r

SSI Rapport

SSI report

2002:10 BERTIL CLAVENSJÖ

Radonåtgärders beständighet

Statens strålskyddsinstitut
Swedish Radiation Protection Authority

FÖRFATTARE/ AUTHOR: Bertil Clavensjö; Bjerking AB

AVDELNING/ DIVISION: Avdelningen för Miljöövervakning och mätberedskap/ Department of Environmental and Emergency Assessment.

TITEL/ TITLE: Radonåtgärders beständighet / Long term performance of different radon re medial methods in Sweden.

SAMMANFATTNING: Bostäder radonsaneras för att minska stråldosen till de boende. Det är därför viktigt att de åtgärder som utförs verkligen sänker radonhalten och bibehåller den på en låg nivå. I syfte att kontrollera varaktigheten utvaldes 105 bostäder, varav 91 småhus, som hade radonsanerats under 80-talet. Utöver mätningarna före och efter sanering har radonhalten mätts vart tredje år under en tioårsperiod med start 1991. I cirka en tredjedel av bostäderna har även luftväxlingen mätts under motsvarande tid.

Bostäderna indelades i 12 olika grupper beroende på typ av saneringsåtgärd eller kombination av sådana. Samtliga fastigheter har undersökts beträffande dels radonkälla, dels utförd saneringsåtgärd. Även andra förhållanden som kan påverka radonsituationen, såsom hustyp, ventilationssystem, boendevanor, marktyp, har undersökts .

Mätningarna visar att radonhalten kan variera inom vida gränser även i sanerade hus. Exempelvis hade inte mindre än 38 av de 105 bostäderna radonhalter som var högre än riktvärdet för olägenhet för människors hälsa, 400 Bq/m^3, vid minst en av kontrollmätningarna. Detta var inte specifikt för någon enskild åtgärdsgrupp. I nästan alla fall med varierande halter beskrivs även orsakerna till dessa.

SUMMARY: The object of this project was to investigate the long time effectiveness of different radon remedial methods. The ten years project started 1991. From start the investigation comprised of 105 dwellings (91 single-family houses and 14 flats in multi-family buildings). In all of the dwellings remedial measures were carried out in the eighties. Before and immediately after the reduction the local authorities measured the radon concentrations. New measurements of the radon concentrations have been made every third year; in 1991, 1994, 1997 and in 2000.

Twelve different radon remedial methods and method combinations were used. The radon sources were building materials as well as sub-soils. In all of the dwellings the radon concentrations were measured by nuclear track films during 3 months (January-March) measurements and in half of them the air chance rates by passive tracer gas methods.

The results of the 2000 and the 1991 (within brackets) studies showed that the radon concentration was up to 200 Bq m^{-3} in 54 (54) single-family houses and 7 (7) flats, between 210 Bq m^{-3} and 400 Bq m^{-3} in 23 (18) single-family houses and 5 (6) flats, and higher than 400 Bq m^{-3} in 12 (18) single-family houses and 2 (1) flats. The study 1991 showed also that in about 40 % of the cases the radon concentration had increased by more than 30 % only a few years after reduction actions had been taken. In 19 dwellings the radon concentration was at least doubled.

In no fewer than 38 dwellings the radon level has been over 400 Bq m^{-3} in at least one of the four measuring occasions. The change in radon concentrations was not specific to any given method but seemed to be evenly distributed over all of them. The investigation results showed the necessity for repeated measuring where counter measures have been taken.

The occasions for increasing radon levels have been made clear in all except 2-3 cases.

SSI rapport : 2002:10

juni 2002

ISSN 0282-4434

Författarna svarar själva för innehållet i rapporten.

The conclusions and viewpoints presented in the report are those of the author an do not necessarily coincide with those of the SSI.

Statens strålskyddsinstitut
Swedish Radiation Protection Authority

Radonåtgärders beständighet

Bertil Clavensjö

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 19990158 från Byggforskningsrådet (numera Formas) samt forskningsanslag P 1152.99 från Statens strålskyddsinstitut till Bjerking AB i Uppsala.

Innehållsförteckning

	FÖRORD	7
1	SAMMANFATTNING	9
1.1	Projektbeskrivning	9
1.2	Gränsvärden	9
1.3	Resultat	10
1.4	Summary	18
2	URVAL AV HUS	23
2.1	Bestämmelser rörande radonhalter	23
2.2	Urval av hus för radonmätningar	23
2.3	Urval av hus för luftväxlingsmätningar	25
3	MÄTMETODER	27
3.1	Beskrivning av metoder för radonmätningar	27
3.2	Mätmetodernas betydelse för bedömning av uppmätta radonhalter	29
3.3	Gammastrålningsmätningar	32
3.4	Luftväxlingsmätningar	33
4	RADONPÅVERKANDE FAKTORER	37
4.1	Radonkällor	37
4.2	Ventilationens betydelse	37
4.3	Väderförhållanden under kontrollmätningsperioder	39
5	RESULTAT	41
5.1	Installation av mekaniskt frånluftssystem.	42
5.2	Installation av mekaniskt till- och frånluftssystem	44
5.3	Åtgärder vidtagna i husets krypgrund	46
5.4	Tätning av platta mot mark	46
5.5	Installation av luftkuddesystem	47
5.6	Installation av mekaniskt frånluftssystem samt tätning	49
5.7	Installation av mekaniskt till- och frånluftssystem samt radonsug	49
5.8	Installation av mekaniskt frånluftssystem och radonsug	51
5.9	Installation av radonsug	51
5.10	Installation av radonbrunn	53
5.11	Förbättrad självdragsventilation	56
5.12	Installation av mekaniskt frånluftssystem m.m.	57
5.13	Förändringar i radonhalter	59
6	SLUTSATSER OCH FÖRSLAG TILL FORTSATT FORSKNING	63
6.1	Slutsatser	63
6.2	Förslag till fortsatt forskning	64
	LITTERATUR	65
	BILAGA 1: Analyser över radonhalter före och efter åtgärd samt vid kontrollmätningar	69
	BILAGA 2: Radonhalter i bostäder	185

Förord

Många hus har vid det här laget åtgärdats mot alltför höga radonhalter i inomhusluften. Resultaten av åtgärderna har i de flesta fall medfört en rejäl sänkning av de ursprungliga värdena. Vad vi dock inte vet så mycket om är hur dessa åtgärder står sig i längden. Det är naturligtvis viktigt att radonhalterna inte börjar stiga igen efter något eller några år.

Projektets syfte har varit att hålla radonhalten i ett antal sanerade hus under uppsikt under en 10 års period. Kontrollen har gjorts bland annat genom radonmätningar utförda med 3 års mellanrum. Totalt har fyra mätomgångar genomförts utöver de före- och eftermätningar som fastighetsägarna själva har låtit utföra. Samtliga mätomgångar har utförts under cirka tre månader i början av åren 1991, 1994, 1997 respektive 2000. Sammanlagt har 105 bostäder fördelade på 91 småhus och 14 lägenheter i flerbostadshus studerats. De är belägna i Gävle, Sandviken, Falun samt i Stockholms norra förorter. Samtliga hus har radonsanerats under 1980-talet.

Resultaten av de två första mätomgångarna redovisades i BFR-rapporten R50:1993 (Clavensjö och Erikson, 1993) respektive i BFR-rapporten A7:1995 (Clavensjö, 1995).

Denna rapport redovisar projektet i sin helhet. Här diskuteras också orsaker till varför radonhalterna har varierat från mätomgång till mätomgång så långt orsakerna har kunnat klarläggas.

Tio olika metoder för att sänka radonhalten har studerats. Dessutom har mätningar utförts i ett antal hus som har sanerats med hjälp av en kombination av åtgärder. Förutom radonhalterna så har även gammastrålningen från byggnadsmaterialet mätts i alla objekten samt luftväxlingen i cirka en tredjedel av bostäderna. Därvid har upp till fyra olika spårgaser använts, vilket gav möjlighet att studera luftrörelserna mellan källarvåningar eller krypgrunder och bostadsvåningar.

Projektets uppläggning och genomförande diskuterades med en referensgrupp bestående av Astrid Mäkitalo/Martin Eriksson från Socialstyrelsen, Ewa Rydén, Boverket, Gun Astri Swedjemark och Gustav Åkerblom, Statens strålskyddsinstitut samt Alice Thiberg, Konsumentverket. Gun Astri Swedjemark och Gustav Åkerblom har också skrivit avsnittet 3.2 om olika metoders tillförlitlighet vid mätning av radon.

Bengt E. Erikson, B & D Radon och Ventilationsforskning i Ängelholm var projektledare fram till och med skrivningen av R50:1993. Han svarade då även för utredningsarbetet i Gävle-Sandviken-Falun-området. Vid hans pensionering övertog undertecknad ansvaret som projektledare.

Till er alla som här omnämnts samt till de fastighetsägare som ställt sina hus till vårt förfogande för mätningar m.m. riktas ett varmt tack för er medverkan i projektet.

Uppsala i april 2002.

Bertil Clavensjö
Bjerking Ingenjörsbyrå AB

1 Sammanfattning

1.1 Projektbeskrivning

Det är av stor betydelse för såväl samhället som den enskilde fastighetsägaren att de åtgärder som vidtas för att sänka radonhalten i inomhusluften också står sig i framtiden. Avsikten med detta projekt är därför att undersöka vilken effekt olika saneringsåtgärder har haft på radonhalten under en tioårsperiod efter saneringens utförande.

Föreliggande rapport omfattar projektet i sin helhet. Tidigare delrapporter, liksom delar av slutrapporten från projektet ”Orsaker till att radonhalten ökar i radonsanerade småhus” (Clavensjö, 1997), har arbetats in i rapporten.

Projektet omfattade från början 91 småhus och 14 lägenheter i flerbostadshus, dvs. 105 bostäder. Dessa har radonsanerats i huvudsak under 1980-talet, några enstaka under 1990. Under projektets gång har ytterligare åtgärder vidtagits för att sänka radonhalten i ett mindre antal hus. Av de ursprungliga 91 småhusen har fyra utgått efter respektive fastighetsägares framförda önskemål. Två småhus tillkom inför mätningarna 1997. Dessa radonsanerades under 1980-talet i ett annat av BFR och SSI finansierat projekt och hade väl dokumenterade radonhalter före och efter saneringen.

Bostäderna indelades i 12 olika grupper beroende på typ av saneringsåtgärd eller kombination av sådana. Samtliga fastigheter har undersökts beträffande dels radonkälla, dels utförd saneringsåtgärd. De härvid upprättade besiktningsprotokollen omfattade även andra förhållanden som kan påverka radonsituationen, exempelvis hustyp, ventilationssystem, boendevanor, marktyp.

Radonmätningar före och närmast efter sanering utfördes av respektive fastighetsägare, oftast i samarbete med den berörda kommunen. Mätmetoder och mättider har varit mycket varierande, men det stora flertalet mätningar uppfyller dagens krav på s.k. rådgivande korttidsmätningar. Vid de kontrollmätningar som utförts inom projektets ram 1991, 1994, 1997 och 2000 har s.k. spårfilmsdosor använts. Dessa mätningar har gjorts under cirka 3 månader i början av respektive år.

I samband med radonmätningarna har luftomsättningen kontrollerats i flertalet av de hus där luftväxlingen har den primära betydelsen för radonhalten. Dessa mätningar har utförts med spårgas enligt AIM-metoden under samma tid som radonmätningarna.

1.2 Gränsvärden

Gränsvärden för radon i bostäder har i Sverige funnits sedan 1981-01-01. Då infördes 400 Bq/m^3 som högsta tillåtna värde på radondotterhaltens årsmedelvärde. Överskreds detta värde ansågs radonet utgöra en sanitär olägenhet. 1990-06-01 sänktes gränsen till 200 Bq/m^3. Motsvarande radongashalter är 800 Bq/m^3 respektive 400 Bq/m^3. För nyproduktion av bostäder infördes från 1981-01-01gränsvärdet 70 Bq/m^3 i radondotterhalt, motsvarande 140 Bq/m^3 i radongashalt.

Från 1994-01-01 har värdena ändrats så att de nu gäller för radongashaltens årsmedelvärde. Nuvarande riktvärde för olägenhet för människors hälsa är 400 Bq/m^3 och gränsvärdet för nyproducerade byggnader är 200 Bq/m^3.

Samtliga radonhalter i föreliggande rapport avser radongashalter. I de fall då man vid mätningar före respektive efter radonsanering använt sig av en mätmetod som mäter radondotterhalten, t.ex. mätning med instrument av typ WLM 300 och WLM 30, har omräkning till radongashalt gjorts genom division med F-faktorn 0.5.

1.3 Resultat

Radonmätningarna närmast efter sanering hade i de flesta hus utförts under mycket kort tid (1-3 dagar). I dessa hus var det enligt kapitel 3 större avvikelser i radonhalter vid 1991 års mätning jämfört med mätningen närmast efter åtgärd än vad det var i hus som mätts under längre tid. En stor del av avvikelserna var föranledda av dels olika långa mättider, dels omräkning av radondotterhalt till radongashalt med för hög F-faktor och har därför inget med åtgärdernas beständighet att göra. Följaktligen får man en rättvisare bild av läget genom att korrelera de radonhalter som uppmätts vid de tre senare kontrollmätningarna med dem som uppmättes vid kontrollmätningen 1991. Å andra sidan måste man betänka att fastighetsägarna levde i tron att de radonhalter (radondotterhalter) som erhölls vid mätningen närmast efter saneringen var de faktiska.

Ett av miljömålskommitténs mål för radon i bostäder är att ”Radonhalten inomhus i alla bostäder… underskrider 200 Bq/m^3 år 2020” (Miljömålskommittén, 2000). Därför jämförs de sanerade bostädernas radonhalter även med detta mål.

Mätning efter sanering

Vid mätningar som genomfördes närmast efter radonsaneringen uppmättes radonhalter på högst 200 Bq/m^3 i 66 småhus och 1 lägenhet i flerbostadshus samt mellan 210 Bq/m^3 och 400 Bq/m^3 i 18 småhus och 3 lägenheter. I ytterligare 7 småhus översteg radonhalten 400 Bq/m^3, men det var endast i ett av dem som halten var högre än det gränsvärde som gällde vid tiden för saneringen, dvs. 400 Bq/m^3 i radondotterhalt.

Före radonsanering var den genomsnittliga uppmätta radonhalten för samtliga i projektet ingående bostäder i småhusen 1398 Bq/m^3 och i lägenheterna i 583 Bq/m^3. Efter saneringen hade den genomsnittliga radonhalten sjunkit till 192 Bq/m^3 i småhusen och 180 Bq/m^3 i lägenheterna. Värdet för lägenheterna gäller radonhalterna efter den kompletterande åtgärden, vilken var att montera en radonbrunn i bostadsområdet.

Kontrollmätning 1991

Vid kontrollmätningen 1991 uppmättes radonhalter på högst 200 Bq/m^3 i 54 småhus och 7 lägenheter i flerbostadshus samt mellan 210 Bq/m^3 och 400 Bq/m^3 i 18 småhus och 6 lägenheter. I ytterligare 18 småhus och 1 lägenhet var radonhalterna så höga att de utgjorde en sanitär olägenhet, dvs. beräknat årsmedelvärde översteg gränsvärdet 400 Bq/m^3. Tre av småhusen hade över 400 Bq/m^3 även vid mätningen närmast efter att saneringen genomförts. I tabell 1.2 finns en uppdelning av antalet hus efter saneringsmetod.

Radonmätningen 1991 visade också att radonhalterna i 39 (43 %) av de kontrollerade småhusen stigit med 30 % eller mer några år efter det att åtgärder för att sanera husen genomförts. 19 bostäder uppvisade minst dubbelt så höga radonhalter som närmast efter åtgärd. Å andra sidan hade radonhalten i 9 småhus sjunkit med mer än 30 %, se figur 1.10. Vid beräkning av antalet hus med avvikande radonhalter har halter under 100 Bq/m^3 höjts till denna nivå. Höjs de däremot till 200 Bq/m^3 blir antalet småhus med mer än 30 % förhöjda radonhalter naturligt nog färre.

År 1991 var den genomsnittliga radonhalten för småhusen 283 Bq/m^3 och för lägenheterna 220 Bq/m^3.

Kontrollmätning 1994

Vid kontrollmätningen 1994 uppmättes radonhalter på högst 200 Bq/m^3 i 47 (54)[1] småhus och 9 (7)[1] lägenheter i flerbostadshus samt mellan 210 Bq/m^3 och 400 Bq/m^3 i 24 (18)[1] småhus och 4 (6)[1] lägenheter. I ytterligare 17 (18)[1] småhus och 1 (1)[1] lägenhet var radonhalterna så höga att de utgjorde en sanitär olägenhet, dvs. beräknat årsmedelvärde översteg gränsvärdet 400 Bq/m^3. I 12 av de 17 småhusen var radonhalten över 400 Bq/m^3 även vid mätningen 1991. I tabell 1.2 finns en uppdelning av antalet hus efter saneringsmetod.

En jämförelse av 1994 års radonhalter med 1991 års visar att radonhalterna i 10 (11 %) av de kontrollerade småhusen stigit med minst 30 %. I 4 småhus var radonhalterna mer än dubbelt så höga. Å andra sidan hade radonhalten i 15 småhus sjunkit med mer än 30 %.

[1] Siffror inom parentes () visar motsvarande antal vid 1991 års kontrollmätning.

Den genomsnittliga uppmätta radonhalten 1994 var för småhusen 256 Bq/m^3 och för lägenheterna 206 Bq/m^3.

Kontrollmätning 1997

Vid kontrollmätningen 1997 uppmättes radonhalter på högst 200 Bq/m^3 i 46 (54)[2] småhus och 1 (7)[2] lägenhet i flerbostadshus samt mellan 210 Bq/m^3 och 400 Bq/m^3 i 34 (18)[2] småhus.

Det mest anmärkningsvärda resultatet 1997 var att radonhalten i inte mindre än 10 av de 14 lägenheterna översteg gränsvärdet för sanitär olägenhet, 400 Bq/m^3. Den högsta halten som uppmättes var inte mindre än 1 600 Bq/m^3. Ytterligare två bostäder hade över 1 000 Bq/m^3. Antalet småhus med radonhalter överstigande 400 Bq/m^3 hade däremot minskat till 7 stycken. I 5 av de 7 småhusen var radonhalten över 400 Bq/m^3 även vid mätningen 1991.

En jämförelse av 1997 års radonhalter med 1991 års visar att radonhalterna i 16 (18 %) av de kontrollerade småhusen stigit med minst 30 %. I 8 småhus var radonhalterna mer än dubbelt så höga. Å andra sidan hade radonhalten i 17 småhus sjunkit med mer än 30 %.

Den genomsnittliga uppmätta radonhalten 1997 var för småhusen 228 Bq/m^3 och för lägenheterna 736 Bq/m^3.

Kontrollmätning 2000

Vid kontrollmätningen 2000 uppmättes radonhalter på högst 200 Bq/m^3 i 54 (54)[2] småhus och 7 (7)[2] lägenheter i flerbostadshus samt mellan 210 Bq/m^3 och 400 Bq/m^3 i 23 (18)[2] småhus och 5 (6)[2] lägenheter. I ytterligare 12 (18)[2] småhus och 2 (1)[2] lägenheter var radonhalterna så höga att de utgjorde en olägenhet för människors hälsa, dvs. beräknat årsmedelvärde översteg riktvärdet 400 Bq/m^3. I 7 av de 12 småhusen var radonhalten över 400 Bq/m^3 även vid mätningen 1991. I 4 småhus har radonhalten överstigit 400 Bq/m^3 vid samtliga fyra kontrollmätningar.

En jämförelse av 2000 års radonhalter med 1991 års visar att radonhalterna i 10 (11 %) av de kontrollerade småhusen stigit med minst 30 %. I 5 småhus var radonhalterna mer än dubbelt så höga. Å andra sidan hade radonhalten i 20 småhus sjunkit med mer än 30 %.

Den genomsnittliga uppmätta radonhalten 2000 var för småhusen 220 Bq/m^3 och för lägenheterna 226 Bq/m^3.

Tabell 1.1. Genomsnittsvärden för uppmätta radonhalter före respektive efter sanering samt vid de fyra kontrollmätningarna. Radonhalter i Bq/m^3.

	Före Sanering	Efter sanering	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
Lägenheter	583	180	220	206	736	226
Småhus	1 398	192	283	256	228	220

[2] Siffror inom parentes () visar motsvarande antal vid 1991 års kontrollmätning.

Orsaker till förändrade radonhalter

I detta projekt har inte ingått att närmare undersöka husen för att utreda orsakerna till oväntade förändringar av radonhalten. En sådan utredning har emellertid gjorts i ett annat BFR/SSI-projekt. Samtliga småhus, som vid kontrollmätningen 1991 hade radonhalter som stigit mer än vad som kunde förklaras med att olika mätmetoder och olika långa mättider hade använts vid mätning efter sanering respektive vid kontrollmätningen, undersöktes för att om möjligt klarlägga orsakerna till ökningen. Resultatet av den studien redovisas i rapport A1:1997 (Clavensjö, 1997). För de hus som ingick i det projektet finns orsakerna även redovisade i bilaga 1 ”Beskrivning av byggnader” i denna rapport.

