är proportionellt mot radongashalt och exponeringstid för en given konstellation av detektormaterial, doskonstruktion, etsrutin samt avläsningsmetodik. Spåren kan räknas i mikroskop antingen manuellt eller med en automatiserad utrustning. I det totala antalet avlästa spår ingår också den bakgrunds nivå av spår som oexponerat detektormaterial har.

Detektorn kan bestå av olika material till exempel CR-39 (poly diglycol carbonate) och LR-115 (polycarbonat). Spårfilmsdetektorer produceras normalt i stora serier, så kallade batcher. Kvaliteten hos detektormaterialet kan variera något vilket påverkar både känsligheten och bakgrunds nivå. Detektorernas känslighet kan antas vara proportionell till exponeringen (radonkoncentration gånger tid) till dess att spåren ligger så tätt att de överlappar varandra.

Olika avläsningstekniker, storleken och formen på detektorn samt detektormaterial är exempel på parametrar som påverkar mätmetodens mätområden.

Kontroller

Varje batch ska kontrolleras med avseende på kvalitet och ålder.

Övriga kontroller som bör göras är till exempel kvalitén samt åldern på spårfilmerna, etsrutin, avläsningstekniken, beräkningsmetodiken och rimlighetsbedömning av resultatet. Resultatet från bakgrundsbestämningarna ska dokumenteras.

Bakgrund

Utöver kalibreringen ska bakgrunden, d.v.s. antal spår per ytenhet för oexponerade spårfilmer, kontrolleras på ett antal slumpmässigt uttagna filmer i varje batch. Urvalet görs på liknande sätt som för kalibrering och andelen filmer för bakgrundskontroll ska uppgå till minst tre procent av varje batch. Resultatet från bakgrundsberäkningarna ska dokumenteras.

Kalibrering

Med hjälp av kalibreringsfilmerna ska kalibreringsfaktor beräknas för varje batch.

Kalibrering av spårfilmer ska göras med ett slumpmässigt urval av filmer från varje serie, filmark eller på annat sätt definierad mängd med samma produktionsbakgrund. Antal spårfilmer som avsätts för kalibrering ska uppgå till minst tre procent av varje batch och varje kalibreringsomgång ska omfatta minst tio spårfilmer. Kalibreringen ska göras vid SSM eller annat liknade laboratorium.

Kalibreringen görs genom att exponera spårfilmerna i en atmosfär med känd radonkoncentration (System for Test Atmospheres with Radon (STAR)[IEC 61577-4]). Spårfilmerna exponeras till några nivåer inom spårfilmernas normala mätområde till exempel 280 kBq·m⁻³·h som motsvarar 200 Bq/m³ under 60 dygn samt några nivåer som är lägre och högre. Det är lämpligt att välja några högre nivåer, upp till de nivåer man anser sig kunna göra mätningar, detta för att kunna korrigera för problem på grund av överlappande spår. Vid exponering används dock högre radonhalter för att få kortare mätperioder än vad som vanligen används. Resultatet av kalibreringen ska dokumenteras.

Referenser

Mellander, H and Enflo, A "The alpha track method used in the Swedish radon epidemiological study. "Radiation Protection Dosimetry, Vol 45, No ¼ pp 55-71, 1992

ISO 11665-1. Measurement of radioactivity in the environment – Air-Party 1: Radon-222 and its short-lived decay products in the atmospheric environment: their origins and measurement methods. (Draft Voting terminates on: 2010-05-23)

ISO 11665-4. Measurement of radioactivity in the environment – Air-Party 4: Radon-222: Integrated measurement methods for the determination of the average radon activity concentration in the atmospheric environment using passive sampling and delayed analysis. (Draft Voting terminates on: 2010-05-23)

IEC 61577-4. Radiation protection instrumentation – Radon and Radon decay product measuring instruments – Part 4: Equipment for the production of reference atmospheres containing radon isotopes and their decay products (STAR). Edition 1.0 2009-02

Metod nr 2: Elektretbaserad integrerande radonmätare

Mätning

Elektretbaserad integrerande radonmätare kan användas för att uppskatta radongashaltens årsmedelvärde i en bostad. Mätperiodens längd ska då vara minst 60 dygn, helst längre.