Genom intervjuer med fastighetsägare och andra i saneringsarbetet involverade personer har en rad förhållanden som kan påverka radonhalten kunnat klarläggas. De redovisas för respektive hus i bilaga 1. Det är endast för 2-3 småhus som någon orsak till förändringen inte kunnat fastställas.

Första villkoret för att få ett gott och varaktigt resultat av en radonsanering är att välja en åtgärd som är effektiv mot radon från de radonkällor som är aktuella i det enskilda fallet. Det är betydligt mera verkningsfullt att förhindra radon från marken att komma in i byggnaden än att försöka späda ut radonkoncentrationen i tillräcklig grad när radonet väl har kommit in, dvs. att öka luftomsättningen i huset. I projektet finns flera exempel på sådana fall där inte den optimala metoden eller kombination av metoder har valts. Exempelvis har tre hus i grupp 2 (FTX-system) flyttats till grupp 7 p.g.a. att en radonsug har installerats under projektets gång.

I hus med relativt stor påverkan av markradon kan radonhalten fluktuera inom relativt vida gränser beroende på yttre förhållanden som temperatur och vind. Detta gäller även hus med installerad mekanisk till- och frånluftsventilation, eftersom de inte är tillräckligt lufttäta i ytterväggar och vindsbjälklag.

En annan vanlig orsak till att radonhalten varierar är att de boende själva ändrar varvtalet på den eller de fläktar som installerats för att minska radonhalten inomhus. Anledningar till att sänka fläkthastigheten kan vara att spara energi eller minska ett bullerproblem. I några fall har fläkten stängts av av misstag.

Vid 1997 års kontrollmätning upptäcktes att radonkoncentrationen hade ökat markant i de flesta lägenheterna i flerbostadshusen. Ökningen orsakades av att fläkten i radonbrunnen hade skurit, vilket inte hade upptäckts av driftpersonalen p.g.a. bristande rutiner i fastighetsskötseln.

Utredningens resultat visar att ingen av de undersökta åtgärdsmetoderna ger ett varaktigare resultat än någon annan. Kraftiga förändringar i radonhalter finns i samtliga åtgärdsgrupper med mer än ett småhus, se tabellerna 5.25 - 5.27.

Konklusion

Projektet kan sammanfattas i följande slutsats:

Åtgärder för att sänka en förhöjd radonhalt i inomhusluften resulterar i de allra flesta fall i en varaktigt låg radonhalt under förutsättning att

- Saneringsmetod väljs efter förhållandena i varje enskilt fall. Radonkälla, hustyp, ventilationssystem, husets täthet mot marken och i vissa fall topografin är några faktorer som måste beaktas.
- Saneringen utförs på ett fackmannamässigt sätt av radonkunnig personal.
- Husägaren eller den driftansvarige informeras om hur anläggningen fungerar och hur den skall skötas samt att den verkligen sköts på det sättet.
- Drift- och skötselinstruktioner upprättas och förvaras i anslutning till anläggningen.
- Även en ny ägare till fastigheten blir införstådd med hur anläggningen skall skötas.
- Anordning som larmar vid driftstopp installeras.

Dessutom bör man i ett radonsanerat hus göra återkommande långtidsmätningar (minst 2 månader) av radonhalten med 5-10 års mellanrum. Detta eftersom förhållanden kan förändras utan att det märks med mänskliga sinnen, t.ex. kan en omlagring av partiklar i marken i närheten av en radonsugs sugpunkt påverka lufttrycket i marken under huset. En om- eller tillbyggnad av ett hus eller en annan förändring av huset kan påverka effekten av en tidigare utförd saneringsåtgärd, vilket man i vissa fall kanske inte är medveten om.

Tabell 1.2. Småhus och lägenheter fördelade efter saneringsmetod och radonhalter vid kontrollmätningar 1991, 1994, 1997 respektive 2000. Radongashalter i Bq/m^3.

Åtgärd		Kontrollmätning 1991				Kontrollmätning 1994			
Nr	Beskrivning Åtgärd	Antal mätta bostäder	Antal med radonhalter -200	210-400	>400	Antal mätta bostäder	Antal med radonhalter -200	210-400	>400
01.F	Från S till F	6	3	2	1	6	4	2	
01	Från S till F	6		4	2	6		2	4
02	Från S till FTX	19	10	7	2	17	7	8	2
03	Krypgrund	1		1		1		1	
04	Tätn. mot mark	6	4	2		6	4	2	
05	Luftkuddemetod	3	2		1	3	2	1	
06.F	F och tätning	1		1		1	1		
07	FT och radonsug	10	6	1	3	11	7	1	3
08	F och radonsug	1		1		1	1		
09	Radonsug	18	14	2	2	18	11	5	2
10	Radonbrunn	14	10		4	13	9	1	3
11	Förbättrat S	12	8		4	12	6	3	3
12.F	Från S till F m.m.	7	4	3		7	4	2	1
Σ	Lägenheter (F)	14	7	6	1	14	9	4	1
	Småhus	90	54	18	18	88	47	24	17

I kolumnen ”Beskrivning åtgärd” använda förkortningar:
S = Självdragsventilation
F = Mekanisk frånluftventilation
FT = Mekanisk till- och frånluftsventilation

Tabell 1.2. forts.

Åtgärd		Kontrollmätning 1997				Kontrollmätning 2000			
Nr	Beskrivning åtgärd	Antal mätta bostäder	Antal med radonhalter -200	210-400	>400	Antal mätta bostäder	Antal med radonhalter -200	210-400	>400
01.F	Från S till F	*5*		1	4	*6*	3	3	
01	Från S till F	*5*		5		*5*		2	3
02	Från S till FTX	*17*	10	6	1	*17*	10	5	2
03	Krypgrund	*1*		1		*1*		1	
04	Tätn. mot mark	*6*	4	2		*6*	5	1	
05	Luftkuddemetod	*3*		2	1	*2*	2		
06.F	F och tätning	*1*			1	*1*			1
07	FT och radonsug	*11*	8	2	1	*11*	6	4	1
08	F och radonsug	*1*	1			*1*	1		
09	Radonsug	*16*	7	9		*18*	12	5	1
10	Radonbrunn	*15*	11	2	2	*16*	12	1	3
11	Förbättrat S	*12*	5	5	2	*12*	6	4	2
12.F	Från S till F m.m.	*6*	1		5	*7*	4	2	1
Σ	Lägenheter (F)	*12*	1	1	10	*14*	7	5	2
	Småhus	*87*	46	34	7	89	54	23	12

I figurerna 1.1-1.9 visas de radonhalter som uppmätts vid mätning efter åtgärd samt vid de tre kontrollmätningarna. Läget utmed den horisontella axeln bestäms av den radonhalt som uppmättes efter åtgärd. De horisontella, streckade linjerna i figurerna markerar det nuvarande gränsvärdet och riktvärdet, de lutande, streckade linjerna, x = y.

Figur 1.1. *Radonhalter efter sanering. Installation av mekaniskt frånluftssystem. 6 lägenheter i flerbostadshus samt 6 småhus.*
Radon levels after remedial action. Converting a natural draught system to a mechanical exhaust air system. 6 flats in multi-family buildings and 6 single-family houses.

Figur 1.2. *Radonhalter efter sanering. Installation av mekaniskt till- och frånluftssystem. 17 småhus.*
Radon levels after remedial action. Installation of a mechanical supply and exhaust air ventilation system. 17 single-family houses.

Figur 1.3. *Radonhalter efter sanering. Tätning mot mark. 6 småhus.*
Radon levels after remedial action. Sealing leakage points in the basement floor. 6 single-family houses.

Figur 1.4. *Radonhalter efter sanering. Installation av luftkuddesystem. 3 småhus.*
Radon levels after remedial action. Installation of a fan assisted sub-slab pressurisation system. 3 single-family houses.

Figur 1.5. *Radonhalter efter sanering. Installation av mekaniskt till- och frånluftssystem samt radonsug. 12 småhus.*
Radon levels after remedial action. Installation of a mechanical supply and exhaust air ventilation system and a sub-slab suction. 12 single-family houses.

Figur 1.6. *Radonhalter efter sanering. Installation av radonsug. 18 småhus.*
Radon levels after remedial action. Installation of a sub-slab suction. 18 single-family houses.

Figur 1.7. *Radonhalter efter sanering. Installation av radonbrunn. 14 småhus.*
Radon levels after remedial action. Installation of a radon well. 14 single-family houses.

Figur 1.8. *Radonhalter efter sanering. Förbättrad självdragsventilation. 13 småhus.*
Radon levels after remedial action. Improving the natural draught ventilation.
13 single-family houses.

Figur 1.9. Radonhalter efter sanering av bostäder i flerbostadshus. Installation av mekaniskt frånluftssystem m.m. samt tätning vid bl.a. kulvertintag. 7 lägenheter i flerbostadshus.
Radon levels after remedial action. A combination of convertinga natural draught system to a mechanical exhaust air system and sealing round about the culvert intake. These reduction actions have been done in multi-family buildings. 7 flats.

1.4 Summary

This investigation has been commissioned and funded by the Swedish Radiation Protection Authority and the Swedish Council of Building Research (now the Swedish Council for Environment, Agricultural Sciences and Spatial Planning).

The object of this project was to investigate the long time effectiveness of different radon remedial methods. The ten years project started 1991. From start the investigation comprised of 105 dwellings (91 single-family houses and 14 flats in multi-family buildings). In all of the dwellings remedial measures were carried out in the eighties. Before and immediately after the reduction the local authorities measured the radon concentrations. New measurements of the radon concentrations have been made every third year; in 1991, 1994, 1997 and in 2000.

Twelve different radon remedial methods and method combinations were used. The radon sources were building materials as well as sub-soils. In all of the dwellings the radon concentrations were measured by nuclear track films during 3 months (January-March) measurements and in half of them the air chance rates by passive tracer gas methods.

Remedial actions that have been studied in this project are:

1. Converting a natural draught system to a mechanical exhaust air system.
2. Installation of a mechanical supply and exhaust air ventilation system.
3. Sealing the structure above the crawl space.
4. Sealing leakage points in the basement floor.
5. Installation of a system for sucking indoor air and pressing it into the soil below the house to increase the air pressure there.

6. A combination of installation of mechanical exhaust air system and sealing of leakage points in the basement floor.
7. A combination of installation of a mechanical supply and exhaust air ventilation system and a sub-slab suction.
8. A combination of installation of a mechanical exhaust air ventilation system and a sub-slab suction.
9. Installation of a sub-slab suction.
10. Installation of a radon well.
11. Additional natural draught system.
12. A combination of converting a natural draught system to a mechanical exhaust air system and sealing round about the culvert intake. These reduction actions have been done in multi-family buildings.

The result of the 1991 study showed that the radon concentration was up to 200 Bq m^{-3} in 54 single-family houses and 7 flats, between 210 Bq m^{-3} and 400 Bq m^{-3} in 18 single-family houses and 6 flats, and higher than 400 Bq m^{-3} in 18 single-family houses and 1 flat. The study showed also that in about 40 % of the cases the radon concentration had increased by more than 30 % only a few years after reduction actions had been taken. In 19 dwellings the radon concentration was at least doubled.

The result of the 1994 study showed that the radon concentration was up to 200 Bq m^{-3} in 47 single-family houses and 9 flats, between 210 Bq m^{-3} and 400 Bq m^{-3} in 24 single-family houses and 4 flats, and higher than 400 Bq m^{-3} in 17 single-family houses and 1 flat. As in 1991 the radon concentration was higher than 400 Bq m^{-3} in 12 of the 17 single-family houses.

The result of the 1997 study showed that the radon concentration was up to 200 Bq m^{-3} in 46 single-family houses and 1 flat, between 210 Bq m^{-3} and 400 Bq m^{-3} in 34 single-family houses and 1 flat, and higher than 400 Bq m^{-3} in 7 single-family houses and 10 flats. As in 1991 the radon concentration was higher than 400 Bq m^{-3} in 5 of the 7 single-family houses.

Figure 1.10. The diagram presents the number of houses in which the radon concentration in one measuring occasion (A) divided by the measured value in another occasion (B) was
<0.7 (the lower part of the column)
0.7-1.3 (the intermediate part)
>1.3 (the upper part) as follows:

1. A. Measuring occasion in 1991 B. Measuring occasion immediately after the reduction action.
2. A. Measuring occasion in 1994 B. Measuring occasion in 1991.
3. A. Measuring occasion in 1997 B. Measuring occasion in 1991.
4. A. Measuring occasion in 2000 B. Measuring occasion in 1991.

In the calculation values under 100 Bq m^{-3} have not been used. Such values have been increased to 100 Bq m^{-3} in order to reduce the proportion at low values.

The result of the 2000 study showed that the radon concentration was up to 200 Bq m^{-3} in 54 single-family houses and 7 flats, between 210 Bq m^{-3} and 400 Bq m^{-3} in 23 single-family houses and 5 flats, and higher than 400 Bq m^{-3} in 12 single-family houses and 2 flats. As in 1991 the radon concentration was higher 400 Bq m^{-3} in 7 of the 12 single-family houses. In 4 single-family houses the radon concentration was higher than 400 Bq m^{-3} in every measure.

In figures 1.1 -1.9 the individual radon levels from the measures immediately after the reduction actions and from the check measures in 1991, 1994, 1997 and 2000 are shown. Every dwelling has a square turned round 45 degrees indicating the radon level in 1991, a regular square indicating the radon level in 1994 and a triangle indicating the radon level in 1997.

Causes of increasing radon levels

Less suitable measures

Radon is transported from the soil into the house with soil gas drawn in through leakage points in the foundation structure. The driving force for the transport is the difference between the air pressures just above respectively below the lowest floor in the building. The air pressure in the house is determined by temperature difference between outdoors and indoors, effect of the wind and by mechanical ventilation system.

In many houses with radon from the soil problems it is not a good remedial action installing a normal mechanical ventilation system or improving the natural draught ventilation. The flow of radon-containing air from the soil into the house will not stop, only become more diluted in the room. The radon concentration in the house can even increase by installing an exhaust ventilation system, because of lowering the air pressure indoors. These occurrences are relatively common in houses on ground with high permeability and high radon content in the soil air.

A one-storey house without a basement has a very low warmed-up volume of air. If the house is ventilated by a mechanical supply and exhaust system, the air pressure indoors is only about 1 Pa below the air pressure outdoors caused by the ventilation system. The thermal force causes about 2 Pa sub-atmospheric pressure just over the lowest floor, when the outdoor temperature is 5^0 above zero, totally about 3 Pa. If the temperature drops to 5^0 below zero, the sub-atmospheric pressure will increase to a bit over 4 Pa or 40 % but the rate of air change will not change. The result will be an increasing flow of radon-containing soil air into the house and an increasing radon content indoors.

Measurement effects

Measurement effects of course, have not increased the annual mean value of radon content in reality. By measuring during too short time and wrong time the annual mean value of radon progeny content has been underestimated. Converting radon progeny levels to radon gas levels by using a too high F - factor will also result in an underestimated radon gas level.

Living related causes

If the radon contents become very low after sanitising, many house-owners would use that as a justification for reducing the number of revolutions of the fan or fans. The purpose for reduction could be energy saving or fan noise abatement.

Different use of the windows for airing and varying open area of intakes during measurement performances has resulted in changed radon levels.

Insufficient operating instructions

The very high radon levels in a lot of flats in 1997 were a result of bad operating instructions. The running staff did not know there was a radon well in the area of the multi-family buildings. The fan of the radon well was out of order and nobody had detected it.

Conclusion

Remedial measures against increased radon concentrations indoors can result in durable low radon concentrations if

- The remedial measure is the most suitable measure in anyone particular case
- The remedial measure is carried out in a workmanlike manner and by persons who know why the work is being done
- The house owner receives operating and maintenance instructions.
- The installation is operated by the house owner in accordance with these instructions.

After mitigation the radon concentrations have to be measured over a period of time (at least 2 months) and during the right period of the year.

2 Urval av hus

2.1 Bestämmelser rörande radonhalter

Gränsvärden för radon i bostäder har funnits i Sverige sedan 1981-01-01. Enheten för gränsvärdena är becquerel per kubikmeter luft, förkortat Bq/m^3. Från början avsågs *radondotterhaltens* årsmedelvärde. Gränsvärdet för radondotterhalten i befintliga bostäder var 400 Bq/m^3 enligt ”Allmänna råd om radon” utfärdade av Socialstyrelsen (SOSFS (M) 1980:71). Halter över detta gränsvärde var enligt de allmänna råden att betrakta som *sanitär olägenhet*. Gränsvärdet för nybyggnad var enligt Svensk Byggnorm (SBN 1980) 70 Bq/m^3. Gränsvärdet för sanitär olägenhet sänktes 1990-06-01 till 200 Bq/m^3, men gällde fortfarande radondotterhaltens årsmedelvärde.

Socialstyrelsens gränsvärde ändrades 1994-01-01 till att avse radonhaltens årsmedelvärde. Gränsvärdet sattes till 400 Bq/m^3, vilket i princip motsvarade det äldre gränsvärdet för radondotterhalten, 200 Bq/m^3, beräknat med en F-faktor av 0.5[3]. (SOSFS 1993:25). Samtidigt ändrade Boverket gränsvärdet för högsta tillåtna radondotterhalt i nya byggnader till att avse högsta tillåtna radongashalt och gränsvärdet sattes till 200 Bq/m^3 (Boverkets Byggregler 1994, BFS 1993:57 avsnitt 6:223).

I och med tillkomsten av Miljöbalken utgav Socialstyrelsen 1999 nya ”Allmänna råd om radon i inomhusluft” (SOSFS 1999:22 (M)). Detta innebar att gränsvärdet för radonhalt ersattes med ett riktvärde, som är 400 Bq/m^3. Överstiger radonhalten i utrymmen där människor stadigvarande vistas i bostaden eller i lokalen riktvärdet 400 Bq/m^3 anses det utgöra olägenhet för människors hälsa.

Samtliga radonhalter i föreliggande rapport avser radongashalter. I de fall då man vid mätningar före respektive efter radonsanering använt sig av en mätmetod som mäter radondotterhalten, t.ex. mätning med instrument av typ WLM 300 och WLM 30, har omräkning till radongashalt gjorts genom division med F-faktorn 0.5.

2.2 Urval av hus för radonmätningar

En förutsättning för föreliggande projekt var att det skulle omfatta cirka 100 bostadshus som hade blivit föremål för radonsanerande åtgärder. Huvudparten av husen skulle vara småhus. Villkoren för att komma med i undersökningen var att radonhalten hade dokumenterats såväl före som efter åtgärd samt att huset var sanerat enligt någon av nedanstående metoder. Ett par grupper tillkom i efterhand med anledning av de uppgifter som erhölls vid insamlingen av husdata..

01. Husets självdragssystem (S-ventilation) har konverterats till mekaniskt frånluftssystem (F- ventilation). Gruppen omfattade från projektets början 6 lägenheter i flerbostadshus samt 6 småhus. Ett småhus har utgått.
02. Huset har försetts med mekaniskt till- och frånluftssystem med värmeväxlare (FTX-ventilation) eller värmepump (FTVp-ventilation). Gruppen omfattade från projektets början 21 småhus, varav fyra har överförts till grupp 7 p.g.a. att kompletterande saneringsåtgärder har utförts under projekttiden.
03. Åtgärd mot markradon har vidtagits i krypgrunden. Endast ett hus ingår i denna grupp.
04. Husets bottenplatta har tätats mot markradon. Gruppen innehåller 6 småhus.
05. Anläggning för att skapa övertryck, en luftkudde, under husets bottenplatta har installerats. Gruppen omfattade från projektets början 3 småhus, varav ett har utgått.
06. Kombination av installation av F-ventilation samt tätning av rörgenomföringar i golvgrop och ett befintligt frånluftsdon i källarvåning. En lägenhet i ett flerbostadshus ingår.

[3] F-faktorn, jämviktsfaktorn, används för omräkning av radonhalt till radondotterhalt. För mätvärden erhållna vid mätningar i bostäder före 1 jan. 1994 används för omräkning från radondotterhalt till radongashalt enligt SSI F-faktorn 0.5 (SSI i 93-08). För omräkning av mätresultat erhållna efter 1 jan. 1994 används en F-faktor på 0.4. F-faktorn varierar bl.a. med ventilation och partikelhalt i luften och ligger i bostäder normalt inom området 0.3 – 0.5, men större variationer förekommer. Mätmetoder där resultaten erhålls i radondotterhalt är sådana som mäter med öppen spårfilm eller instrument som mäter radondotterhalten.

07. En kombination av FTX-ventilation och radonsug har installerats. Gruppen innehöll från början 7 småhus, varav ett har utgått. 4 småhus har överflyttats till gruppen från grupp 2 och ett från grupp 9 p.g.a. att kompletterande saneringsåtgärder har utförts i dessa under projektets gång.
08. En kombination av F-ventilation och radonsug har installerats. Endast ett småhus i gruppen.
09. Radonsug har installerats. Gruppen omfattade från projektets början 19 småhus, varav ett har flyttats till grupp 7.
10. Radonbrunn har installerats. Gruppen omfattade från projektets början 14 småhus. Två har tillkommit från ett annat forskningsprojekt.
11. Husets befintliga självdragsventilation har justerats och förbättrats. Gruppen omfattade från projektets början 13 småhus, varav ett har utgått.
12. Husets S-ventilation har konverterats till F-ventilation. Dessutom har källarventilationen förbättrats och kulvertintaget tätats. Gruppen omfattar 7 lägenheter i flerbostadshus.

Miljö- och hälsoskyddskontoren i Gävle, Sandviken och Falun samt Upplands Väsby, Sollentuna och Täby tillskrevs under 1990 med en förfrågan om adresser på radonsanerade hus som uppfyllde ovanstående villkor. Utöver adresser, uppmätta radonhalter och vilken metod som använts för saneringen skulle också hustyp, byggnadsår och eventuell förekomst av alunskifferbaserad lättbetong anges för respektive hus.

Även om radonproblemen varit kända under ganska lång tid så fanns det 1990 inte så många objekt att välja bland. Efter den första förfrågan kom det in listor med sammanlagt cirka 90 adresser på hus för vilka ovan uppräknade parametrar var angivna. Eftersom projektet skulle omfatta ca 100 hus togs nya kontakter med de tidigare tillskrivna kommunerna samt ytterligare ett par miljö- och hälsoskyddskontor, vilket resulterade i ytterligare ett tjugotal adresser. Detta innebär att så gott som samtliga adresser med kompletta uppgifter har tagits med i utredningen. Något statistiskt urval är det således inte fråga om.

Tabell 2.1. Fördelning av radonmätningar på lägenheter i flerbostadshus och småhus inför mätomgången 1991. Antal småhus med alunskifferbaserad lättbetong i större eller mindre omfattning.

Åtgärd Nr	Beskrivning	Antal bostäder i flerbostads-hus	Antal bostäder i småhus	Varav bostäder med blåbetong
01	Från S- till F-ventilation	6	6	5
02	Från S- till FTX-ventilation	0	21	12
03	Åtgärdade hus med krypgrund	0	1	0
04	Tätning mot mark	0	6	0
05	Inst. av luftkuddesystem	0	3	0
06	Från S- till F-vent. samt tätning	1	0	0
07	Från S- till FTX-vent. samt radonsug	0	7	3
08	Från S- till F-vent. samt radonsug	0	1	0
09	Installation av radonsug	0	19	5
10	Installation av radonbrunn	0	14	0
11	Förbättrad S-ventilation	0	13	5
12	Från S- till F-vent. samt förbättrad källarventilation inkl. tätning	7	0	0
Totalt antal		14	91	30

S = Självdragsventilation
F = Frånluftsventilation
FT = Till- och frånluftsventilation
FTX = Till- och frånluftsventilation med värmeväxlare

Totalt ingår i projektet 105 bostäder varav 14 är lägenheter i flerbostadshus och 91 är småhus. Fastighetsägarna kontaktades och erbjöds gratis kontrollmätning av radonhalter i inomhusluften samt i vissa fall luftväxlingsmätningar. Deras motprestation skulle vara att ställa huset till förfogande för även kommande radonkontroller eller, om de då inte längre skulle vara ägare till fastigheten, informera den nya innehavaren om projektet. Husen är belägna i Gävle, Sandviken och Falun samt i Upplands Väsby, Sollentuna och Täby. Husens fördelning på olika radonåtgärder framgår av tabell 2.1.

Förutom de radonmätningar som utförts före och efter det att åtgärder mot radonet gjorts i husen har mätningar även utförts under åren 1991, 1994, 1997 och 2000. Inför 1994 års kontrollmätning tillskrevs samtliga fastighetsägare som var involverade i mätningen 1991. Klartecken erhölls från alla utom 1 småhusägare, som meddelade att hon inte ville vara med i projektet längre. 2 småhus föll bort 1997, men 2 tillfördes. Inför

mätningen 2000 uteslöts ytterligare 1 hus på fastighetsägarens begäran. Antalet bostäder i 2000 års mätning blev därmed 103 stycken varav 89 var småhus.

2.3 Urval av hus för luftväxlingsmätningar

I ungefär hälften av de bostäder där radonmätningar utförts skulle också luftväxlingen kontrolleras genom mätning med en metod som använder sig av passiv spårgas. I första hand utsorterades för sådana mätningar hus byggda av alunskifferbaserad lättbetong med gammastrålning på > 0.30 µSv/h, eftersom radonhalten står i stark relation till luftväxlingen i bostäder där byggnadsmaterialet är den dominerande radonkällan. Detta resulterade i att 20 småhus som var uppförda i blå lättbetong valdes.

Det andra urvalskriteriet var att bostaden skulle vara åtgärdad på sådant sätt att radonhalten till avgörande del var beroende av ventilationen inomhus. Här prioriterades bostäder med ett ventilationssystem som inte ger en stabil luftväxling, t.ex. F-system, där mängden tilluft bestäms av att fönster och uteluftsdon hålls öppna, eller förbättrade självdragssystem. Denna urvalsprincip gav ytterligare 12 lägenheter i flerbostadshus och 16 småhus.

Totalt undersöktes luftväxlingen i 12 lägenheter och 36 småhus i samband med kontrollmätningarna 1991. Vid 1994 års mätning minskades antalet bostäder i vilka luftväxlingen mättes till 5 lägenheter och 27 småhus. De som mättes i denna omgång hade också mätts 1991.

Luftväxlingsmätningar utfördes 1997 i 29 bostäder, 5 lägenheter och 24 småhus. I 2 småhus (radhus) mättes luftväxlingen även i krypgrunden. Urvalet gjordes bland de 33 bostäder som ingick i 1994 års mätningar av luftväxlingar. 1994 gjordes försök med att använda två olika PFT-gaser i några småhus i syfte att mäta luftflöden mellan våningarna. Vid mätningarna 1997 utvidgades denna typ av mätningar till att omfatta 10 småhus. I två intill varandra liggande radhus användes inte mindre än 4 olika gaser, vilket möjliggjorde mätningar av luftflöden dels mellan krypgrunder och bostäder, dels luftflöden mellan bostäderna.

År 2000 utfördes mätningarna av luftväxlingen på ungefär samma sätt som 1997 med undantag av mätningen i krypgrunderna. Antalet bostäder minskades ytterligare något och var nu 3 lägenheter och 19 småhus.

3 Mätmetoder

3.1 Beskrivning av metoder för radonmätningar

Radonmätningarna före saneringens genomförande har i huvudsak utförts av miljö- och hälsoskyddskontorets personal i respektive kommun. Mätmetoderna har varierat, men de vanligaste har varit öppen spårfilm med tre månaders mättid och WLM 300 med något eller några dygns mättid. Eftersom mätningarna före åtgärd i de flesta fall har utförts innan Strålskyddsinstitutets (SSI) metodbeskrivningar gavs ut, uppfylls till viss del inte de däri angivna villkoren. Spårfilmsmätningarna har dock gjorts enligt Statens provningsanstalts anvisningar SP A2 601 (Statens provningsanstalt, 1980).

Mätningar, som utförts efter det att husen har radonsanerats, har med några få undantag utförts av kommunens miljö- och hälsoskyddskontor. Bland mätmetoderna dominerar WLM 30 och dess föregångare WLM 300, som båda mäter radondotterhalter, samt TLD-instrument, så kallade IRMOR, som mäter radonhalter. Ett tiotal hus har mätts med koldosor och i något enstaka fall har spårfilm använts.

Vid samtliga kontrollmätningar har spårfilm i dosa använts. Mätningarna har utförts enligt de vid tiden för respektive mätning gällande metodbeskrivning från Strålskyddsinstitutet, dvs. för 1991 och 1994 års mätningar i88-04 nr 1 (Statens strålskyddsinstitut, 1988-1990) samt för 1997 och 2000 i94-05 nr 1 (Statens strålskyddsinstitut, 1994). Detektorerna levererades och analyserades av MRM-konsult AB (f.d. Sveriges Geologiska AB) i Luleå.

Vid första kontrollmätningen placerades spårfilmsdosorna ut och hämtades in av personal från projektet. I fortsättningen gjordes detta endast i lägenheter samt de småhus där mätning av luftväxling skulle ske. Övriga detektorer sändes tillsammans med mätanvisningar m.m. per post. Vid kontrollmätningarna har eftersträvats att placera spårfilmsdosorna i samma rum och på samma plats vid varje mättillfälle. Mättiden har varit cirka tre månader och infallit i huvudsak under perioden januari–april.

Spårfilm

Spårfilm i dosa är en integrerande mätmetod som endast mäter radonhalten i rummet. Den fungerar så att alfapartiklar från radon som diffunderar in i dosan samt från radondöttrar som bildats i dosan träffar ytskiktet på en film av cellulosanitrat eller polyester och ger upphov till skador (spår) i filmen. Genom att kemiskt etsa filmen blir spåren synliga och kan räknas i mikroskop. Mängden spår per ytenhet är proportionell mot halten av de alfastrålande isotoperna i den luftvolym som finns inom radien för alfapartiklarnas räckvidd och mot mättiden.

Figur 3.1. Spårfilm i dosa. På bilden finns en komplett dosa till vänster och en öppnad till höger. På insidan av dosans botten (nedtill) syns själva spårfilmen. Dosan är 58 mm i diameter och ca 20 mm tjock.

Spårfilmer i dosa mäter med god precision. Detta gäller även vid så låga radonhalter som 10 Bq/m^3. Med de bästa typerna av spårfilm kan man vid tre månaders mättid mäta med en så liten mätosäkerhet som ±10 % vid en radongashalt på 60 Bq/m^3. Spårfilmerna analyseras i speciella instrument som avläser nära 100 % av den detekterade ytan på filmen. Att man nått så god mätnoggrannhet kan tillskrivas SSI som för den stora radonepidemiologiska undersökningen 1990 tog fram en spårfilm i dosa med mycket goda mätegenskaper.

I kapitel 3.2 görs en jämförelse mellan olika metoders tillförlitlighet och i vad mån avvikelser i radonhalter mellan eftermätning och kontrollmätning kan vara avhängigt mätmetoderna. Relativt stora skillnader mellan mätresultat kan uppstå p.g.a. att vissa mätningar har utförts med radonmätande instrument och andra med metoder som mäter radondotterhalter. Vid omräkning av de uppmätta radondotterhalterna har F-faktorn 0.5 använts. Eftersom F-faktorn kan variera kan fel uppstå vid omräkning till radonhalt, se kapitel 3.2

Aktivt kol

Aktivt kol i burkar eller dosor är en "integrerande" mätmetod som mäter halten av radongas. När koldosan öppnas diffunderar radon in i burken och adsorberas på kolet. Mätningen avslutas när locket tillsluts. Den radonhalt som koldosan har vistats i bestäms genom att man mäter gammastrålningen från de radondöttrar som bildas när radonet sönderfaller.

Den på kolet adsorberade mängden radon är proportionell mot radonhalten i luften i rummet i de fall då radonhalten är konstant. Vid varierande radonhalter, vilket är det vanliga när radonet kommer från marken, kan metoden ge radonhalter som avviker relativt mycket från den faktiska genomsnittliga halten under mätperioden. Dosan "minns" endast de 2-3 sista dygnens radonhalt. Enligt SSI:s metodbeskrivning är därför mättiden med koldosan 3 dygn. Genom att mättiden är så kort lämpar sig koldosor dåligt för bestämning av årsmedelvärdet vid mätningar där radonhalten varierar från dygn till dygn.

Tillverkarna har rekommenderat olika mättider (3-7 dygn) trots att den effektiva mättiden endast är tre dygn. Mätning har utförts i minst två rum med minst en koldosa per rum.

TLD-instrument (IRMA)

TLD-instrument är också en integrerande mätmetod som mäter halten av radongas. Metoden har framtagits av Strålskyddsinstitutet. IRMAN består av en mätkammare där radongasen sönderfaller. De radondöttrar som därvid bildas dras med hjälp av ett elektriskt fält till en termoluminiscensdosimeter (TLD). I denna lagras under mättiden energi från radondöttrarna. TL-dosimetrarna avläses sedan i speciellt laboratorieinstrument.

Mättiden för TLD-mätningarna har varit 14 dygn. Mätningarna har utförts i minst två rum.

WLM 30, WLM 300 (Working Level Monitor)

Instrument typ WLM är kontinuerligt registrerande filtermätare som mäter radondotterhalten i rummet. De pumpar luft kontinuerligt med ett känt luftflöde genom ett filter. På detta fastnar de radondöttrar som finns i den passerande luften. Radondotterhalten bestäms genom att man mäter alfastrålningen från radondöttrarna på filtret. Alfadetektorn är placerad på ett sådant sätt att den kontinuerligt kan detektera alfasönderfallen på filtret. Mätaren ger såväl integrerande radondotterhalter för perioder av valfri längd som medelvärde från start.

Mättiderna för WLM-mätningarna har varit mellan 23 timmar och 5 dygn. Mätningarna har utförts i minst två rum och under minst 23 timmar i vartdera rummet. Vanligen har ett instrument flyttats mellan mät-platserna.

3.2 Mätmetodernas betydelse för bedömning av uppmätta radonhalter

Mätningar före och omedelbart efter sanering utfördes mellan 1982 och 1990 i totalt 91 småhus. Resultaten har uppgivits som årsmedelvärdet av radondotterhalten. Vanligen har SP:s metodbeskrivningar följts till och med 1987. Alla efterföljande mätningar har utförts enligt SSI metodbeskrivningar.

Tabell 3.1. Mätningar omedelbart efter radonsanering.

Mätmetod	Utförd i antal hus
WLM 30 eller WLM 300	61
TLD-instrument (IRMOR)	29
Aktivt kol	8
Öppen spårfilm	3

Osäkerheter i mätmetoderna

En bedömning av mätmetodernas betydelse för uppmätta och beräknade årsmedelvärden har gjorts av Gun Astri Swedjemark och Gustav Åkerblom, Statens strålskyddsinstitut (SSI).

Den korta mättiden vid användning av aktivt kol, som inte medger kontroll av radonhaltens *tidsvariationer*, ger i de flesta fall en relativt osäker information om hur den genomsnittliga halten är under en längre tid, t.ex. ett år. Detta gäller även i viss mån WLM 30 och WLM 300. Särskilt stor är osäkerheten när radonet kommer från marken, då skillnaden kan vara en faktor 2-5 mellan resultatet från en korttids- och en långtidsmätning, t.ex. med spårfilm. Kommer radonet från byggmaterialet är avvikelsen i de flesta fall mindre än en faktor två. Dessa avvikelser beror på att koncentrationen av radonet och dess sönderfallsprodukter varierar med tiden i ett hus. Variationerna beror på förändringar i radoninflödet från marken, vilket i sin tur beror på tryckskillnaden ute och inne, samt på skillnader i luftomsättningen. De flesta av variationerna hänför sig till väderförhållanden. I ett hus där radonet kommer från byggnadsmaterialet blir radonhalten lägre, när luftväxlingen ökar. Då radonet kommer från marken är bilden mera komplicerad.

För 2/3 av husen inom projektet jämförs resultatet av spårfilm i dosa som mäter halten av radon med en radonhalt som beräknats från mätning av radondotterhalt, dvs. med WLM 30 eller WLM 300. Förhållandet mellan radondotterhalt och radonhalt (*F-faktorn*) i ett rum kan ligga mellan 0.2 och 0.8, men oftast mellan 0.3 och 0.5. Vid omräkning från radondotterhalt till radonhalt användes F-faktorn 0.5. Detta kan ge en underskattning av radonhalten beräknad ur den mätta radondotterhalten.

Mätningarna i husen kan ha utförts i *olika rum* vid de olika tillfällena, vilket kan ge olika resultat. Därtill kommer att *boendevanorna* kan ha ändrats mellan de båda tillfällena.

Mätningarna utförda mellan 1982 och 1989 har större osäkerheter i årsmedelvärden än 1991 års mätningar. Tabell 3.2 ger en grov uppskattning av mätfelen, betingade av instrumenten och av tidsvariationerna, samt kombinationen, dvs. osäkerheten i årsmedelvärdet av radongashalten, med en 65 % konfidensnivå. Särskilt värdena på säkerheten betingad av tidsvariationerna är svåra att kvantifiera.

Osäkerheterna på grund av instrumenten har baserats på uppgifter från fabrikanten eller mätfirman, osäkerheterna i kalibreringarna på rapporter av Falk et al 1982 och 1990, och osäkerheterna på grund av tidsvariationer på de metoder som beskrivs i SSI:s metodbeskrivningar från 1988.

Kalibreringen av instrumenten har kontrollerats i SSI:s radonrum både för perioden 1982–89 och 1991. SSI har jämfört sina normaler med bland annat Environmental Measurement Laboratory i USA, med överensstämmelse inom 10 % (Falk et al 1982, Falk et al 1990). Sedan 1982 har OECD och EG organiserat internationella jämförelsemätningar. SSI har också deltagit i en jämförande mätning av radon för de etablerade radonlaboratorierna i världen organiserade av National Institute of Standards and Technology (NIST), USA, med gott resultat. Kalibreringsfaktorn före och efter de ombyggnader och förändringar som har förekommit sedan 1982 har hållits under kontroll och endast medfört några få procents ändring av kalibreringsfaktorn.

Tabell 3.2. Grov uppskattning av osäkerheterna i procent (1 SD) för respektive mätmetod.
D_{per} = Osäkerheten för mätperioden (1 SD)
$D_{år}$ = Osäkerheten p g a tidsvariationen (1 SD) enligt SSI:s Bakgrunds-information till metodbeskrivningar"
D_{tot} = $D_{per}^2 + D_{år}2$ = osäkerheten i årsmedelvärdet (1 SD)
S = Självdragsventilation
F = Mekanisk frånluftsventilation
FT = Mekanisk till- och frånluftsventilation

Metod	Rn-halt	Δ_{per} %	$\Delta_{år}$ %			Δ_{tot} %		
			S	F	FT	S	F	FT
Spårfilm i dosa 1991	60	10	38	28	23	40	30	25
	100	7	38	28	23	40	30	25
	200	6	38	28	23	40	30	25
	400	5	38	28	23	40	30	25
WLM 300, WLM 30 [a)]	10	48	38	33	50	40	35	
TLD		10	42	32	27	45	35	30
Öppen spårfilm [b)]		15	36-41	26-31	21-26	40-45	30-35	25-30
Aktivt kol [c)]		10	50	40	35	50	40	35

a) Mäter radondotterhalt. Radongashalten beräknas genom division med 0.5. Detta ger en ytterligare osäkerhet av ± 20 % i denna undersökning.
b) Mäter både radon- och radondotterhalt. Radongashalten beräknas genom division med 0.5. Detta ger en ytterligare osäkerhet av ± 20 % i denna undersökning.
c) Om radonhalten varierar kraftigt under mättiden kan Δ_{per} vara >50 %. Kalibreringen görs med konstant radonhalt under tre dygn.

Jämförelse mellan mätresultaten för respektive mätmetod

Ett sätt att bedöma osäkerheten i mätresultaten är att jämföra mätresultat från 1991 års mätningar med de mätresultat som erhölls med respektive mätmetod omedelbart efter åtgärden på respektive hus. Jämförelsen framgår av tabell 3.3 och figurerna 3.2, 3.3 och 3.4.

Tabell 3.3. Radongashalter uppmätta efter saneringsåtgärder jämförda med halter uppmätta med spårfilm i dosa vid kontrollmätningen 1991. (Mätresultat där båda värdena ligger under 100 Bq/m^3 har förts till grupp 0-10 %).

Mätmetod	Avvikelser från radonhalt uppmätt efter åtgärd			
	0 – 10 %	11 – 20 %	21 – 30 %	>31 %
WLM 30, 300	14 av 61 (23 %)	3 av 61 (5 %)	9 av 61 (15 %)	35 av 61 (57 %)
TLD-instrument	12 av 29 (41 %)	3 av 29 (10 %)	4 av 29 (14 %)	10 av 29 (34 %)
Kol	0 av 8 (0 %)	3 av 8 (37 %)	0 av 8 (0 %)	5 av 8 (63 %)

Figur 3.2. Jämförelse av radonhalter erhållna vid mätning med WLM 300 eller WLM 30 efter åtgärd och spårfilm i dosa vid kontrollmätningen 1991.

Figur 3.3. Jämförelse av radonhalter erhållna vid mätning med TLD-instrument efter åtgärd och spårfilm i dosa vid kontrollmätningen 1991.

Figur 3.4. Jämförelse av radonhalter erhållna vid mätning med aktivt kol efter åtgärd och spårfilm i dosa vid kontrollmätningen 1991.

Följande slutsatser kan dras:

- För *TLD- och WLM-mätningarna* relativt kontrollmätningarna är spridningen ungefär densamma med hänsyn tagen till skillnaden i antal data. Man kan vänta sig större spridning för WLM-resultaten dels på grund av att WLM mäter radondöttrar och kontrollmätningarna avser radongas, dels på grund av att WLM mäter under kortare tid än TLD-metoden.

  Resultaten av WLM-mätningarna kan vara underskattade med ca 20 % när de räknas om till radongas eftersom F-faktorn ofta är lägre än 0.5 (Swedjemark 1983). De kan dock också vara överskattade när luftväxlingen är mycket låg eller partikelhalten är mycket hög.

- För *aktivt kol och öppen spårfilm* är mätningarna för få för att några slutsatser skall kunna dras.