För rådgivande korttidsmätning kan korttidselektret användas. Mätperiodens längd bör då vara minst fem dygn.

Beskrivning av mätmetod

Nedan följer en kort beskrivning av mätmetoden och för ytterligare information rekommenderas ISO 11665-1 samt ISO 11665-4 (se Referenser).

Metoden mäter radongashalten. Mätaren innehåller en mätkammare till vilken rumsluften diffunderar genom ett filter som avlägsnar radondöttrar. Mätkammarens väggar är elektriskt ledande. I kammaren finns en elektret, en elektrostatiskt laddad skiva av teflon. Elektreten är positivt laddad på den yta som är riktad mot mätkammaren. Motstående sida är negativt laddad och är ansluten till kammarens ledande väggar.

Alfapartiklar från sönderfall av radon och radondöttrar joniserar luften i kammaren. De vid jonisationerna frigjorda elektronerna och negativa jonerna rör sig i det elektriska fältet mot den positivt laddade ytan av elektreten. Positiva joner rör sig mot de negativt laddade kammarväggarna och neutraliseras där. Ansamlingen av negativa laddningar på elektreten reducerar dess elektrostatiske laddning. Potentialen kan mätas med en speciell typ av voltmeter.

Även den gammastrålning som mätaren utsätts för joniserar luften i mätkammaren. Korrektur för bidrag från gammastrålning ska alltid göras. Gammastrålningen ska mätas med en handburen gammamätare eller annan detektor för gammamätning. Korrektionen ska göras enligt bruksanvisning från leverantören. Gammamätningen ska göras i den punkt där radonmätaren placeras. Noggrannheten i gammamätningen ska redovisas i mätprotokollet.

Efter subtraktion av bidraget från gammastrålningen är skillnaden i potential före och efter mätning proportionell mot radongashalten i luften och exponeringstiden. Det finns elektret av olika känslighet vilket ger möjlighet till val av olika mätperioder. Elektreten har från början en viss högsta potential. Reduktionen i potential är nästan linjär med exponeringen ned till ett tröskelvärde. Därefter minskar effektiviteten i jonuppsamlingen. Radonmätaren ska därför inte användas när elektretens potential sjunkit under tröskelvärdet (anges av leverantören). Vid utvärderingen ska man ta hänsyn till att kalibreringsfaktorn ändras något med sjunkande potential.

Kontroller

Utöver ovan nämnda kalibreringar ska den som utför mätningar utföra ytterligare kontroller av utrustningens funktion. Voltmetern kan kontrolleras med en för ändamålet avsedd elektret med konstant spänning. Detta ska utföras dagligen (eller vid varje avläsningstillfälle). Funktionen hos detektorerna kan kontrolleras genom att vanliga mätningar i några fall dubblas, till exempel att två detektorer placeras bredvid varandra. Resultaten från dessa kontrolleras och genomförda dubblettmätningar ska dokumenteras.

Kalibrering

Mätutrustningen består av två delar, voltmetern för avläsning och detektorn med elektreten. Kalibreringen avser hela systemet och ska göras med ett längsta tidsintervall av ett år vid SSM eller annat liknade laboratorium.

Resultatet av kalibreringar ska dokumenteras.

Det instrument som används för att mäta gammastrålningen ska vara kontrollerat genom kalibrering eller jämförande mätning.

Referenser

Kotrappa, P., Dempsey, J.C., Hickey, J.R. and Stieff, L.R. "An electret passive environmental ^{222}Rn monitor based on ionization measurement. "Health Physics, Vol 54, No 1, 47-56, 1988.

ISO 11665-1. Measurement of radioactivity in the environment – Air-Party 1: Radon-222 and its short-lived decay products in the atmospheric environment: their origins and measurement methods. (Draft Voting terminates on: 2010-05-23)

ISO 11665-4. Measurement of radioactivity in the environment – Air-Party 4: Radon-222: Integrated measurement methods for the determination of the average radon activity concentration in the atmospheric environment using passive sampling and delayed analysis. (Draft Voting terminates on: 2010-05-23)

Metod nr 3: Kontinuerligt registrerande radoninstrument

Mätning

Kontinuerligt registrerande radoninstrument kan användas för att uppskatta radongashaltens årsmedelvärde. Den sammanlagda mätperioden ska då uppgå till minst 60 dygn i varje mätpunkt. En stor fördel med kontinuerlig mätning är att man kan följa radonhaltens variationer med tiden under mätperioden, vilket kan ge ett säkrare underlag för bedömning av hur representativt mätresultatet är.