- *Osäkerheten vid 65 % konfidensnivå* i varje mätning är minst 30 %. Därav följer att endast större skillnader kan anses bero på signifikanta förändringar i halten sedan åtgärden i huset gjordes. En förklaring till skillnaderna i mätresultaten kan vara att mätningarna har gjorts med olika mätmetoder, under olika väderförhållanden och under olika långa mättider. Man kan heller inte helt bortse från att felmätningar kan ha förekommit, t.ex. mycket korta korttidsmätningar i hus med markradon.

3.3 Gammastrålningsmätningar

För att få en uppfattning om byggnadsmaterialets innehåll av radioaktiva ämnen och därmed dess betydelse för radonhalterna i byggnaden mättes gammastrålningen från samtliga väggar och bjälklag i bostäderna. Mätningen ägde rum i samband med utplaceringen av radondetektorerna och gjordes med hjälp av scintillometrar av typerna Yellow Box och Scintrex BGS-4. Gammamätningen utfördes genom att instrumentet placerades direkt mot en fri väggyta eller bjälklagsyta.

Scintillometern innehåller en kristall av natriumjodid (NaJ), som har förmåga att scintillera, dvs. utsända små ljusblixtar, när den utsätts för gammastrålning. Dessa blixtar registreras av en fotomultiplikator som omvandlar dem till elektriska pulser. Pulserna förstärks och matas till en räkneenhet som i sin tur lämnar en spänning vilken är proportionell mot den uppmätta gammastrålningen.

Yellow Box-instrumentet kalibreras fortlöpande mot ett toriumpreparat med känd aktivitet. I samband med projektet har jämförande mätningar med de båda instrumenten utförts på material med olika gammastrålningsnivåer och visat mycket god samstämmighet.

3.4 Luftväxlingsmätningar

Ventilationens storlek varierar med årstiderna särskilt när det gäller S-system. En momentant utförd mätning på några timmar ger inte något sant värde för en längre period. Man har också att räkna med att de boende, helt logiskt, ändrar donen beroende på temperatur och vindförhållanden. Något klart samband mellan temperatur, vindhastighet och luftväxlingens storlek är svår att spåra.

Radonhalterna har mätts under en längre period enligt kapitel 3.1. För att kunna mäta luftväxlingen under motsvarande period har inom projektet använts en amerikansk metod kallad AIM. Med denna metod kan man på ett enkelt sätt under längre perioder, 1 vecka till 5 månader, mäta luftväxlingen i alla typer av hus. Mätningarna ger inte bara ett mått på den lufttransport som sker genom don och kanaler utan även den ofrivilliga luftväxlingen beroende på läckage genom väggar, otätheter vid fönster med mera, dvs. de redovisar den verkliga luftväxlingen i huset/rummet.

Tekniken bakom AIM

Genombrottet i skapandet av en lätt användbar metod, som till ett moderat pris gör det möjligt att mäta luftväxlingen under längre perioder, kom i och med upptäckten av en verksam teknologi med perfluorokolspårare (perfluorocarbon tracer, förkortat PFT) vid Brookhaven Laboratory år 1982. (Dietz et al, 1986).

AIM använder PFT-gaser för att kontrollera luftflödena. Mätningar kan genomföras både om huset är bebott eller obebott. Sex olika gaser kan användas:

- perfluorodimetylcyklohexan (som har tre olika isomerblandningar PDCH-orto, PDCH-meta och PDCH-para)
- perfluorometylcyklohexan (PMCH)
- perfluorometylcyklopentan (PMCP)
- perfluorotrimetylcyklohexan (PTCH).

Detta gör det möjligt att utföra olika mätningar på flera ställen i huset samtidigt. Exempelvis kan man, genom att använda olika typer av sändare på olika våningsplan, få en god bild av hur mycket luft som går från källarvåningen till bottenvåningen och omvänt. Detta är till stor hjälp om man vill studera hur inläckande radonhaltig jordluft förflyttas genom huset.

Utströmningshastigheten är temperaturberoende. Den ligger inom området 1-4 x 10^{-8} liter per minut. Gasen blandas lätt med inomhusluften och bildar homogen uppblandning av inomhusluften inom ett dygn. Den är helt ofarlig att inandas. Mottagaren, till höger i figuren 3.5, är ett kapilläradsorptionsrör (Capillary adsorption tube, förkortat CAT) som innehåller en liten mängd aktiverat Ambersorb (inregistrerat varumärke) för att fånga in perfluorkolet. Ingen testpump eller vakuum behövs för att samla luftproven. När en av gummikapslarna tas bort, kommer luften in i mottagaren genom diffusion med en konstant mängd av 0.2 liter per dygn.

Mätning

Sändare och mottagare är försedda med små hållare. De placeras ut i rummet ungefär 1 m från en yttervägg. De två enheterna, som var och en täcker en yta av upp till 50 m^2, skall placeras åtminstone 2 m från varandra. Under mätperioden adsorberas gasen av mottagarna. Eftersom emissionsnivån är temperaturkänslig har de boende i huset eller lägenheten mätt rumstemperaturen ca en gång per vecka under olika tider på dygnet. Vid mätperiodens slut beräknades medelvärdet för temperaturavläsningarna.

Laboratorieexperiment visar att mätfelet vid bestämning av luftväxlingen med AIM kan bli ca 1.5 procent per grad Celsius som avviker från medeltemperaturen.

När mätningarna avslutats, har sändare och mottagare insamlats av personal inom projektet. Mottagarna har därefter sänts vidare för analys tillsammans med ett formulär med ifyllda uppgifter om huset. Analyserna har gjorts vid Brookhaven Laboratory, Long Island, USA.

Figur 3.5. Utrustning för mätning av luftväxling enligt AIM-metoden. Sändaren, till vänster på bilden, är 31 mm lång.

Exempel på mätningar i två hus

Figurerna 3.6 och 3.7 visar två hus där luftväxlingen bestämts med AIM-metoden. Dessa mätningar har medtagits för att komplettera beskrivningen av mätmetoden och ingår inte i projektet.

PDCH användes i hus A, se figur 3.6, vars totala volym är 433 m^3. Infiltrationsnivån bestämdes till 245 m^3/h. Enär hela huset behandlats som en zon blev exfiltrationsnivån lika med infiltrationsnivån. ACH (Air Changes per Hour) beräknades till 0.57. Dessa siffror återfinnes i figur 3.6.

Figur 3.6. Fördelning av luftflöden (m^3/h) i hus A, ett envåningshus.

Figur 3.7. Fördelning av luftflöden (m^3/h) i hus B, ett hus med fler våningar.

I hus B, se figur 3.7, användes PMCH i bottenvåningen med en volym av 426 m^3 och PMCP användes på övervåningen med en volym av 156 m^3. Genom att man använde två olika spårgaser blev det möjligt att bestämma inte bara ACH-värdet för varje våningsplan utan också luftflödesmönstren mellan de två våningarna. Detta i sin tur gjorde det möjligt att fastställa både infiltrations- och exfiltrationsnivån för varje våning.

Som visas i figur 3.7, var luftflödet från bottenvåningen till övervåningen 137 m^3/h. Flödet neråt, 59 m^3/h, var avsevärt mindre. I bottenvåningen var luftinfiltrationen 279 m^3/h och exfiltrationen 200 m^3/h. Infiltrations- och exfiltrationsvärdena i övervåningen var anmärkningsvärt olika och återspeglar mönstren hos luftflödet mellan botten- och övervåningen. ACH för de två våningarna var också olika, 0.66 för bottenvåningen och 0.63 för den övre.

Eftersom sex olika spårgaser kan användas är det möjligt att utföra samma slag av analyser för en sexzonsbyggnad, t.ex. en tvåvåningsbyggnad med källare. Varje mottagare adsorberar alla sex gasema, och koncentrationen av var och en av dessa gaser analyseras i gaskromatografen.

4 Radonpåverkande faktorer

4.1 Radonkällor

Marken

Radon från marken är den vanligaste orsaken till radon i byggnader. I nästan alla rum med markkontakt kan man räkna med att det finns radon som kommit från marken. Markradon kan ge upphov till mycket höga radonhalter i inomhusluften. Den högsta uppmätta radonhalten i de i projektet ingående husen är 7 990 Bq/m^3 (hus N.10.13), vilken orsakats så gott som uteslutande av markradon. Med mark avses i detta sammanhang inte bara jordlagret och berggrunden under och omkring byggnaden utan även dittransporterat material, som använts för utfyllnad före byggandet eller vid markplaneringen. Radonet kan även transporteras längs en rörgrav och från denna läcka in i byggnaden. I detta fall avgår radonet från marken längs schaktytorna och från grus och stenmaterial, som använts som återfyllning och dräneringslager i rörgraven.

Radonet från marken transporteras i huvudsak in i byggnaden med jordluft, som sugs in genom otätheter i grundkonstruktionen, dvs. golvet mot marken samt eventuella källarytterväggar och bärande källarinnerväggar vid vissa grundläggningstyper. Drivkraften för transporten är det undertryck som husets ventilation skapar inomhus i förhållande till atmosfärstrycket utomhus och i marken. Tryckdifferensen mellan hus och mark kan även påverkas av den termiska stigkraften i marken. Detta kan inträffa om marken är luftgenomsläpplig och huset ligger relativt högt i förhållande till omgivande terräng.

Byggnadsmaterialet

Alla stenbaserade byggnadsmaterial, t.ex. betong, tegel, klinker, lättbetong, gips, innehåller radium och avger därför radon. Normalt är radiumhalten så liten att radonavgången har liten betydelse för radonhalten inomhus, men det finns undantag. Ett sådant är den alunskifferbaserade lättbetongen, så kallade blåbetongen, som tillverkades under åren 1929-1975. Radiumhalten kan emellertid variera även i detta material (i storleksordning med en faktor 4) beroende på bl.a. tillverkningsort. I kombination med dålig luftväxling kan blåbetong i väggar och bjälklag orsaka radonhalter uppåt 1000 Bq/m^3. Vid mycket liten luftväxling och/eller förekomst av lättbetongkross kan radonhalten stiga ytterligare några hundra becquerel per kubikmeter inomhusluft.

I ett småhus kan lättbetong finnas i bjälklag och samtliga väggar. I flerbostadshus förekommer det normalt endast i ytterväggar och icke bärande mellanväggar samt som värmeisolering på betongbjälklag i form av lättbetongkross.

Dricksvattnet

I vissa områden med berggrund av bl.a. granit med förhöjd radiumhalt kan vattnet i djupborrade brunnar innehålla icke oväsentliga mängder radon, som vid vattnets hantering kan avgå till inomhusluften, t ex vid duschning eller vanlig tappning.

De i projektet ingående bostäderna är samtliga, utom ett småhus i Falu kommun, anslutna till kommunalt vattenledningsnät. Radonhalten i vattnet är låg och kontrolleras av respektive kommun, varför någon mätning av dessa halter inte har utförts inom projektets ram.

4.2 Ventilationens betydelse

Luftväxlingen i en byggnad bestäms förutom av husets ventilationssystem av vindens påverkan på huset samt av vädring. Dessa faktorer påverkar också lufttrycket inomhus, vilket i sin tur inverkar på flödet av radonhaltig jordluft in i huset.

Ventilationen har stor betydelse för radonhalten i bostaden. Det är därför viktigt att systemet hålls i driftdugligt skick. Att minska luftväxlingen är visserligen ett sätt att spara energi, men har huset radonproblem så bör man spara energi på andra sätt.

De byggnader som ventileras med självdrag, S-system, får sin drivkraft genom skillnaden i temperatur utomhus och inomhus (termisk stigkraft) samt genom vindpåverkan. Oftast är självdragssystemet kompletterat med en spisfläkt som vid drift kan ge ett stort undertryck i huset eller lägenheten, om inte uteluftsdon eller fönster öppnas i tillräcklig omfattning. Ifall marken under huset är genomsläpplig för transport av jordluft, kan stora mängder jordluft sugas in i huset särskilt vid kyligt väder. I hus med någon form av mekanisk ventilation fungerar självdragssystemet vid sidan om det mekaniska. Normalt blir dock den del av undertrycket som självdraget orsakar något mindre i dessa hus.

Ventilationssystem typ S, självdragsventilation, ger som regel störst luftväxling vid låga utetemperaturer samt vid kraftig vindpåverkan på en byggnad. Vår, sommar och höst, när temperaturdifferensen ute–inne är liten eller ingen alls, sjunker luftväxlingen i ett S-system kraftigt, varför man i stor utsträckning måste förlita sig på fönstervädring. Ventilationssystem typ F, mekaniskt frånluftssystem, eller FT, mekaniskt till- och frånluftssystem, ger däremot en rätt så jämn ventilation under hela året under förutsättning att de är rätt utförda och rätt injusterade.

Figur 4.1 *Variationer i luftväxling under året. Diagrammet gäller för avsiktligt, genom donen utsuget flöde.*

——————— Ventilation typ S

- - - - - - - - - - - Ventilation typ F och FT

F-systemets frånluftsfläkt orsakar en relativt kraftig sänkning av lufttrycket inomhus, vilket innebär att mera luft sugs in i huset genom alla otätheter i omgivande vindsbjälklag och ytterväggar. Mera luft sugs också in från marken genom otätheter i grundkonstruktionen. Därför måste man vara observant på att F-systemet kräver god tillförsel av uteluft om framförallt den del av radonhalten som orsakas av radon från marken skall kunna minskas. Risk finns annars att en ökad mängd jordluft i tilluften väsentligt kan öka radonhalten i inomhusluften.

Ventilationssystemet sänker lufttrycket även i ett hus med FT-system, dock inte i samma utsträckning som i huset med F-system. Anläggningen injusteras oftast så att frånluftsflödet blir något större än tilluftsflödet. Lufttrycket inomhus kan även sjunka om exempelvis filtret i tilluftskanalen sätts igen av damm eller annat.

4.3 Väderförhållanden under kontrollmätningsperioder

Vädret är en viktig parameter för radonhalten inomhus. Kraftig vind skapar en större luftväxling i hus som är normalt otäta i ytterväggar och vindsbjälklag. Om det därvid alstras ett övertryck eller ett undertryck i huset beror på varifrån det blåser och var de största otätheterna finns i huset. Vinden påverkar således inte enbart luftväxlingen utan också inströmningen av radonhaltig jordluft i huset.

Skillnaden i temperaturer ute och inne påverkar den termiska stigkraften. Denna påverkar i sin tur såväl luftväxling som inströmning av jordluft. Radonhalten i jordluften är normalt betydligt högre då jorden är tjälad och snötäckt (Lindmark och Rosén, 1984). I tabell 4.1 redovisas månadsmedelvärden för utetemperatur och nederbörd för de månader som kontrollmätning av radonhalter pågått. Värdena gäller för Uppsala och har uppmätts av Meteorologiska Institutionen vid Uppsala Universitet.

Tabell 4.1. Månadsmedelvärden för utetemperatur och nederbörd i Uppsala enligt Meteorologiska Institutionen vid Uppsala Universitet.

År	Dygnsmedeltemperatur °C					Summa nederbörd i mm									
	Jan.	Febr.	Mars	April	Period	Januari		Februari		Mars		April		Period	
						Snö	Regn	Snö	Regn	Snö	Regn	Snö	Regn	Snö	Regn
1991	-1,2	-3,6	1,7	5,5	0,7	18,9	26,5	22,2	0,8	11,3	25,5	3,3	19,9	55,7	72,7
1994	-3,0	-8,2	0,2	6,8	-0,9	28,1	21,7	3,5	0,0	31,3	19,3	4,7	23,8	67,6	64,8
1997	-1,8	-0,2	0,5	3,9	0,6	14,3	0,0	23,5	26,4	13,6	4,4	4,8	12,5	56,2	43,3
2000	-1,3	-0,7	1,4	6,3	1,4	22,7	1,7	11,3	2,9	20,3	2,8	5,7	20,7	60,0	28,1

I delrapporterna efter 1991 och 1994 års kontrollmätningar (Clavensjö och Erikson, 1993 respektive Clavensjö, 1995) har uppgifter om lufttemperatur, vindhastighet, nederbörd och snötäcke för ett antal meteorologiska stationer i eller i närheten av de av undersökningen berörda kommunerna medtagits.

5 Resultat

I detta kapitel redovisas resultatet av radonmätningar och andra undersökningar av parametrar som har betydelse för husens radonstatus. Undersökningarna har gjorts dels inom detta projekt, dels bl.a. i projektet ”Orsaker till att radonhalten ökar i radonsanerade småhus” (Clavensjö, 1997).

Vid projektets start omfattade det 14 lägenheter i flerbostadshus och 91 småhus. Fyra småhus har utgått på respektive fastighetsägares begäran. Därför medtogs inför 1997 års mätning ytterligare två småhus, som sanerats inom ett tidigare forskningsprojekt. Totala antalet bostäder vid projektets slut var alltså 14 lägenheter och 89 småhus. De sanerade lägenheterna och småhusen är indelade i tolv olika grupper beroende på vilken saneringsmetod eller kombination av metoder som använts.

Angivna radonhalter före och efter åtgärd har i de flesta fall uppmätts av respektive kommun. Mättider och mätmetoder varierar. Korttidsmätningar under sommarmånaderna förekommer i några fall. Samtliga kontrollmätningar, som gjorts i detta projekt, har utförts med samma mätmetod och under minst tre månader i början av respektive år (januari–april). I de fall radonhalterna divergerar alltför mycket från mätning till mätning ges, där så varit möjligt, en förklaring till detta.

Lägenheterna, som ingår i projektet, är samtliga belägna i ett och samma bostadsområde enligt figur 5.1. Hustypen och läget i huset är detsamma för alla lägenheterna. De är emellertid uppdelade på tre olika åtgärdsgrupper beroende på att olika åtgärder har vidtagits i husens källarvåningar. Åtgärderna i lägenheterna är dock lika i alla utom en bostad.

Saneringsmetoderna beskrivs kortfattat i kapitlet. För närmare information om respektive småhus och lägenhet som ingår i projektet hänvisas till bilaga 1.

I tabellerna förekommer följande förkortningar och beteckningar:

Kommunkoder:

F	=	Falun	N	=	Sollentuna (Norrort)
G	=	Gävle	T	=	Täby
S	=	Sandviken	U	=	Upplands Väsby

Hustyper:

1-4		*Småhus, enplanshus*	*11-14*		*Småhus, 1 ½-planshus eller högre*
1	=	Hus med platta på mark	11	=	Hus med platta på mark
2	=	Hus med krypgrund	12	=	Hus med krypgrund
3	=	Hus med källarvåning	13	=	Hus med källarvåning
4	=	Hus med suterrängvåning	14	=	Hus med suterrängvåning

15 *Flerbostadshus*
15 = Bostäder utan markkontakt (huset har källarvåning)

Radonkällor:

M = Marken, större betydelse
m = Marken, mindre betydelse
B = Byggnadsmaterialet, större betydelse
b = Byggnadsmaterialet, mindre betydelse

5.1 Installation av mekaniskt frånluftssystem

Installation av mekaniskt frånluftssystem (F-system) innebär att det befintliga självdragssystemet konverterats till F-system, dvs. frånluftsflödena drivs med hjälp av fläkt. I några fall har F-systemet kompletterats med värmepump för överföring av energi från frånluften till tappvarmvattnet.

Ett F-system kan inregleras till en viss luftväxling i huset eller lägenheten i sin helhet, men inte så noggrant i varje rum för sig. Det krävs att det kommer in tillräckligt med uteluft genom exempelvis otätheter i ytterväggar och/eller särskilda uteluftsdon. Huset kan vara så tätt så att undertrycket inomhus ökar på grund av fläktens sugkraft trots att uteluftsdonen är öppna. Detta gör att installationen kan få en god effekt på den del av radonhalten, som orsakas av radon från byggnadsmaterialet, men ingen eller till och med negativ effekt på den markradonrelaterade delen. Det är således mycket viktigt att F-systemet kompletteras med uteluftsdon med litet tryckfall eller att flera uteluftsdon än brukligt inmonteras, framför allt vid problem med markradon. Bland de i projektet ingående husen finns både hus där man kompletterat med nya uteluftsdon och andra där ingenting har gjorts för att underlätta tillförseln av uteluft.

Resultat

Gruppen bestod från början av sex lägenheter i flerbostadshus och sex småhus. Ett småhus har utgått efter begäran från fastighetsägaren.

Radonhalter i lägenheterna vid slutet av kontrolltiden i förhållande till gällande *gräns- och riktvärden*:
- 3 lägenheter har radonhalter på högst 200 Bq/m^3.
- 3 lägenheter har radonhalter mellan 210 Bq/m^3 och 400 Bq/m^3.

Radonhalter i småhusen vid slutet av kontrolltiden i förhållande till gällande *gräns- och riktvärden*:
- 3 småhus har radonhalter mellan 210 Bq/m^3 och 400 Bq/m^3. Ett av dessa småhus har dock inte kontrollmätts sedan 1994.
- 3 småhus har radonhalter överstigande 400 Bq/m^3.

Procentuella förändringar i radonhalter i småhusen vid *slutet av kontrolltiden* jämfört med radonhalter vid mätning *närmast efter saneringen*[4]:
- 2 småhus har radonhalter som sjunkit eller som stigit högst 30 %.
- 1 småhus har radonhalter som stigit 31–65 %.
- 1 småhus har radonhalter som stigit 66–100 %.
- 1 småhus har radonhalter som stigit mer än 100 %.

Procentuella förändringar i radonhalter i lägenheterna vid *slutet av kontrolltiden* jämfört med radonhalter vid *kontrollmätningen 1991*:
- 4 lägenheter har radonhalter som sjunkit eller som stigit högst 30 %.
- 1 lägenhet har radonhalter som stigit 31–65 %.
- 1 lägenhet har radonhalter som stigit mer än 100 %.

Procentuella förändringar i radonhalter i småhusen vid *slutet av kontrolltiden* jämfört med radonhalter vid *kontrollmätningen 1991*:
- 5 småhus har radonhalter som sjunkit eller som stigit högst 30 %.

I flerbostadshusområdet samt i tre småhus har efter kontrollmätningen 1991 ytterligare radonsanerande åtgärder utförts i syfte att sänka radonhalten till en godtagbar nivå.

[4] Vid jämförelse av procentuella förändringar i radonhalter har lägre värden än 100 Bq/m^3 först räknats upp till denna nivå, dvs. har radonhalten ökat från 60 Bq/m^3 till 150 Bq/m^3 har ökningen beräknats till 50 % (från 100 Bq/m^3 till 150 Bq/m^3).

Kommentarer

Flerbostadshusen är belägna på en grusås. Husen med lägenheterna G.01.03.F och G.01.05.F samt några lägenheter i grupp12 är placerade uppe på åsryggen, medan de andra ligger på dess sluttning. Se figur 5.1. Samtliga kontrollerade lägenheter är belägna i bottenvåningen i respektive hus. Eftersom byggnaderna har källarvåning i betong har bostäderna ingen direkt markkontakt. Husen är inte heller byggda av material med förhöjd radiumhalt. Ändå har radonhalter på närmare 2 500 Bq/m3 uppmätts i de berörda bostäderna (G.12.01.F).

Installation av F-system i lägenheterna G.01.01.F – G.01.06.F gav en måttlig effekt på radonhalten. Vid 1991 års kontrollmätning erhölls mindre än ca 25 % sänkning av radonhalten för 4 lägenheter, men hela 79 % i en bostad. Den senare hade dock 1994 ungefär lika hög radonhalt som de övriga.

Efter kontrollmätningen 1991 installerades en radonbrunn i marken intill G.01.03.F, se figur 5.1.Detta hus har tydligen fått stor nytta av brunnen eftersom radonhalten i lägenheten har sjunkit från 320 Bq/m^3 till 130 Bq/m^3 mellan de båda kontrollmätningarna. Även i lägenhet G.01.04.F, liksom i flera lägenheter i grupp 12, har radonhalten sänkts med hjälp av radonbrunnen. Detta trots att G.01.04.F ligger i ett hus längre ner i sluttningen av åsen.

Tabell 5.1. Från självdragsventilation till mekaniskt frånluftssystem (F-system). Husdata och uppmätta radonhalter. För mätning närmast efter sanering har mätmetod angivits (T=TLD, W=WLM).

Objekt nr	Hustyp	Byggt år	Radon-källa	Radonhalter Bq/m^3					
				Före san.	Efter san.	K. 1991	K. 1994	K. 1997	K. 2000
G.01.01.F	15	1955	M	83	--	64	<30	--	250
G.01.02.F	15	1955	M	194	--	180	170	360	190
G.01.03.F	15	1955	M	438	330 T	320	130	640	220
G.01.04.F	15	1955	M	--	--	520	220	1020	280
G.01.05.F	15	1955	M	461	98 T	95	200	500	160
G.01.06.F	15	1955	M	186	--	280	270	740	90
G.01.07	11	1974	Mb	427	113 W	380	340	--	--
G.01.08	1	1972	M	1374	164 W	600	440	330	380
T.01.09	4	1974	mB	700	170 W	240	250	330	280
T.01.10	12	1969	mB	1500	420 W	380	470	340	480
T.01.11	12	1969	mB	1780	470 W	360	590	370	420
T.01.12	12	1969	mB	1480	260 W	620	610	330	440

Vid kontrollmätningen 1997 upptäcktes att radonhalterna hade stigit markant i samtliga lägenheter. I fyra av fem radonmätta lägenheter i denna grupp översteg halterna riktvärdet för olägenhet för människors hälsa. Vid kontroll av fläkten i radonbrunnen visade det sig att den hade ”skurit” och därför inte fungerade. Hur länge detta tillstånd hade varit rådande var obekant eftersom någon kontroll av fläkten inte ingick i driftrutinerna.

Figur 5.1. Skiss över lägenheternas placering. Samtliga undersökta lägenheter är belägna i bottenvåningen i respektive hus.

Av de sex småhusen är det tre som är byggda av blåbetong med ganska hög radiumhalt i båda våningsplanen. Det fjärde huset (T.01.09) har sådan blåbetong endast i suterrängvåningens väggar. G.01.07 har väggar i bottenvåningen och gavelspetsar i övervåningen bestående av blåbetong med relativt låg radiumhalt, medan det sista huset (G.01.08) inte alls har något byggnadsmaterial med förhöjd radioaktivitet.

De redovisade, förhållandevis låga radonhalterna i husen G.01.07, G.01.08 och T.01.09 vid mätning närmast efter saneringen beror till största delen på att mätningarna är utförda som radondottermätningar. Kort mättid och hög F-faktor vid omräkning till radonhalt ger för låga värden på radonhalterna. Den relativt höga radonhalten 1991 i hus G.01.08 orsakas troligen av en onormalt liten vädring under mättiden. Vädringsluckor och fönster hölls enligt fastighetsägaren stängda under kontrollmätningen.

Objekten T.01.10 - T.01.12 är bostäder i en och samma radhuslänga i två plan (bottenvåning och suterrängvåning). Samtliga väggar samt två bjälklag består av blåbetong med hög gammastrålning, vilket innebär att radon från byggnadsmaterialet orsakar en stor del av de uppmätta radonhalterna, uppskattningsvis 300-400 Bq/m^3 vid luftväxlingen cirka 0,5 oms/h. Från början kom också en icke oväsentlig mängd radon från marken via krypgrunden. Radonhalten på 80 cm djup i marken har uppmätts till över 100 000 Bq/m^3. Sedan radonmätningen 1994 har man installerat en form av mekaniskt frånluftssystem i krypgrunden. En plåttrumma med öppningar har placerats parallellt med huskroppen i krypgrundens inre del. Plåttrumman är ansluten till en fläkt som suger luft från utrymmet. Dessutom har ventilerna i hussockeln minskats i öppen area, vilket möjliggjort en viss lufttryckssänkning i grunden. Radonbidraget från marken via krypgrunden har därigenom eliminerats och de tre bostäderna hade vid 1997 och 2000 års mätning i stort sett lika höga radonhalter. Dessa var i nivå med vad som kan orsakas av radon från byggnadsmaterialet..

En sammanfattning av resultatet av radonåtgärderna i grupp 1 visar att sanering genom installation av mekaniskt frånluftssystem inte har givit en önskvärd sänkning av radonhalten i något av husen. För flerbostadshusen och hälften av småhusen har ytterligare saneringsåtgärder tillgripits. Större skillnader i radonhalterna mellan olika mättillfällen är följder av vidtagna åtgärder. I övrigt är det endast normala variationer orsakade av väderförhållanden, handhavandet av installationerna och/eller skillnader i mätnoggrannhet.

5.2 Installation av mekaniskt till- och frånluftssystem

Dessa hus har försetts med mekaniskt till- och frånluftssystem, dvs. såväl tilluftsflödet till huset som frånluftsflödet är fläktstyrt. Detta är en vanlig saneringsmetod i hus med förhöjda radonhalter oavsett om radonet kommer från marken eller från byggnadsmaterialet. Värmeåtervinning erhålls vanligtvis genom värmeväxlare av typen korsströmsväxlare.

FT-systemet skapar ett relativt litet undertryck i huset eftersom tilluftsflödet normalt är nästan lika stort som frånluftsflödet. Utöver denna lufttryckssänkning orsakar emellertid skillnaden i temperaturer inne- och ute, vindbelastning m.m. ytterligare sänkning av lufttrycket i husets nedre del. I byggnader med ett relativt stort inflöde av radonhaltig jordluft har denna lufttryckssänkning i huset stor betydelse. Därför är inte installation av ett FT-system den bästa lösningen i många hus med en förhållandevis stor andel av radon från marken.

Resultat

Gruppen bestod från början av 20 småhus. I tre av dessa har man under projekttiden kompletterat med radonsug för att få ner radonhalterna till acceptabla värden. De har därför flyttats över till grupp 7. Radonhalterna i dessa tre hus var från början 1 080–3 600 Bq/m^3, som orsakades av radon från marken.

Radonhalter i bostäderna vid slutet av kontrolltiden i förhållande till gällande *gräns- och riktvärden*:

- 10 småhus har radonhalter på högst 200 Bq/m^3.
- 5 småhus har radonhalter mellan 210 Bq/m^3 och 400 Bq/m^3.
- 2 småhus har radonhalter överstigande 400 Bq/m^3.

Procentuella förändringar i radonhalter vid *slutet av kontrolltiden* jämfört med radonhalter vid mätning *närmast efter saneringen*[5]:

- 9 småhus har radonhalter som sjunkit eller som stigit högst 30 %.
- 3 småhus har radonhalter som stigit 31–65 %.
- 3 småhus har radonhalter som stigit 66–100 %.

[5] Vid jämförelse av procentuella förändringar i radonhalter har lägre värden än 100 Bq/m^3 först räknats upp till denna nivå, dvs. har radonhalten ökat från 60 Bq/m^3 till 150 Bq/m^3 har ökningen beräknats till 50 % (från 100 Bq/m^3 till 150 Bq/m^3).

- 2 småhus har radonhalter som stigit mer än 100 %.

Procentuella förändringar i radonhalter vid *slutet av kontrolltiden* jämfört med radonhalter vid *kontrollmätningen 1991*[6]:

- 14 småhus har radonhalter som sjunkit eller som stigit högst 30 %.
- 2 lägenhet har radonhalter som stigit 31–65 %.
- 0 småhus har radonhalter som stigit 66–100 %.
- 1 småhus har radonhalter som stigit mer än 100 %.

I två småhus (N.02.09 och T.02.19), utöver de tre som överflyttats till grupp 7, har ytterligare radonsanerande åtgärder utförts efter kontrollmätningen 1991 i syfte att sänka radonhalten till en för fastighetsägaren godtagbar nivå.

Tabell 5.2. Från självdragsventilation till mekaniskt till- och frånluftssystem (FTX-system). Husdata och uppmätta radonhalter. För mätning närmast efter sanering har mätmetod angivits (F=Spårfilm, T=TLD, W=WLM).

Objekt nr	Hustyp	Byggt år	Radon-källa	Radonhalter Bq/m³					
				Före san.	Efter san.	K. 1991	K. 1994	K. 1997	K. 2000
G.02.01	3	1956	MB	707	140 F	180	250	220	220
G.02.02	12, 13	1930	M	918	120 W	320	330	260	460
G.02.05	3	1951	MB	1140	280 T	300	230	250	270
S.02.07	3	1974	M	574	106 T	34	30	40	40
N.02.08	13	1923	M	500	40 W	35	40	50	80 [1)]
N.02.09	1	1968	M	820	60 W	320	350	60	40
N.02.10	11	1970	B	900	130 W	140	140	160	150
U.02.11	1	1976	M	1250	290 W	540	560	640	520
T.02.12	3	1971	MB	650	40 W	120	150	150	160
T.02.13	1	1962	Mb	520	80 W	120	--	130	60
T.02.14	11	1969	MB	810	80 W	120	120	170	300
T.02.15	4	1974	MB	870	140 W	220	210	220	210
T.02.16	14	1952	Mb	1080	140 W	280	240	240	270
T.02.17	4	1960	B	910	100 W	160	190	200	160
T.02.19	4	1971	MB	1200	100 W	260	260	360	80 [2)]
T.02.20	11	1968	MB	1040	60 W	140	230	170	170
T.02.21	2, 4	1969	MB	700	20 W	80	60	120	90

[1)] Mätdosorna insändes utan aluminiumpåse till laboratoriet två veckor efter avslutad mätning. Värdet kan därför antas vara något för högt.
[2)] Mättiden har enligt fastighetsägaren varit 2000-03-01–06-16. Radonsug installerad efter mätning 1997.

Kommentarer

Det förefaller vara ytterst få hus i grupp 2 där byggnadsmaterialet är enda eller helt dominerande radonkällan. Endast N.02.10 och T.02.17 är byggda i blåbetong i sådan omfattning och med så hög radiumhalt så att denna enbart skulle kunna vara orsaken till de förhöjda radonhalterna. I N.02.10 har radonhalten varit mycket stabil. Vid samtliga mätningar efter saneringen har så gott som samma halt uppmätts, vilket kan förväntas om luftväxlingen är densamma vid alla mättillfällena och enbart byggnadsmaterialet utgör radonkällan.

Vid kontrollmätningen 1991 uppmättes radonhalter som var mer än 30 % högre än vid mätningar närmast efter sanering i åtta hus. I samtliga fall var det korttidsmätningar av radondotterhalter. Den största orsaken till de förhöjda mätvärdena är den korta mättiden och omräkning till radonhalt med för hög F-faktor (0,5). I ett objekt kan tillbyggnad av huset vara en bidragande orsak. I två andra hus har det varit fläktproblem.

Vid radonmätningen 1994 erhölls ett högre årsmedelvärde i T.02.02 än vid både tidigare och senare mätningar. Den förhöjda halten orsakades av att FTX-systemet var ur drift en del av mättiden på grund av en krånglande fläktmotor.

[6] Vid jämförelse av procentuella förändringar i radonhalter har lägre värden än 100 Bq/m³ först räknats upp till denna nivå, dvs. har radonhalten ökat från 60 Bq/m³ till 150 Bq/m³ har ökningen beräknats till 50 % (från 100 Bq/m³ till 150 Bq/m³).

Radonmätningen 2000 visade på betydligt högre radonhalter i husen G.02.02 och T.02.14 än vad som uppmätts vid tidigare kontrollmätningar. I det första huset berodde ökningen sannolikt på att man monterat bort en fläkt som sög luft från krypgrunden under huset. Fläkten hade monterats in i grundmuren i syfte att sänka radonhalten i byggnaden. I det andra var FTX-systemet ur funktion under en del av mättiden.

En sammanfattning av resultatet av radonåtgärderna i grupp 2 visar att sanering genom installation av mekaniskt till- och frånluftssystem har givit en god eller mycket god sänkning av radonhalten i 11 av de ursprungliga 20 husen. Radonhalten i ett tolfte hus har också sänkts kraftigt. Här har man dock gjutit ett nytt golv i hela källarvåningen, vilket troligen är den största anledningen till minskningen. I fyra småhus har man kompletterat med radonsug för att minska bidraget av radon från marken. Driftstörningar hos fläktar har bidragit till förhöjda radonhalter vid enstaka mättillfällen i två objekt. I ett fall har radonhalten ökat markant på grund av att en radonfläkt i husets grundmur monterats bort. Öppningen, som fläkten var placerad i, behövdes till kabeldragning i ett helt annat syfte. I övrigt är det endast normala variationer i radonhalterna orsakade av mätnoggrannhet, väderförhållanden och handhavandet av installationerna.

5.3 Åtgärder vidtagna i husets krypgrund

De åtgärder som har utförts är i huvudsak tätning av bjälklaget över kryprummet, t.ex. vid golvsocklar.

Resultat

Det finns i projektet endast ett småhus som har åtgärdats genom tätning av bjälklaget mot krypgrunden.

Huset hade vid slutet av kontrolltiden radonhalter mellan 210 Bq/m^3 och 400 Bq/m^3.

Tabell 5.3. Tätning av bjälklag över krypgrund. Husdata och uppmätta radonhalter. För mätning närmast efter sanering har mätmetod angivits (W=WLM).

Objekt nr	Hustyp	Byggt År	Radon-källa	Radonhalter Bq/m^3					
				Före san.	Efter san.	K. 1991	K. 1994	K. 1997	K. 2000
U.03.01	12	1972	M	460	200 W	240	270	230	230

Kommentarer

Den förhållandevis enkla och billiga åtgärden har gett ett relativt gott resultat. Radonhalten i huset har legat på ungefär samma nivå som vid mätningen närmast efter radonsaneringen under hela kontrolltiden.

5.4 Tätning av platta mot mark.

Åtgärderna i denna grupp är snarlika de i den föregående. Skillnaden mellan grupperna är att husen i den här gruppen har källar- eller suterrängvåning medan objektet i grupp 3 har krypgrund. Tätningar har i huvudsak utförts av konstaterade läckor vid rensluckor i betongplattor och vid inkommande vattenserviser.

Resultat

Gruppen har under hela projekttiden bestått av sex småhus.

Radonhalter i bostäderna vid slutet av kontrolltiden i förhållande till gällande *gräns- och riktvärden*:

- 5 småhus har radonhalter på högst 200 Bq/m^3.
- 1 småhus har radonhalter mellan 210 Bq/m^3 och 400 Bq/m^3.

Procentuella förändringar i radonhalter vid *slutet av kontrolltiden* jämfört med radonhalter vid mätning *närmast efter saneringen*[7]:

- 4 småhus har radonhalter som sjunkit eller som stigit högst 30 %.
- 0 småhus har radonhalter som stigit 31–65 %.
- 1 småhus har radonhalter som stigit 66–100 %.
- 1 småhus har radonhalter som stigit mer än 100 %.

Procentuella förändringar i radonhalter vid *slutet av kontrolltiden* jämfört med radonhalter vid *kontrollmätningen 1991*:

- 6 småhus har radonhalter som sjunkit eller som stigit högst 30 %.

Tabell 5.4. Tätning av platta mot mark. Husdata och uppmätta radonhalter. För mätning närmast efter sanering har mätmetod angivits (T=TLD, W=WLM).

Objekt nr	Hustyp	Byggt år	Radon-källa	Radonhalter Bq/m³					
				Före san.	Efter san.	K. 1991	K. 1994	K. 1997	K. 2000
G.04.01	4	1966	M	740	40 W	140	130	290	120
G.04.02	4	1959	M	680	78 W	280	230	190	190
G.04.03	13	1956	M	1280	14 W	36	50	50	50
S.04.04	3	1970	M	1178	98 T	120	130	150	110
U.04.05	4	1972	M	980	100 W	280	340	370	260
U.04.06	4	1973	M	1130	45 W	70	50	40	30

Kommentarer

Blåbetong eller annat byggnadsmaterial med förhöjd radiumhalt förekommer inte i något av husen. Hushållsvattnet, kommunala nät, ger inte heller upphov till någon förhöjning av radonhalterna. Marken utgör därför den huvudsakliga radonkällan.

Vid kontrollmätningen 1991 uppmättes radonhalter som var mer än 30 % högre än vid mätningar närmast efter sanering i tre hus. I samtliga fall var det korttidsmätningar av radondotterhalter. Den största orsaken till förhöjningen är av mätteknisk natur. I G.04.02 och U.04.05 kan också temperaturberoende lufttrycksvariationer vara bidragande orsaker.

Objekt G.04.01 kan ha fått en viss nytta av att en radonbrunn har installerats på grannfastigheten, vilket ägde rum före mätningen efter radonsaneringen. Radonhalten var 1997 drygt 100 % högre i förhållande till de övriga kontrollmätningarna. Orsaken till detta torde vara handhavandet av radonbrunnen på grannfastigheten.

En sammanfattning av resultatet av radonåtgärderna i grupp 4 visar att sanering genom tätning av betongplattan har givit en god eller mycket god sänkning av radonhalten i fem av de sex husen. I ett småhus har förhöjda radonhalter uppmätts vid ett enstaka mättillfälle. Orsaken härtill är troligen handhavandet av en radonbrunn på en grannfastighet. I övrigt är det endast normala variationer i radonhalterna orsakade av mätnoggrannhet, väderförhållanden och boende.

5.5 Installation av luftkuddesystem

Luftkuddemetoden går ut på att skapa ett ”radonfritt” kapillärbrytande skikt närmast under huset. En del av husets frånluft sugs genom ett dammfilter och trycks därefter ner i en eller flera punkter under husets bottenplatta. Genom att den radonhaltiga jordluften närmast under huset till viss del trycks undan och späds ut med inneluft sjunker radonhalten kraftigt i denna jordvolym. Det gör därför inte så mycket att luftflödet från marken till huset ökar något. Förutom större luftväxling inomhus ger luftkuddemetoden också varmare golv. Åtgärden utförs normalt av specialföretag, men i minst ett fall hade ägaren själv konstruerat och installerat anläggningen.

[7] Vid jämförelse av procentuella förändringar i radonhalter har lägre värden än 100 Bq/m³ först räknats upp till denna nivå, dvs. har radonhalten ökat från 60 Bq/m³ till 150 Bq/m³ har ökningen beräknats till 50 % (från 100 Bq/m³ till 150 Bq/m³).

1. Frånluftskanal
2. Dammfilter
3. Fläkt
4. Tryckfördel-
   ningsgrop

Figur 5.2 Principskiss för luftkuddeanläggning.