Metoden kan också användas för rådgivande korttidsmätning. Mätperiodens längd ska då vara minst ett dygn i varje mätpunkt. Den totala mätperioden bör omfatta minst två dygn. Vid mätning i enrumslägenhet är en mätpunkt tillräcklig.

Ytterligare ett område där denna metod kan användas är för att snabbt få en grov uppskattning av radonhalten, till exempel vid mätning i syfte att lokalisera inläckage av radon från mark.

De radoninstrument som används bör uppfylla de krav som finns rekommenderade i IEC 61577-2 (se referenser).

Beskrivning av mätmetoder

Samtliga tre här beskrivna metoder mäter radongashalten.

A: Pulsräknande jonisationskammare:

Nedan följer en kort beskrivning av mätmetoden för ytterligare information rekommenderas ISO 11665-1 samt ISO 11665-5 (se Referenser).

Mätaren kan bestå av en provningsenhet, enhet för programmering, beräkning och utskrift av resultat. Provtagningsenheten kan innehålla jonisationskammare, luftcirkulationssystem och en mikroprocessor som styr datainsamlingen och lagra data och som också beräknar och presenterar mätresultat. Enheten för programmering, beräkning och utskrift av resultat kan bestå av till exempel en persondator och en skrivare. Metoden bygger på jonisationskammарprincipen. Vid mätning pumpas eller diffunderar den radonhaltiga luften in i jonisationskammaren genom ett filter som avlägsnar radonets sönderfallsprodukter (radondöttrarna), vissa instrument har också anordning för att torka den inkommande luften. De alfasönderfall som sker i kammaren frigör elektriska laddningar. Laddningarna samlas på kammarens elektroder med ett elektriskt fält. De elektriska pulserna förstärks och analyseras av mikroprocessorn.

Mätaren kan programmeras att integrera alfastrålningen under en valbar tid, till exempel en timme, för att sedan lagra det erhållna värdet som ett delresultat. Resultatet kan också presenteras på instrumentets display. För att erhålla ett medelvärde över hela mätperioden beräknas medelvärdet av delresultaten. Det går alltså dels att bestämma radonhaltens variation med tiden under mätperioden, dels att få ett medelvärde för hela perioden.

B: Mätkammare med halvledardetektor:

Mätaren kan bestå av en komplett enhet för provtagning, mätning, beräkning och utskrift av resultat. Mätaren innehåller en mätkammare till vilken rumsluft pumpas eller diffunderar genom ett filter som avlägsnar radonets sönderfallsprodukter (radondöttrarna). I mätkammaren finns en halvledardetektor (exempel på detektormaterial är kisel) placerad i en isolerande hållare. Mätkammarens väggar hålls på en positiv potential av storleksordningen tusen volt i förhållande till detektorn. När radongasen i utrymmet sönderfaller bildas dotterprodukten ^{218}Po som är joniserad och därför attraheras av detektorn. Det fortsatta sönderfallet sker på detektorytan och registreras av halvledardetektorn.

Mätaren kan programmeras att integrera alfastrålningen under en valbar tid, till exempel en timme, för att sedan lagra det erhållna värdet som ett delresultat. För att erhålla ett medelvärde över hela mätperioden beräknas medelvärdet av delresultaten. Man kan alltså dels bestämma radonhaltens variation med tiden under mätperioden, dels få ett medelvärde för hela perioden.

C: Lucas-cell

Mätaren kan bestå av en provtagningsenhet och en enhet för programmering, beräkning och utskrift av resultat. Provnings- och mätenheten består av en pump och en mätkammare vars väggar på insidan är belagda med ett ämne som avger ljus när det träffas av alfastrålning. En sådan mätkammare kallas för Lucas-cell. Vid mätning pumpas luft in i mätkammaren genom ett filter som avlägsnar radonets sönderfallsprodukter (radondöttrarna). Alfapartiklarna som bildas vid sönderfallen i mätkammaren orsakar ljusblixtar när de träffar kammarens väggar. Via ett fönster är mätkammaren förbunden med en fotomultiplikator som omvandlar ljusblixtarna till mätbara elektriska pulser som registreras i en räknare. Vanligtvis ingår i mätaren också ett datorsystem som styr datainsamlingen, lagrar data, beräknar och skriver ut resultatet. Enheten för programmering, beräkning och utskrift av resultat kan till exempel bestå av en persondator och skrivare.