Resultat

Gruppen har under hela projekttiden bestått av tre småhus. Vid kontrollmätningen 2000 erhölls inget värde på radonhalten i objekt U.05.03.

Radonhalter i bostäderna vid slutet av kontrolltiden i förhållande till gällande *gräns- och riktvärden*:

- 2 småhus har radonhalter på högst 200 Bq/m^3.
- 1 småhus har radonhalter mellan 210 Bq/m^3 och 400 Bq/m^3. Detta gäller efter radonmätning 1997, värde för 2000 saknas.

Procentuella förändringar i radonhalter vid *slutet av kontrolltiden* jämfört med radonhalter vid mätning *närmast efter saneringen*[8]:

- 2 småhus har radonhalter som sjunkit eller som stigit högst 30 %.
- 1 småhus har radonhalter som stigit mer än 100 %. Detta gäller efter radonmätning 1997, värde för 2000 saknas.

Procentuella förändringar i radonhalter vid *slutet av kontrolltiden* jämfört med radonhalter vid *kontroll-mätningen 1991*:

- 3 småhus har radonhalter som sjunkit eller som stigit högst 30 %.

Tabell 5.5. Installation av luftkuddesystem. Husdata och uppmätta radonhalter. För mätning närmast efter sanering har mätmetod angivits (W=WLM).

Objekt nr	Hustyp	Byggt År	Radon-källa	Radonhalter Bq/m^3					
				Före san.	Efter san.	K. 1991	K. 1994	K. 1997	K. 2000
N.05.01	4	1978	M	800	190 W	180	180	330	200
N.05.02	14	1972	M	2900	60 W	40	70	920	110
U.05.03	4	1951	M	2820	180 W	820	320	400	--

Kommentarer

Blåbetong eller annat byggnadsmaterial med förhöjd radiumhalt förekommer inte i något av husen. Hushålls-vattnet, kommunala nät, ger inte heller upphov till någon förhöjning av radonhalterna. Marken utgör därför den huvudsakliga radonkällan.

[8] Vid jämförelse av procentuella förändringar i radonhalter har lägre värden än 100 Bq/m^3 först räknats upp till denna nivå, dvs. har radonhalten ökat från 60 Bq/m^3 till 150 Bq/m^3 har ökningen beräknats till 50 % (från 100 Bq/m^3 till 150 Bq/m^3).

Variationerna i de uppmätta radonhalterna beror på handhavandet av installationerna för åstadkommande av ventilation av marken under husen. I hus U.05.03 beror ökningen från mätning efter sanering till kontroll-mätning 1991sannolikt också på att radondottermätningen efter sanering var mycket kort och omräkning till radonhalt har gjorts med för hög F-faktor.

5.6 Installation av mekaniskt frånluftssystem samt tätning

I denna grupp finns endast en undersökt lägenhet, som är belägen i ett flerbostadshus. De radonsanerande åtgärderna berör inte lägenheten i sig själv utan endast källarvåningen. Bostaden har fortfarande självdrags-ventilation med spisfläkt. I källarvåningen har installerats en frånluftsfläkt med tyristorstyrning. Man har också tätat ett befintligt frånluftsdon samt vid rörgenomföringar i golvgrop.

Resultat

Lägenheten hade vid slutet av kontrolltiden radonhalter överstigande 400 Bq/m^3.

Tabell 5.6. Installation av mekaniskt frånluftssystem samt tätning. Husdata och uppmätta radonhalter. För mätning närmast efter sanering har mätmetod angivits (W=WLM).

Objekt nr	Hustyp	Byggt år	Radon-källa	Radonhalter Bq/m^3					
				Före san.	Efter san.	K. 1991	K. 1994	K. 1997	K. 2000
G.06.01.F	15	1955	M	866	332 W	340	100	430	520

Kommentarer

Lägenheten är belägen i bottenvåningen i hus enligt figur 5.1. Eftersom huset har en källarvåning i betong har bostaden ingen direkt markkontakt. Huset är inte heller byggt av material med förhöjd radiumhalt.

Radonhalten i lägenheten har varierat relativt kraftigt under kontrolltiden, från 100 Bq/m^3 till 520 Bq/m^3. Variationerna beror bl.a. på handhavandet av den i närheten befintliga radonbrunnen samt vädringen i själva lägenheten.

5.7 Installation av mekaniskt till- och frånluftssystem samt radonsug

Husen i den här gruppen har radonsanerats genom en kombination av åtgärder. Det är dels en mekanisk ventilationsanläggning av typen FTX-system, dels en radonsug som har installerats, d.v.s. samma typ av åtgärder som utförts i husen i grupperna 2 och 9. Åtgärderna beskrivs kortfattat i kapitel 5.2 respektive 5.9. Installation av radonsug har i fyra hus varit en senare åtgärd än installationen av FTX-systemet.

Kombinationen borde ge mycket låga radonhalter inomhus. FTX-systemet skapar en god luftväxling utan att orsaka ett större undertryck i huset. En väl fungerande radonsug förhindrar radon från marken att tränga in i byggnaden.

Resultat

Gruppen bestod från början av nio småhus. Tre småhus har tillkommit från grupp 2 eftersom man under projekttiden har kompletterat med radonsug för att få ner radonhalterna till acceptabla värden. Ett småhus har utgått efter begäran från fastighetsägaren. Totalt finns det således vid projektets slut 11 hus i gruppen.

Radonhalter i bostäderna vid slutet av kontrolltiden i förhållande till gällande *gräns- och riktvärden*:

- 6 småhus har radonhalter på högst 200 Bq/m^3.
- 4 småhus har radonhalter mellan 210 Bq/m^3 och 400 Bq/m^3.
- 1 småhus har radonhalter överstigande 400 Bq/m^3.

Procentuella förändringar i radonhalter vid *slutet av kontrolltiden* jämfört med radonhalter vid mätning *närmast efter saneringen*[9]:

- 8 småhus har radonhalter som sjunkit eller som stigit högst 30 %.
- 1 småhus har radonhalter som stigit 31–65 %.
- 2 småhus har radonhalter som stigit mer än 100 %.

Procentuella förändringar i radonhalter vid *slutet av kontrolltiden* jämfört med radonhalter vid *kontroll-mätningen 1991*:

- 9 småhus har radonhalter som sjunkit eller som stigit högst 30 %.
- 2 lägenheter har radonhalter som stigit 66–100 %.

Tabell 5.7. Installation av mekaniskt till- och frånluftssystem (FTX-system) samt radonsug. Husdata och uppmätta radonhalter. För mätning närmast efter sanering har mätmetod angivits (K=Aktivt kol, T=TLD, W=WLM).

Objekt nr	Hustyp	Byggt År	Radon-källa	Radonhalter Bq/m^3					
				Före san.	Efter san.	K. 1991	K. 1994	K. 1997	K. 2000
N.07.01	13	1935	M	780	80 W	140	110	80	100
N.07.02	2, 13	1939	M	1270	240 W	180	590	--	--
N.07.03	14	1940	M	2410	240 W	300	110	140	520
N.07.04	3	1939	M	410	30 W	40	50	70	60
U.07.05	3	1970	MB	2500	400 W	680	370	340	220
U.07.06	4	1970	Mb	2300	120 T	90	60	170	100
T.07.07	4	1974	Mb	1860	60 W	160	140	520	320
T.07.08	3	1968	Mb	1900	150 W	540	520	170	200
G.07.09	3	1967	M	3600	796 T	82	90	170	100
G.07.10	1	1981	M	1574	620 T	440	<30	<30	110
F.07.11	3	1960	M	1520	800 K	300	650	50	250
F.07.12	3	1978	M	1080	900 K	420	450	350	330

Kommentarer

Den huvudsakliga radonkällan i dessa hus är marken. Dock finns blåbetong i mindre omfattning eller med relativt låg radiumhalt i tre av dem och av något större betydelse i ett hus.

De fyra sista husen i tabell 5.7 har under kontrolltiden kompletterats med radonsugar. Detta har haft en god effekt på radonhalten i tre av dem, men ganska ringa effekt i det fjärde.

Större variationer i de uppmätta radonhalterna i övrigt orsakas av handhavandet av anläggningarna. Man har kört radonsugarna och i ett par fall även FTX-systemet med olika fläkthastigheter. I hus N.07.02 var FTX-systemet avstängt under en stor del av mättiden 1994. Vid 1997 års mätning var det en ny ägare till T.07.07. Denne hade inte fått några instruktioner om drift och underhåll och körde därför radonsugen på ett lägre varvtal än vad den tidigare ägaren gjorde.

En sammanfattning av resultatet av radonåtgärderna i grupp 7 visar att sanering genom installation av såväl FTX-system som radonsug har givit en god eller mycket god sänkning av radonhalten i elva av de tolv husen. Det mindre goda resultatet i det tolfte huset kan vara en följd av att ett rum i källarvåningen har jordgolv. Flera hus i gruppen har haft förhöjda radonhalter vid ett eller ett par mättillfällen. Orsakerna till detta är, utöver mätnoggrannhet och väderförhållanden, att fläktar för ventilation och radonsug har körts på olika varvtal. I ett hus har FTX-systemet till och med varit avstängt en del av mättiden. I ett annat fall har huset fått en ny ägare. Denne har inte erhållit några som helst instruktioner om drift eller skötsel från säljaren.

[9] Vid jämförelse av procentuella förändringar i radonhalter har lägre värden än 100 Bq/m^3 först räknats upp till denna nivå, dvs. har radonhalten ökat från 60 Bq/m^3 till 150 Bq/m^3 har ökningen beräknats till 50 % (från 100 Bq/m^3 till 150 Bq/m^3).

5.8 Installation av mekaniskt frånluftssystem och radonsug

Det enda hus som ingår i denna åtgärdsgrupp har radonsanerats genom en kombination av åtgärder som kortfattat beskrivs i andra avsnitt, nämligen F-system, kapitel 5.1 och radonsug, kapitel 5.9. Installationerna motverkar till viss del varandra genom att frånluftsventilationen skapar ett större undertryck inomhus visavi marken. Detta skall kompenseras med hjälp av radonsugen för att förhindra att radonhaltig jordluft sugs in i huset.

Resultat

Det finns i projektet endast ett småhus som har åtgärdats genom installation av mekaniskt frånluftssystem (F-system) och radonsug.

Huset hade vid slutet av kontrolltiden radonhalter understigande 200 Bq/m^3.

Radonhalten i huset har legat på ungefär samma nivå som vid mätningen närmast efter radonsaneringen under hela kontrolltiden.

Tabell 5.8. Installation av mekaniskt frånluftssystem och radonsug. Husdata och uppmätta radonhalter. För mätning närmast efter sanering har mätmetod angivits (W=WLM).

Objekt nr	Hustyp	Byggt år	Radon-källa	Radonhalter Bq/m^3					
				Före san.	Efter san.	K. 1991	K. 1994	K. 1997	K. 2000
N.08.01	12, 13	1921	M	1290	180 W	230	150	180	130

5.9 Installation av radonsug

En radonsug fungerar på så sätt att ett undertryck skapas på ett eller flera ställen under betongplattan. Därigenom motverkar man att radongas kan transporteras från marken och in i huset. Undertrycket åstadkoms genom att man till dessa ställen drar ner ventilationskanaler, som ansluts till en mindre kanalfläkt, vilken säkerställer den erforderliga sugkraften i kanalen. Fläkten bör helst placeras utvändigt för att eliminera risken för läckage av radonhaltig jordluft inomhus på fläktens trycksida. Med denna placering måste emellertid hänsyn tas till att eventuellt kondensvatten kan rinna ut ur fläkthuset utan att skada vare sig fläkten eller underliggande hussockel.

1. Fläkt
2. Rund kanal
3. Manometer
4. Suggrop

Figur 5.3. Principskiss för radonsug.

Effekten hos en radonsugsanläggning beror på hur det undertryck som uppstår vid kanalmynningen kan fortplantas vidare ut under betongplattan. Den har ingen inverkan på radonhalter som orsakas av avgång (exhalation) från byggnadsmaterialet såvida inte luftväxlingen i huset samtidigt ökas genom att en frånluftskanal ansluts till radonsugen. Luftväxlingen kan också ökas något, framförallt under vinterhalvåret, genom att uteluftsdon monteras in i ytterväggarna. Uteluftsdonen skall givetvis hållas öppna även under vintern för att släppa in uteluft i huset.

Resultat

Gruppen har under hela projekttiden bestått av 18 småhus.

Radonhalter i bostäderna vid slutet av kontrolltiden i förhållande till gällande *gräns- och riktvärden*:

- 12 småhus har radonhalter på högst 200 Bq/m^3.
- 5 småhus har radonhalter mellan 210 Bq/m^3 och 400 Bq/m^3.
- 1 småhus har radonhalter överstigande 400 Bq/m^3.

Procentuella förändringar i radonhalter vid *slutet av kontrolltiden* jämfört med radonhalter vid mätning *närmast efter saneringen*[10]:

- 10 småhus har radonhalter som sjunkit eller som stigit högst 30 %.
- 2 småhus har radonhalter som stigit 31–65 %.
- 3 småhus har radonhalter som stigit 66–100 %.
- 3 småhus har radonhalter som stigit mer än 100 %.

Procentuella förändringar i radonhalter vid *slutet av kontrolltiden* jämfört med radonhalter vid *kontrollmätningen 1991*:

- 14 småhus har radonhalter som sjunkit eller som stigit högst 30 %.
- 1 lägenhet har radonhalter som stigit 31–65 %.
- 2 småhus har radonhalter som stigit 66–100 %.
- 1 småhus har radonhalter som stigit mer än 100 %.

Tabell 5.9. Installation av radonsug. Husdata och uppmätta radonhalter. För mätning närmast efter sanering har mätmetod angivits (F=Spårfilm, K=Aktivt kol, T=TLD, W=WLM).

Objekt nr	Hustyp	Byggt År	Radon-källa	Radonhalter Bq/m^3					
				Före san.	Efter san.	K. 1991	K. 1994	K. 1997	K. 2000
G.09.01	13	1927	M	1928	120 W	180	200	120	80
G.09.02	4	1965	M	3500	124	140	130	160	90
G.09.03	13	1963	M	900	184 W	82	30	--	70
S.09.04	13	1912	M	1562	96 T	160	120	170	140
S.09.05	13	1936	Mb	1132	48 T	180	210	360	330
S.09.06	13	1900	M	1100	222 T	180	210	310	50
F.09.07	3	1968	Mb	1000	160 K	180	180	360	310
F.09.08	12, 13	1953	M	1080	220 K	140	140	100	90
F.09.09	3	1972	Mb	980	180 K	99	180	210	150
F.09.10	4	1970	Mb	840	<100 K	67	70	110	90
N.09.12	13	1936	M	1080	120 W	160	160	300	180
N.09.13	4	1961	MB	750	230 W	160	150	210	190
N.09.14	13	1936	M	1440	80 W	90	70	110	90
N.09.15	4	1969	MB	1900	180 F	140	280	240	320
N.09.16	3	1947	M	3570	60 W	260	300	280	170
U.09.17	4	1969	Mb	660	300 W	1000	1090	--	1080
U.09.18	3	1961	M	2860	400 W	300	340	190	220
U.09.19	4	1972	Mb	2020	140 W	1540	470	400	400

[10] Vid jämförelse av procentuella förändringar i radonhalter har lägre värden än 100 Bq/m^3 först räknats upp till denna nivå, dvs. har radonhalten ökat från 60 Bq/m^3 till 150 Bq/m^3 har ökningen beräknats till 50 % (från 100 Bq/m^3 till 150 Bq/m^3).

Kommentarer

Marken är den dominerande radonkällan för dessa hus. Dock förekommer i två hus blåbetong i sådan omfattning och med så hög radiumhalt att byggnadsmaterialet utgör en i stort sett lika betydelsefull radonkälla. I ytterligare 6 hus finns det blåbetong av mindre betydelse.

Vid kontrollmätningen 1991 uppmättes radonhalter som var mer än 30 % högre än vid mätningar närmast efter sanering i sju hus. I fem av dessa var det korttidsmätningar av radondotterhalter, i de övriga två radonmätningar under ett par veckor. Radonsugen skall förhindra jordluft att sugas in i huset genom att sänka lufttrycket i marken. Sker inte detta i tillräcklig grad under hela den del av huset där det finns otätheter mot marken blir radonsugens effekt begränsad och mycket osäker. Vid högre utetemperatur och svag vind räcker sugkraften till för att stoppa flödet av jordluft. Vid motsatta förhållanden strömmar radonhaltig jordluft in i huset. Man kan därför i många fall förvänta sig relativt stora variationer i radonhalter inomhus. Detta påverkar givetvis en kort mätning mera än en mätning över flera månader. Men även vid kontrollmätningarna över tre månader har relativt stora variationer erhållits.

I nio hus har påtagliga skillnader i radonhalter mellan olika kontrollmätningar erhållits. I sex av dem går inte radonsugens varvtal att ändra, varför olika varvtal inte är anledningen till skillnaderna. I G.09.05 och F.09.07 har radonhalterna stigit med 75–80 %. I det första huset kan inte orsaken förklaras, men i det andra beror det på olika mätrum och delvis obebott hus under mättiden. I två andra hus, S.09.06 och U.09.18, har radonhalten oförklarligt sjunkit.

I hus U.09.19 beror variationerna i radonhalten på olika varvtal hos den egna fläkten. Även förändringar i fläkthastighet i en radonbrunn på en grannfastighet kan orsaka divergerande radonhalter. Detta kan möjligen vara fallet i hus N.09.12.

Radonsugens kapacitet tycks vara otillräcklig i flera hus. Troligen skulle flera sugställen förbättra resultatet i många av de hus med radonhalter över cirka 100 Bq/m^3 och som inte innehåller någon blåbetong. Ett sådant objekt är N.09.16, där radonhalten varierar mellan 170 Bq/m^3 och 300 Bq/m^3 utom vid mätningen närmast efter saneringen då 30 Bq/m^3 i radondotterhalt uppmättes.

Den kvarvarande radonhalten i objekt N.09.15 orsakas till största delen av radon från byggnadsmaterialet. Luftväxlingen i det självdragsventilerade huset bestämmer därför radonhalten.

I hus U.09.17 har radonhalterna stigit markant från mätningen närmast efter sanering. Tecken finns som tyder på att detta skulle kunna orsakas av en omlagring av mineralkorn i det finkorniga material som huset är grundlagt på. Detta i sin tur skulle kunna bero på de luftströmmar som radonsugen ger upphov till i dräneringslagret. Materialet närmast sugstället kan ha tätats till av finpartiklarna och radonsugens effekt minskat.

En sammanfattning av resultatet av radonåtgärderna i grupp 9 visar att sanering genom installation av radonsug har givit en god eller mycket god sänkning av radonhalten i 9 av de 18 husen. I fyra andra hus sänktes halten till en godtagbar nivå, men har sedan åter ökat. För två av dessa har inte någon orsak kunnat fastställas. I ytterligare ett hus har radonhalten stigit markant utan klarlagd anledning. Variationerna i radonhalterna i övrigt beror på, utöver skillnader i mätnoggrannhet och väderförhållanden, att handhavandet av radonsugarna har skiftat från gång till gång, samt olika mätrum i ett hus.

5.10 Installation av radonbrunn

En radonbrunn är liksom en radonsug en anordning för att sänka lufttrycket i marken och på så sätt förhindra att radonhaltig jordluft sugs in i byggnaden. Den består vanligtvis av en ca 4 m lång glasfiberarmerad plast- eller plåtcylinder. Den nedre delen av cylindern är perforerad. I brunnen är en relativt kraftig fläkt installerad med vars hjälp några hundra upp till tusen kubikmeter jordluft sugs upp per timme. Eftersom brunnen placeras i marken utanför husen, behöver några ingrepp inte göras i dessa. Radonbrunnen är avsedd att placeras i luftgenomsläppligt material, t.ex. åsgrus.

De flesta husen i gruppen är 1½-plans-hus med källarvåning. Detta innebär att den uppvärmda rumsvolymen är relativt hög, vilket i sin tur orsakar kraftigare svängningar i lufttryck i husets nedre del. Risken är därför större att lufttrycket alldeles ovanför källargolvet sjunker till en nivå strax under det lufttryck som

radonbrunnen lyckas alstra i marken under golvet, när utetemperaturen sjunker. Följden blir då att jordluft åter börjar läcka in i huset, vilket ger en radonhalt med kraftiga svängningar över tiden. Även luften i själva grusåsen är utsatt för termiska stigkrafter som gör att den stiger uppåt då utetemperaturen är lägre än temperaturen inne i åsen. Detta orsakar en lufttrycksökning under husets bottenplatta då utetemperaturen sjunker, om huset är beläget på eller i närheten av toppen på åsen. En mätning under en eller ett par dagar kan därför ge ett helt annat resultat än en radonmätning under lång tid.

1. Rör 400-1000 mm.
2. Fläkt.
3. Tätningsplast
4. Sugkammare
5. Lock
6. Avluftskanal

Figur 5.4 Principskiss för radonbrunn.

Resultat

Gruppen bestod från början av 14 småhus. Efter bortfall av ett par hus i andra grupper togs två nya objekt med i projektet. Eftersom de sanerats med hjälp av radonbrunn placerades de i denna grupp. De båda husen har varit föremål för omfattande radonmätningar i ett annat BFR-projekt. Gruppen består alltså av totalt 16 småhus.