Kalibrering

Mätsystemet består vanligtvis av två delar, dels en eller flera mätenheter (- instrument), dels en avläsningsenhet som kan vara gemensam för flera mätinstrument. Varje enskild mätinstrument ska kalibreras med ett lägsta tidsintervall av ett år vid SSM eller vid annat liknade laboratorium. Kalibreringen görs i radonrum (System for Test Atmospheres with Radon (STAR)[IEC 61577-4]) med radonhalter inom instrumentets mätområde. Mättiden vid kalibreringen ska vara ungefär lika lång som den tilltänkta mätperioden. Resultatet av kalibrering ska dokumenteras.

Kontroller

Utöver ovan nämnda kalibreringar ska användaren av mätsystemet följa de rekommendationer som finns angående regelbunden service och kontroll av instrumentets funktion. Beroende på instrumentets konstruktion varierar möjligheten för användaren att själva utföra kontroller av hela eller delar av funktionen. Där så är möjligt ska regelbundna kontroller av luftflöden och detektoreffektivitet göras. För dessa kontroller finns i vissa fall speciellt avsedda volym- eller flödesmätare respektive teststrålkällor. Bakgrundsmätning ska också ingå som en del av kontrollprogrammet. Funktionen hos instrumenten kan också kontrolleras genom att göra jämförande mätningar med två eller flera instrument parallellt. Resultat från bakgrundsmätningar, övriga instrumentkontroller och dubbelmätningar ska dokumenteras.

Referenser

Baltzer, P., Görsten, K.G. och Bäcklin, A "A pulse-counting ionization chamber for measuring the radon concentration in air." Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A317, 357-364, 1992. (Pulsräknande jonkammare)

Wicke, A. och Porstendörfer, J "Application of surface barrier detectors for the measurement of environmental radon and radon daughters in air. "Proc. Int. Meeting on Radon-Radon Progeny Measurements, Montgomery, Alabama 1981. Report EPA

520/583/021, Washington DC, 1983.(Mätkammare med halvledardetektor) Wrenn, W.M., Spitz, H: och Cohen, N. "Design of a continuous digital output environmental radon monitor. "IEEE Trans. Nucl. Sci. NS-22, 645, 1975. (Kontinuerlig mätning med Lucas-cell)

ISO 11665-1. Measurement of radioactivity in the environment – Air-Party 1: Radon-222 and its short-lived decay products in the atmospheric environment: their origins and measurement methods. (Draft Voting terminates on: 2010-05-23)

ISO 11665-5. Measurement of radioactivity in the environment – Air-Party 5: Continuous measurement methods of radon activity concentration in the atmospheric environment. (Draft Voting terminates on: 2010-05-23)

IEC 61577-2. Radiation protection instrumentation – Radon and Radon decay product measuring instruments – Part 2: Specific requirements for ^{222}Rn and ^{220}Rn measuring instruments. . (Draft Closing date for comments 2011-05-27)

IEC 61577-4. Radiation protection instrumentation – Radon and Radon decay product measuring instruments – Part 4: Equipment for the production of reference atmospheres containing radon isotopes and their decay products (STAR) . Edition 1.0 2009-02

16. Rekommendationer för rådgivande korttidsmätning av radon i bostad.

Syfte

Syftet med rekommendationen är att ange lämplig tillvägagångssätt vid korttidsmätning av radon i en bostad. Mätningen kan användas i rådgivande syfte till exempel efter en åtgärd, vid köp eller försäljning av småhus och lägenheter i flerbostadshus. Korttidsmätning bör endast användas när tidsskäl inte medger mätningar under längre mätperiod.

Resultat från rådgivande korttidsmätningar kan inte användas som underlag för myndighetsbeslut, som till exempel beslut om olägenhet för människors hälsa eller bidrag för åtgärder mot radon i egna hem.