Radonhalter i bostäderna vid slutet av kontrolltiden i förhållande till gällande *gräns- och riktvärden*:

- 12 småhus har radonhalter på högst 200 Bq/m^3.
- 1 småhus har radonhalter mellan 210 Bq/m^3 och 400 Bq/m^3.
- 3 småhus har radonhalter överstigande 400 Bq/m^3.

Procentuella förändringar i radonhalter vid *slutet av kontrolltiden* jämfört med radonhalter vid mätning *närmast efter saneringen*[11]:

- 11 småhus har radonhalter som sjunkit eller som stigit högst 30 %.
- 1 småhus har radonhalter som stigit 31–65 %.
- 0 småhus har radonhalter som stigit 66–100 %.
- 4 småhus har radonhalter som stigit mer än 100 %.

[11] Vid jämförelse av procentuella förändringar i radonhalter har lägre värden än 100 Bq/m^3 först räknats upp till denna nivå, dvs. har radonhalten ökat från 60 Bq/m^3 till 150 Bq/m^3 har ökningen beräknats till 50 % (från 100 Bq/m^3 till 150 Bq/m^3).

Procentuella förändringar i radonhalter vid *slutet av kontrolltiden* jämfört med radonhalter vid *kontroll-mätningen 1991*:

- 13 småhus har radonhalter som sjunkit eller som stigit högst 30 %.
- 1 lägenhet har radonhalter som stigit 31–65 %.
- 0 småhus har radonhalter som stigit 66–100 %.
- 2 småhus har radonhalter som stigit mer än 100 %.

Tabell 5.10. Installation av radonbrunn. Husdata och uppmätta radonhalter. För mätning närmast efter sanering har mätmetod angivits (F=Spårfilm, T=TLD, W=WLM).

Objekt nr	Hustyp	Byggt År	Radon-källa	Radonhalter Bq/m^3 Före san.	Efter san.	K. 1991	K. 1994	K. 1997	K. 2000
G.10.01	4	1979	M	702	38 T	58	--	50	30
G.10.02	12, 13	--	M	2600	80 W	511	320	300	160
S.10.03	13	1891	M	698	74 T	42	30	70	30
S.10.04	13	1968	M	886	70 T	38	<30	30	90
S.10.05	3	1970	M	3164	106 T	55	40	50	390
S.10.06	13	1936	M	880	234 T	90	50	330	140
S.10.07	3	1945	M	2434	116 T	94	80	160	540
S.10.09	4, 14	1938	M	1118	20 T	47	70	150	50
F.10.10	13	1968	M	2400	60 K	180	470	120	80
N.10.11	13	1938	M	1240	350 W	140	140	80	140
N.10.12	4, 14	1923	M	1960	60 W	25	<30	40	30
N.10.13	13	1923	M	7990	100 W	2160	1180	710	770
N.10.14	13	1952	M	1560	220 W	860	540	640	920
U.10.15	13	--	M	1880	40 W	580	180	--	90
G.10.16	3	1962	M	3170	290 T	--	--	180	170
G.10.17	3	1962	M	3840	80 T	--	--	60	60

Kommentarer

Marken är den dominerande radonkällan för dessa hus. Inget av de 16 husen innehåller alunskifferbaserad lättbetong eller annat byggnadsmaterialet med så hög radiumhalt att det skulle påverka radonhalten i nämnvärd grad. Radonbrunnen är en saneringsmetod som med fördel används vid hus som är byggda på grusåsar. Att just grusåsar är kraftiga radonkällor framgår av de mycket höga radonhalter som från början uppmättes i flertalet av dessa hus.

Vid kontrollmätningen 1991 uppmättes radonhalter som var mer än 30 % högre än vid mätningar närmast efter sanering i fem hus. I fyra av dessa var det korttidsmätningar av radondotterhalter, i det femte korttids-mätning av radonhalt med hjälp av s.k. koldosa. Radonbrunnen skall förhindra jordluft att sugas in i huset genom att sänka lufttrycket i marken. Sker inte detta i tillräcklig grad under hela den del av huset där det finns otätheter mot marken blir radonbrunnens effekt begränsad och mycket osäker. Vid högre utetemperatur och svag vind räcker sugkraften till för att stoppa flödet av jordluft. Vid motsatta förhållanden strömmar radonhaltig jordluft in i huset. Tryckdifferensen mellan hus och mark påverkas också av att lufttrycket under hus belägna litet högre upp på åsen stiger vid låga utetemperaturer p.g.a. termiska stigkrafter i själva åsen. Man kan därför i många fall förvänta sig relativt stora variationer i radonhalter inomhus. Detta påverkar en kort mätning mera än en mätning över flera månader. Men även vid kontrollmätningarna över tre månader har relativt stora variationer erhållits.

I åtta hus har påtagliga skillnader i radonhalter mellan olika kontrollmätningar erhållits. I fyra av dem har fläkten i radonbrunnen körts med olika varvtal, vilket i åtminstone tre hus kan förklara hela skillnaden i radonhalter. I det fjärde plus i ytterligare två hus förmår man inte påverka lufttrycket i marken i tillräcklig grad för att förhindra jordluft att sugas in i huset. Detta gäller även då fläkten körs på högsta hastighet.

Försämringen av radonsituationen i de övriga två husen, S.10.06 och S.10.07, är troligen en följd av åtgärder som respektive fastighetsägare har vidtagit.

De två sista husen i gruppen har tillkommit inför kontrollmätningen 1997 p.g.a. bortfall av andra hus i projektet. De radonsanerades i slutet av 1980-talet inom ett annat byggforskningsprojekt och var inom det

projektet föremål för omfattande mätningar av radon m.m. under åren närmast efter saneringen. Hus G.10.16 är beläget 50-60 m från radonbrunnen.

En sammanfattning av resultatet av radonåtgärderna i grupp 10 visar att sanering genom installation av radonbrunn har givit en god eller mycket god sänkning av radonhalten i 13 av de 16 husen. De övriga tre husen har från radonsynpunkt extremt utsatta lägen högst uppe på toppen av grusåsar. Detta innebär att tryckskillnaden över husens bottenplattor inte enbart påverkas av termiska krafter inne i huset utan även av termiska krafter i marken under husen. Variationerna i radonhalterna från mätning till mätning beror på, utöver skillnader i mätnoggrannhet och väderförhållanden, handhavandet av radonbrunnarna.

5.11 Förbättrad självdragsventilation

I denna grupp av hus har den befintliga självdragsventilationen förbättrats i huvudsak genom att huset försetts med mera tilluft utifrån. Detta har skett genom att delar av tätningslister i fönster tagits bort, nya uteluftsdon inmonterats och dylikt. I ett fall har förbättringen åstadkommits genom komplettering av ventilationsskorstenar enligt Karl Magnusson-principen (hus U.11.12). Detta innebär att ett inblåsningsskydd bestående av en värmeisolerad huv monteras uppe på skorstenen för att förhindra kall luft att rasa ner i frånluftskanalerna, s.k. bakdrag. I några objekt har även vissa tätningsarbeten utförts i källargolv.

Resultat

Gruppen har under hela projekttiden bestått av 13 småhus. 1 småhus har utgått efter begäran från fastighetsägaren. Totalt finns det således vid projektets slut 12 hus i gruppen.

Radonhalter i bostäderna vid slutet av kontrolltiden i förhållande till gällande *gräns- och riktvärden*:
- 6 småhus har radonhalter på högst 200 Bq/m^3.
- 4 s småhus har radonhalter mellan 210 Bq/m^3 och 400 Bq/m^3.
- 2 småhus har radonhalter överstigande 400 Bq/m^3.

Procentuella förändringar i radonhalter vid *slutet av kontrolltiden* jämfört med radonhalter vid mätning *närmast efter saneringen*[12]:
- 9 småhus har radonhalter som sjunkit eller som stigit högst 30 %.
- 0 småhus har radonhalter som stigit 31–65 %.
- 2 småhus har radonhalter som stigit 66–100 %.
- 1 småhus har radonhalter som stigit mer än 100 %.

Procentuella förändringar i radonhalter vid *slutet av kontrolltiden* jämfört med radonhalter vid *kontroll-mätningen 1991*:
- 9 småhus har radonhalter som sjunkit eller som stigit högst 30 %.
- 3 småhus har radonhalter som stigit 31–65 %.

I ett småhus har efter kontrollmätningen 1991 ytterligare radonsanerande åtgärder utförts i syfte att sänka radonhalten till en för fastighetsägaren godtagbar nivå.

Kommentarer

Marken är den dominerande radonkällan för flertalet av dessa hus. I ett hus är det emellertid endast byggnadsmaterialet som är orsaken till den förhöjda radonhalten. I ytterligare sex hus bidrar radon från blåbetongen till en icke oväsentlig del av halterna.

Vid kontrollmätningen 1991 uppmättes radonhalter som var mer än 30 % högre än vid mätningar närmast efter sanering i sju hus. I alla utom ett fall var det vid eftermätningen korttidsmätningar av radondotterhalter i fem hus och radonhalt i ett hus. Radonhalten i det sjunde huset har mätts med s.k. IRMA under 14 dagar.

[12] Vid jämförelse av procentuella förändringar i radonhalter har lägre värden än 100 Bq/m^3 först räknats upp till denna nivå, dvs. har radonhalten ökat från 60 Bq/m^3 till 150 Bq/m^3 har ökningen beräknats till 50 % (från 100 Bq/m^3 till 150 Bq/m^3).

Under projektets gång har man vidtagit ytterligare radonsanerande åtgärder i tre hus. I N.11.11 och G.11.13 har flera uteluftsdon monterats in 1992 respektive 1994. Detta har resulterat i 25-50 % sänkning av radonhalten.

Tabell 5.11. Förbättrad självdragsventilation. Husdata och uppmätta radonhalter. För mätning närmast efter sanering har mätmetod angivits (K=Aktivt kol, T=TLD, W=WLM).

Objekt nr	Hustyp	Byggt År	Radon-källa	Radonhalter Bq/m^3					
				Före san.	Efter san.	K. 1991	K. 1994	K. 1997	K. 2000
G.11.01	13	1951	Mb	760	172 T	160	200	200	180
G.11.02	13	1950	Mb	720	88 T	100	90	80	70
G.11.03	13	1951	M	2574	320 W	420	280	680	590
G.11.04	13	1964	MB	660	100 W	160	160	240	220
G.11.05	13	1951	Mb	920	164 T	200	160	200	180
F.11.06	3	1962	M	920	100 K	160	100	130	130
N.11.07	11	1958	B	400	110 W	100	140	90	90
N.11.08	3	1956	Mb	600	180 W	140	210	290	220
N.11.09	4	1945	Mb	560	60 W	200	--	--	--
N.11.10	13	1930	M	1720	260 W	1380	610	670	220
N.11.11	3	1969	M	1370	420 W	800	410	310	310
U.11.12	11	1973	M	760	300 W	180	250	280	30
G.11.13	12, 13	1923	M	980	342 T	1360	840	400	650

I hus F.11.10 har en radonsug inmonterats efter 1991 års kontrollmätning, vilket mer än halverade radonhalten. Efter 1997 års mätning kompletterades radonsugen i samband med justering av dränering och nytt fuktskydd på källarytterväggar. Detta reducerade radonhalten till nybyggnadsgränsvärdets nivå.

En sammanfattning av resultatet av radonåtgärderna i grupp 11 visar att sanering genom förbättring av husets självdragssystem genom enkla åtgärder har varit tillräcklig för att få ner radonhalten till en nivå under gränsvärdet för nybyggnad i fem av de tretton husen. I ytterligare tre hus har radonhalten sjunkit under nivån för olägenhet för människors hälsa. Radonhalterna varierar dock relativt mycket från mätning till mätning vilket inte är oväntat. Detta eftersom man förlitar sig på yttre okontrollerbara förhållanden för att få en god luftväxling samtidigt som lufttrycket inte får sjunka inomhus, eftersom det då kan sugas in mera radonhaltig jordluft.

5.12 Installation av mekaniskt frånluftssystem m.m.

Ventilationen i bostäderna i denna grupp har förbättrats genom att det befintliga självdragssystemet har konverterats till mekaniskt frånluftssystem med en separat s.k. kryddhyllefläkt i varje bostad och med frånluftsdon i kök och badrum. Uteluftsdon har också monterats in i bostäderna. Dessutom har ventilationen förbättrats i husets källarvåning genom installation av en separat frånluftsfläkt i detta plan. Otätheter vid kulvertintag i källargolv och andra läckor i byggnadsdelar mot mark har likaså tätats.

Resultat

Gruppen har under hela projekttiden bestått av sju lägenheter i flerbostadshus.

Radonhalter i bostäderna vid slutet av kontrolltiden i förhållande till gällande *gräns- och riktvärden*:

- 4 lägenheter har radonhalter på högst 200 Bq/m^3.
- 2 lägenheter har radonhalter mellan 210 Bq/m^3 och 400 Bq/m^3.
- 1 lägenheter har radonhalter överstigande 400 Bq/m^3.

Procentuella förändringar i radonhalter vid *slutet av kontrolltiden* jämfört med radonhalter vid mätning *närmast efter saneringen*[13]:

- 5 lägenheter har radonhalter som sjunkit eller som stigit högst 30 %. Två lägenheter mättes inte efter sanering.

Procentuella förändringar i radonhalter vid *slutet av kontrolltiden* jämfört med radonhalter vid *kontroll-mätningen 1991*:

- 7 lägenheter har radonhalter som sjunkit eller som stigit högst 30 %.

Tabell 5.12. Installation av mekaniskt frånluftssystem m.m. Husdata och uppmätta radonhalter. För mätning närmast efter sanering har mätmetod angivits (F=Spårfilm, T=TLD, W=WLM).

Objekt nr	Hustyp	Byggt år	Radon-källa	Radonhalter Bq/m^3					
				Före san.	Efter san.	K. 1991	K. 1994	K. 1997	K. 2000
G.12.01.F	15	1955	M	2436	1352 T	1740	310	1600	460
G.12.02.F	15	1955	M	--	548 T	500	130	700	170
G.12.03.F	15	1955	M	--	1074 T	1160	550	1440	150
G.12.04.F	15	1955	M	710	508 T	480	340	150	120
G.12.05.F	15	1955	M	450	276 W	260	160	--	260
G.12.06.F	15	1955	M	246	--	260	<100	510	90
G.12.07.F	15	1955	M	338	--	360	170	740	210

Kommentarer

Samtliga objekt i denna grupp är bostäder belägna i bottenvåningen i flerbostadshus enligt figur 5.1. Bostäderna har ingen markkontakt eftersom det finns en källarvåning i varje hus. Husen är inte heller byggda av material med förhöjd radiumhalt.

Saneringsåtgärderna gav en måttlig effekt på radonhalten i lägenheterna. Vid 1991 års kontrollmätning var radonhalten fortfarande så hög så att den utgjorde en olägenhet för människors hälsa i fyra av de sju bostäderna. I ingen av lägenheterna var den under gränsvärdet för nyproduktion.

Efter kontrollmätningen 1991 installerades en radonbrunn i marken intill G.01.03.F, se figur 5.1. Därvid sjönk radonhalterna i samtliga lägenheter. I endast en av de sju kontrollerade lägenheterna var radonhalten fortfarande över 400 Bq/m^3 1994.

Vid kontrollmätningen 1997 upptäcktes att radonhalterna hade stigit markant i samtliga lägenheter. I fem av sex radonmätta lägenheter i denna grupp översteg halterna riktvärdet för olägenhet för människors hälsa. Vid kontroll av fläkten i radonbrunnen visade det sig att den hade ”skurit” och därför inte fungerade. Hur länge detta tillstånd hade rått var obekant eftersom någon kontroll av fläkten inte ingick i driftrutinerna.

En sammanfattning av resultatet av radonåtgärderna i grupp 12 visar att sanering genom installation av mekaniskt frånluftssystem m.m. inte har givit en önskvärd sänkning av radonhalten i åtminstone fem av de sju lägenheterna som ingår i projektet. Först efter montage av en radonbrunn i området har radonhalten sänkts till godkänd nivå i alla utom en lägenhet. Förutsättningen för att radonhalten skall hållas på en låg nivå är dock att installationen kontrolleras och sköts om med jämna mellanrum.

[13] Vid jämförelse av procentuella förändringar i radonhalter har lägre värden än 100 Bq/m^3 först räknats upp till denna nivå, dvs. har radonhalten ökat från 60 Bq/m^3 till 150 Bq/m^3 har ökningen beräknats till 50 % (från 100 Bq/m^3 till 150 Bq/m^3).

5.13 Förändringar i radonhalter

Uppmätta radonhalter efter radonsanering samt vid de fyra kontrollmätningarna 1991, 1994, 1997 och 2000 redovisas i grafisk form i figur 5.5.

Figur 5.5. Uppmätta radonhalter i samtliga lägenheter och småhus.
Teckenförklaring:

A = Lägsta radonhalt
B = Nedre kvartil. En fjärdedel av mätvärdena ligger under detta värde
C = Aritmetiskt medelvärde
D = Övre kvartil. En fjärdedel av mätvärdena ligger över detta värde
E = Högsta radonhalt.
Siffror inom parentes anger antalet mätta lägenheter respektive småhus.

En sammanställning av de procentuella förändringarna av radonhalter i alla undersökta objekt redovisas gruppvis i tabellerna 5.13–5.17. I tabellerna 5.13 och 5.14 jämförs de vid kontrollmätningarna 1991 respektive 2000 uppmätta halterna med dem som erhölls vid mätningarna närmast efter radonsaneringen. I de följande tabellerna jämförs halterna från kontrollmätningen 2000 med motsvarande värden från de övriga tre kontrollmätningarna.

Om den radonhalt som uppmättes vid kontrollmätningen avvek högst 30 % från den halt som erhölls vid jämförelsemätningen återfinns huset eller lägenheten i kolumnen med fet stil i tabellens mitt. Var den däremot mindre än 0.7 gånger denna halt finns huset i någon av kolumnerna till vänster i tabellen. Var den mer än 1.3 gånger större finns huset i någon av kolumnerna till höger om kolumn –30 % - +30 %.

Tabell 5.13. Procentuell förändring av radonhalter vid kontrollmätning 1991 jämfört med radonhalter efter åtgärd. Gruppvis redovisning.

Åtgärd Nr	Beskrivning åtgärd	Antal mätta hus	Antal hus med procentuell förändring ->50 %	-50 %– -31 %	**-30 %– +30 %**	31 %– 50 %	51 %– 100 %	101 %– 400 %	>400 %
01.F	Från S till F	2			**2**				
01	Från S till F	6			**2**	1		3	
02	Från S till FTX	19	1		**10**	1	4	3	
03	Krypgrund	1			**1**				
04	Tätn. mot mark	6			**3**	1		2	
05	Luftkuddemetod	3			**1**			2	
06.F	F och tätning	1			**1**				
07	FT och radonsug	10	2		**4**	1	2	1	
08	F och radonsug	1			**1**				
09	Radonsug	18	1	2	**8**	2	2	1	2
10	Radonbrunn	14	2		**7**		1	1	3
11	Förbättrat S	12		1	**5**	1	3	1	1
12.F	Från S till F m.m.	5	4		**1**				
Σ	Lägenheter (F)	8	4		**4**				
	Småhus	90	6	3	**42**	7	12	14	6

I kolumnen ”Beskrivning åtgärd” använda förkortningar:
S = Självdragsventilation
F = Mekanisk frånluftventilation
FT = Mekanisk till- och frånluftsventilation

Tabell 5.14. Procentuell förändring av radonhalter vid kontrollmätning 2000 jämfört med radonhalter efter åtgärd. Gruppvis redovisning.

Åtgärd Nr	Beskrivning åtgärd	Antal mätta hus	Antal hus med procentuell förändring ->50 %	-50 %– -31 %	**-30 %– +30 %**	31 %– 50 %	51 %– 100 %	101 %– 400 %	>400 %
01.F	Från S till F	2		1			1		
01	Från S till F	5			**2**		2	1	
02	Från S till FTX	17			**9**	1	5	2	
03	Krypgrund	1			**1**				
04	Tätn. mot mark	6			**4**		1	1	
05	Luftkuddemetod	3			**3**				
06.F	F och tätning	1					1		
07	FT och radonsug	11	5		**3**	1		2	
08	F och radonsug	1			**1**				
09	Radonsug	17	2	2	**5**	2	3	2	1
10	Radonbrunn	16	1	2	**8**		1	3	1
11	Förbättrat S	12	1		**8**		2	1	
12.F	Från S till F m.m.	5	4		**1**				
Σ	Lägenheter (F)	8	4	1	**1**		2		
	Småhus	89	9	4	**44**	4	14	12	2

Vid låga radonhalter kan den procentuella förändringen bli stor även om det endast rör sig om några tiotal Bq/m^3. Radonhalter under 100 Bq/m^3 har därför i tabellerna 5.13 - 5.17 behandlats enligt följande:

- Är båda mätvärdena mindre än 100 Bq/m^3 har förändringen klassats som 0 %.
- Är endast det ena mätvärdet mindre än 100 Bq/m^3 har förändringen beräknats från/till 100 Bq/m^3.