I de fall där den mätansvarige besöker bostaden i samband med mätning bör denne kontrollera att ventilationssystemet fungerar som avsett, att mätningen utförs tillfredsställande och dessutom inhämta underlag för bedömning av mätresultat. Mätpunkterna bör väljas så att de är representativa för bostaden. I bostäder där aluskipperbaserad lättbetong eller annat byggnadsmaterial med onormalt hög radiumhalt kan förekomma bör mätning av gammastrålning utföras.

Rådgivande korttidsmätningar bör i huvudsak utföras enligt samma regler som föreskrivs i metodbeskrivningen för långtidsmätningar för uppskattning av radongashaltens årsmedelvärde i en bostad vad gäller kalibrering, kontroller, mättidpunkt och placering av radonmätare. Vissa skillnader gentemot metodbeskrivningen finns dock.

Mätperiodens längd

Mätningen ska utföras med en metod som ger mätvärden med en mätosäkerhet som uppgår till högst 40 % vid 200 Bq/m³ (relativ standardosäkerhet, täckningsfaktor k=2)

Tabell: Mätperiod vid rådgivande korttidsmätning med olika metoder

Elektretbaserad integrerande radonmätning	Minst 5 dygn (korttidselektret)
Spårfilm med filter	Minst 7 dygn
Kontinuerligt registrerande radoninstrument	Minst 2 dygn (24 timmar i varje mätpunkt)

Restriktioner

Mätningen bör ske under eldningssäsong för att resultatet ska bli representativt. Under onormala väderförhållande, till exempel vid höga vindstyrkor bör mätning undvikas. Den mätansvarige bör informera om att väderleken kan påverka mätresultatet.

Beräkning av medelvärdet för mätperioden

Vid rådgivande korttidsmätning bör det normalt vara tillräckligt att enbart ange mätvärdena för de rum där mätning utförts. Uppskattning av årsmedelvärde kan inte göras. Om medelvärdet för bostaden beräknas får det inte kallas årsmedelvärde i mätprotokollet.

Mätning av gammastrålning

I hus byggda före 1978 bör den mätansvarige vid eventuellt besök, utföra mätning av gammastrålning för att kartlägga om aluskipferbaserad lättbetong ingår som byggnadsmaterial i bostaden. Resultatet av mätning av gammastrålning bör anges som miljödosekvivalent i $\mu\text{Sv/h}$.

Gammastrålningen mäts genom att gammamätaren hålls direkt mot väggen, mätningen görs normalt mitt på väggen. Börja med att föra gammamätaren längs väggen för att se om gammastrålningen varierar i en och samma vägg. Det kan hända att endast en del av väggen består av aluskipferbaserad lättbetong. Om väggen har avbrott för fönster eller dörrar väljs en punkt mitt på den största sammanhängande väggytan. Man bör undvika att mäta i eller nära vägghörn. För att undvika enkla mätfel bör två avläsningar göras i varje mätpunkt. Normalt bör byggnadens alla yttre och inre väggar samt bjälklag kontrolleras. Det instrument som används för att mäta gammastrålningen ska vara kontrollerat genom kalibrering eller jämförande mätning och mätfelet får inte överstiga 40 % vid mätning av miljödosekvivalent i energiområdet 0,080 MeV – 1,5 MeV för fotonstrålning (relativ standardosäkerhet, täckningsfaktor $k=2$).

Utlåtande

I mätrapporten bör ingå ett utlåtande från den mätansvarige med en bedömning av hur representativt mätresultatet är. Bedömningen bör vara grundad på mätningens resultat och iakttagelser vid eventuellt besök i bostaden. I bedömningen bör den mätansvarige ta hänsyn till den osäkerhet som den korta mätperioden innebär. Om uppdragsgivaren vill ha ett bättre beslutsunderlag bör han uppmanas att göra en långtidsmätning enligt metodbeskrivningen för bestämning av årsmedelvärde. I rapporten bör också finnas ett utlåtande om, och i vilken omfattning, aluskipferbaserad lättbetong ingår som byggnadsmaterial i bostaden.

Den boende bör skriftligen, eller med motsvarande elektronisk signatur, intyga att givna instruktioner i samband med mätningen följs.