Ju högre denna gräns sätts, ju mindre blir antalet hus med förändringar över 30 %. I tabell 5.18 redovisas därför hur stor inverkan antagen lägsta radonhalt har på antalet hus med olika procentuella förändringar. Härvid har antagits en lägsta radonhalt av 100 respektive 200 Bq/m^3.

I projektet ingår några lägenheter där radonhalten efter radonsaneringen inte hade mätts. Även i ett par småhus saknas uppgift på radonhalt vid någon eller några kontrollmätningar. Därför kan uppgifterna i tabellerna om antalet mätta hus avvika något från antalet i projektet ingående objekt.

Tabell 5.15. Procentuell förändring av radonhalter vid kontrollmätning 2000 jämfört med radonhalter vid kontrollmätning 1991. Gruppvis redovisning.

Åtgärd Nr	Beskrivning åtgärd	Antal mätta hus	Antal hus med procentuell förändring ->50 %	-50 %– -31 %	**-30 %– +30 %**	31 %– 50 %	51 %– 100 %	101 %– 400 %	>400 %
01.F	Från S till F	6	1	2	**1**		1	1	
01	Från S till F	5		1	**4**				
02	Från S till FTX	17	2		**12**	2		1	
03	Krypgrund	1			**1**				
04	Tätn. mot mark	6		1	**5**				
05	Luftkuddemetod	2			**2**				
06.F	F och tätning	1					1		
07	FT och radonsug	9	2		**5**		2		
08	F och radonsug	1		1					
09	Radonsug	18	1	3	**10**	1	2	1	
10	Radonbrunn	14	3	1	**7**	1		1	1
11	Förbättrat S	12	3	1	**5**	2	1		
12.F	Från S till F m.m.	7	1	1	**3**		1	1	
∑	Lägenheter (F)	14	2	3	**4**		3	2	
	Småhus	85	11	8	**51**	6	5	3	1

Tabell 5.16. Procentuell förändring av radonhalter vid kontrollmätning 2000 jämfört med radonhalter vid kontrollmätning 1994. Gruppvis redovisning.

Åtgärd Nr	Beskrivning åtgärd	Antal mätta hus	Antal hus med procentuell förändring ->50 %	-50 %– -31 %	**-30 %– +30 %**	31 %– 50 %	51 %– 100 %	101 %– 400 %	>400 %
01.F	Från S till F	6	1		**3**		1	1	
01	Från S till F	5			**5**				
02	Från S till FTX	16	2		**12**	1		1	
03	Krypgrund	1			**1**				
04	Tätn. mot mark	6			**6**				
05	Luftkuddemetod	2			**2**				
06.F	F och tätning	1							1
07	FT och radonsug	11	2	1	**6**			2	
08	F och radonsug	1			**1**				
09	Radonsug	18	1	3	**12**		2		
10	Radonbrunn	13	1	3	**5**	1	1	1	1
11	Förbättrat S	12	2		**8**	1		1	
12.F	Från S till F m.m.	7	2		**3**	1	1		
∑	Lägenheter (F)	14	3		**6**	1	2	1	1
	Småhus	85	8	7	**58**	3	3	5	1

Tabell 5.17. Procentuell förändring av radonhalter vid kontrollmätning 2000 jämfört med radonhalter vid kontrollmätning 1997. Gruppvis redovisning.

Åtgärd Nr	Beskrivning åtgärd	Antal mätta hus	Antal hus med procentuell förändring						
			->50 %	-50 %– -31 %	**-30 %– +30 %**	31 %– 50 %	51 %– 100 %	101 %– 400 %	>400 %
01.F	Från S till F	5	4	1					
01	Från S till F	5			**3**	2			
02	Från S till FTX	17	1		**14**		2		
03	Krypgrund	1			**1**				
04	Tätn. mot mark	6	1		**5**				
05	Luftkuddemetod	2	1	1					
06.F	F och tätning	1			**1**				
07	FT och radonsug	11		4	**5**			2	
08	F och radonsug	1			**1**				
09	Radonsug	16	1	3	**11**	1			
10	Radonbrunn	15	1	2	**8**	2		2	
11	Förbättrat S	12	2		**9**		1		
12.F	Från S till F m.m.	6	5		**1**				
∑	Lägenheter (F)	12	9	1	**2**				
	Småhus	86	7	10	**57**	5	3	4	

Tabell 5.18. Jämförelse av förändringar i radonhalter baserade på en antagen lägsta radonhalt av 100 respektive 200 Bq/m^3. Jämförelsen avser radonhalter vid kontrollmätning 2000 och kontrollmätning 1991 samt omfattar endast småhus.

Antagen lägsta Radonhalt	Totalt antal hus	Antal hus med procentuell förändring				
		->50 %	-50 %– -31 %	**-30 %– +30 %**	31 %– 100 %	>100 %
100 Bq/m^3	85	11	8	**51**	11	4
200 Bq/m^3	87	10	2	**65**	9	1

6 Slutsatser och förslag till fortsatt forskning

6.1 Slutsatser

Vid radonsaneringen av de 91 småhusen har många av fastighetsägarna varit framgångsrika och kunnat med enkla medel sänka radonhalterna till nivåer långt under riktvärdet olägenhet för människors hälsa. Andra har nått motsvarande resultat efter betydligt större investeringar i omfattande ventilationsanläggningar. Några har varit tvungna att försöka med flera olika metoder innan de nått målet, medan några få ändå inte kommit längre än i nivå med riktvärdet.

I den här undersökningen ingår 14 lägenheter i flerbostadshus. När dessa skulle radonsaneras, krävdes liksom i flera småhus ett antal försök med olika åtgärder innan resultatet blev en godtagbar radonhalt. Trots detta visade det sig vid kontrollmätningen 1994 att radonhalten var så hög i en lägenhet så att den utgjorde en olägenhet för människors hälsa. I ytterligare 2 uppmättes 1994 radonhalter strax under gränsen för sanitär olägenhet. Vid mätningen 1997 var det inte mindre än 10 av 13 kontrollerade lägenheter där radonhalten var över 400 Bq/m^3.

När detta projekt startades 1991 levde så gott som samtliga ägare till de berörda fastigheterna i den tron att radonproblemet var avhjälpt. Att så inte var fallet visar med all tydlighet resultaten från kontrollmätningarna. Bland de 14 lägenheterna har olägenhet för människors hälsa konstaterats i 10 stycken vid någon av kontroll-mätningarna. Bland småhusen har sanitär olägenhet konstaterats i 28 av 91 stycken, alltså 31 %, åtminstone vid något mättillfälle.

Det finns flera orsaker till att det har blivit ett sådant resultat av radonsaneringarna. En anledning är enligt (Clavensjö, 1997) att en ”felaktig” radonmätning efter saneringen har vilselett fastighetsägaren om åtgärdens effekt på radonhalten i huset. Mätningen har visserligen utförts på ett korrekt sätt enligt då gällande anvisningar, men mättiden har varit allt för kort eller så har mätningen utförts vid olämplig tidpunkt.

Erfarenheten av detta projekt är därför:

- Innan man väljer saneringsmetod måste man utreda varifrån radonet kommer. En del metoder är effektiva om radonet kommer från marken, medan andra är det om radonet kommer från byggnadsmaterialet. Många av de kontrollerade husen har åtgärdats med metoder som inte är den optimala med hänsyn till förutsättningarna i det enskilda fallet.
- Alla radonåtgärder måste utföras på ett fackmannamässigt sätt och av personer som vet varför arbetet skall utföras och hur åtgärden skall fungera från radonsynpunkt.
- Mätningen efter radonsaneringen måste utföras på ett sådant sätt så att ett någorlunda säkert radonvärde erhålles. Bäst är givetvis att utföra en långtidsmätning av radonhalten enligt SSI:s metodbeskrivning.
- Radonåtgärden samt förhållandena före och efter dess utförande bör dokumenteras så att man i framtiden vet varför och hur arbetet har utförts. Syftet härmed är dels att man i görligaste mån skall hålla uppsikt över åtgärdens goda bestånd, dels att man inte genom nya arbeten skall äventyra resultatet av den tidigare utförda radonåtgärden.
- Ändras förutsättningarna för en erhållen låg radonhalt, t.ex. fläkthastigheten minskas i syfte att spara energi eller minska ljudet från fläkten, måste en ny radonmätning utföras.
- Det är mycket viktigt att radonhalten i inomhusluften kontrolleras på nytt några år efter det att radonsanerande åtgärder har vidtagits. Därefter bör en radonmätning göras med 5-10 års mellanrum. Har radonhalten en gång varit förhöjd finns förutsättningen att den åter kan bli det, såvida inte själva radonkällan har undanröjts.

Ventilationsanläggningar och andra mekaniska installationer kräver skötsel och underhåll för att i längden fungera på avsett sätt. Lättförståeliga drift- och underhållsinstruktioner måste därför levereras tillsammans med installationen. Det kan också underlätta för nyttjaren om installatören demonstrerar systemets styr- och reglerutrustning, hur filter demonteras för rengöring eller utbyte m.m.

Drift- och underhållsinstruktionerna bör innehålla:

- Datablad, broschyrer o.d. över i anläggningen ingående apparater och komponenter.
- Beskrivning i ord och bild av systemets verkningssätt och hur det skall skötas.
- Instruktioner om vilka åtgärder som skall vidtas vid fel, brister och dålig funktion.
- Instruktioner om förebyggande underhåll.

6.2 Förslag till fortsatt forskning

I ett par av de i projektet ingående småhusen har radonhalten ökat utan att någon orsak till detta har kunnat fastställas. De har sanerats genom att en radonsug har monterats. Orsaken till ökningen kan vara att finpartiklar i jordlagren har förflyttats så att luftvägarna fram till radonsugens sugpunkter har förändrats. Detta skulle också kunna inträffa runt en radonbrunn.

Montering av radonsug eller radonbrunn är de vanligaste och normalt bästa lösningarna när den huvudsakliga radonkällan är marken. Det är därför viktigt att man noga undersöker vad som kan inträffa i marken runt sugställena, så att man från början kan förebygga att anläggningens effekt på radonhalten äventyras.

Många hus belägna på den översta delen av relativt mäktiga grusåsar har visat sig vara svårare att radonsanera än hus med mera ”normala” lägen. Radonhalten inomhus kan variera kraftigt på kort tid. Detta beror troligtvis på de termiska stigkrafter som luften i jordmaterialet är utsatt för när utetemperaturen är lägre än jordluftens. Tryckförhållandena i marken och mellan marken och huset bör undersökas. De lufttrycks-påverkande metoderna radonsugen, radonbrunnen och luftkuddemetoden modifieras så att de blir mera effektiva i dessa fall. Eventuellt bör nya lösningar undersökas.

Med en radonbrunn kan lufttrycket i marken påverkas upp emot 80 meter från brunnen. Vad händer med lufttrycket i marken i grannskapet då en luftkuddeanläggning monteras i ett hus på luftgenomsläppligt jord-material? Om lufttrycket i marken under ett grannhus ökar finns risk för att mera radonhaltig jordluft läcker in i det huset.

Vid kontrollen 1997 har mätning av luftströmmar mellan källarvåning och bottenvåning givit mycket intressanta resultat. Genom dessa unika mätningar har vi fått mera kunskap om hur stort luftutbytet är mellan våningarna i olika typer av hus och därmed hur markradon sprids i byggnaderna. Sådana mätningar av luftflöden och luftutbyte i olika våningar, inte minst i flerbostadshus i flera plan, bör upprepas och fördjupas med flera typer av gaser.

Den viktigaste uppgiften för framtiden är dock att utbilda fastighetsägare, konsulter, sanerare, kommunala tjänstemän m.fl. så att rätt åtgärder väljs inför en sanering och att den installerade anläggningen sköts på ett riktigt sätt.

Litteratur

Referenser

Clavensjö B. och Erikson B. E., 1993: Radonåtgärders beständighet. Byggforskningsrådet. R50:1993. ISBN 91-540-5589-X.

Clavensjö, B., 1997: Orsaker till att radonhalten ökar i radonsanerade småhus. Byggforskningsrådet. A1:1997. ISBN 91-540-5774-4.

Dietz, R.N., Goodrich, R.W., Cote, E.A. and Wieser, R.F., 1986: Detailed Description and Performance of a Passive Perfluorocarbon Tracer System for Building Ventilation and Air Exchange Measurements. Measured Air Leakage of Buildings. ASTM STP 904, H.R. Trechsel and P.L. Lagus Eds., American Socity for Testing and Materials. Philadelphia. 1986, pp. 203-264.

Falk R., Hagberg N., Håkansson B., Nyblom L. och Swedjemark G. A., 1982: Kalibreringsverksamhet, radon och radondöttrar i luft. SSI-rapport 82-22. Statens Strålskyddsinstitut.

Falk R., Möre H. and Nyblom L., 1990: Calibration of radon-222 reference instrument in Sweden. J. Res. Inst. Stand. Technol. Vol 95, No 2.

Lindmark, A. och Rosén, B., 1984: Radon i jord. Exhalation - vattenkvot, årstidsvariationer, permeabilitet. Statens geotekniska institut. Rapport nr 24. ISSN 0348-0755.

Miljömålskommittén, 2000: Framtidens miljö – allas vårt ansvar. Betänkande från Miljömålskommittén. SOU 2000:52. Miljödepartementet. ISBN 91-38-21222-6.

Statens provningsanstalt, 1980: Bestämning av radondotterhaltens årsmedelvärde i en bostad genom mätning med spårfilm. SP A2 601. Statens provningsanstalt.

Statens provningsanstalt, 1981A: Bestämning av radondotterhalt i bostäder med filtermetod. SP A2 602. Statens provningsanstalt.

Statens strålskyddsinstitut, 1988: Bakgrundsinformation till metodbeskrivningar. i 88-04. Statens strålskyddsinstitut.

Statens strålskyddsinstitut, 1988-1990: Metodbeskrivning. Strålning i bostäder. Radondotterhaltens årsmedelvärde. 9 olika metoder. Statens strålskyddsinstitut.

Statens strålskyddsinstitut, 1994: Strålning i bostäder. Metodbeskrivning: Långtidsmätning för uppskattning av radongashaltens årsmedelvärde. Rådgivande korttidsmätning. Mätmetoder för radon: Metodblad nr 1-8. 1994. i 94-05. Statens strålskyddsinstitut.

Övrig litteratur

Clavensjö B. och Åkerblom G., 1992: Radonboken. Statens råd för byggnadsforskning. T5:1992. ISBN 91-540-5407-9.

Clavensjö B. och Åkerblom G., 1994: The Radon Book. The Swedish Council for Building Research. D4:1994. ISBN 91-540-5649-7.

Cliff K. D., Naismith S., P., Scivyer C. and Stephen R., 1994: The efficacy and durability of radon remedial measures. Radiation Protection Dosimetry Vol 56, Nos 1-4, pp. 65-69. Nuclear Technology Publishing.

Kulich J., Möre H. och Swedjemark G. A., 1988: Radon och radium i hushållsvatten. Statens strålskyddsinstitut, SSI-rapport 88-11. ISSN 0282-4434.

Mellander H. and Enflo A., 1991: The alpha track method used in Swedish radon epidemiological study. Paper presented at the Fifth International Symposium on the Natural Environment, Salzburg, Austria, Sept. 22-28, 1991.

Mjönes L., Burén A. och Swedjemark G. A., 1984: Radonhalter i svenska bostäder. Resultat av en landsomfattande undersökning. SSI a84-23. Statens strålskyddsinstitut.

Pershagen G. m fl., 1993: Radon i bostäder och lungcancer. En landsomfattande epidemiologisk undersökning. IMM-rapport 2/93. Institutet för miljömedicin.

Statens institut för byggnadsforskning, 1993: Bostadsbeståndets inneklimat. ELIB-rapport nr 7. Uppdragsrapport TN:30. Statens institut för byggnadsforskning

Statens provningsanstalt, 1981B: Bestämning av radondotterhaltens årsmedelvärde i en bostad genom mätning med TLD-baserad radonmätare. SP A2 603. Statens provningsanstalt.

Statens strålskyddsinstitut, 1993: Radon 1993. En rapport över läget. SSI-rapport 93-10. Statens strålskyddsinstitut.

Stråby A., 1990: Radon och radondöttrar. Artikel i skriftserien "Miljön på jobbet". Arbetarskyddsstyrelsens pocketserie. Skrift nr 5/90. Särtryck.

Swedjemark G. A., 1983: The equilibrium factor F. Health Physics Vol 45, No 2, 453-462.

Varas R. J., Roessler C. E. and Hintenlang, D. E., 1992: Durability of sub-slab radon mitigation systems in Florida houses. Paper presented at the Thirty-seventh Annual Meeting of the Health Physics Society, Columbus, Ohio, June 21-25 1992.

Åkerblom G., 1995: "Blåbetong" - en källa till radon och gammastrålning. Artikel i "Strålskyddsnytt" nr 1 1995. Statens strålskyddsinstitut.

Åkerblom G., Pettersson B. och Rosén B., 1990: Radon i bostäder. Markradon. Statens råd för byggnadsforskning. R85:1988, reviderad utgåva 1990. ISBN 91-540-4937-7.

Fakta om radon. 1995. Statens strålskyddsinstitut. Broschyr.

Radon. Faktablad nr 47. 1994. Konsumentverket.

Radon - Information till kommuner m.fl. om bestämmelser och ansvarsfördelning. 1989. Boverket, Socialstyrelsen och Statens Strålskyddsinstitut. Boverket Dnr 604-1774/89.

Radon i vatten. 1995. Statens strålskyddsinstitut. Broschyr.

Radon och hälsoskydd - Allmänna råd från socialstyrelsen 1990:5. Socialstyrelsen. ISBN 91-38-11142.

Radonbidrag till egnahem. 2000. Boverket. Gratisbroschyr.

Radongas i stället för radondöttrar. Ändrade gränsvärden för radon. 1993. i93-08. Statens strålskyddsinstitut.

Socialstyrelsens allmänna råd om tillsyn enligt miljöbalken – radon i inomhusluft. SOSFS 1999:22. Socialstyrelsen.

Vägen till ett radonfritt boende. 1995. Statens strålskyddsinstitut. Broschyr.

Åtgärder mot radon i bostäder. 2000. Boverket, Byggforskningsrådet, Socialstyrelsen och Strålskyddsinstitutet. Statens råd för byggnadsforskning. G14:1990, reviderad utgåva 2000. Broschyr.

Video

Radon i byggnader. 1998. Boverket, Byggforskningsrådet, Statens strålskyddsinstitut och Socialstyrelsen. V2:1998.

BILAGA 1

Beskrivning av byggnader

B1.1 Installation av mekaniskt frånluftssystem

G.01.01.F – G.01.06.F

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Flerbostadshus i två bostadsvåningar samt källarvåning. 2–3 trappuppgångar i varje byggnad.
Byggnadsår	1955.
Husläge	Området klassificeras som högriskområde. Husen är belägna på sluttningen av en rullstensås. Deras inbördes lägen framgår av situationsplan i figur 5.1.
Byggnadsmaterial	Stenbaserade byggnadsmaterial i hela stommen. Gammastrålningen är inte förhöjd.
Övrigt	Samtliga radonundersökta bostäder ligger i bottenvåningen i respektive byggnad.

Radon- och luftväxlingsmätningar

Objekt nr	Radonhalter Bq/m^3						Luftväxling oms/h			
	Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
G.01.01.F	83	--	64	<30	--	250	--	--	--	--
G.01.02.F	194	--	180	170	360	190	0.78	0.81	--	0.62
G.01.03.F	438	330	320	130	640	220	0.68	0.55	--	0.57
G.01.04.F	--	--	520	220	1020	280	0.36	--	--	--
G.01.05.F	461	98	95	200	500	160	--	--	--	--
G.01.06.F	186	--	280	270	740	90	0.75	0.39	0.36	0.79

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten i dessa hus orsakas till allra största delen av radon från marken trots att bostäderna inte har direkt markkontakt.

Radonsanering

En gemensam frånluftsfläkt för kök och badrum i respektive lägenhet installerades bakom kryddhyllan i köket. Uteluftsdon, typ springventiler, monterades in i fönstersnickerier i sovrum och vardagsrum.

Kommentar

Installationen av F-systemet gav en måttlig effekt på radonhalten i bostäderna. Vid 1991 års kontrollmätning erhölls mindre än ca 25 % sänkning av radonhalten i fyra lägenheter, men hela 79 % reducering i en femte (G.01.05.F). Den senare hade dock 1994 ungefär lika hög radonhalt som de övriga. Detta kan möjligen bero på att den boende enligt uppgift oftast sov med öppet fönster, vilket förmodligen var mindre frekvent under vintermånaderna 1994 än under motsvarande period 1991. Under mätperioden 1994 var temperaturen utomhus betydligt lägre än under 1991.

Efter radonmätningen 1991 installerades en radonbrunn i marken intill G.01.03.F, se figur 5.1. Därmed sänktes radonhalten i denna lägenhet från 320 Bq/m^3 till 130 Bq/m^3 mellan de båda mätningarna 1991 respektive 1994. Även i lägenhet G.01.04.F har radonhalten sänkts med hjälp av radonbrunnen. Huset med lägenheten G.01.03.F ligger uppe på grusåsen, medan huset med G.01.04.F ligger längre ner på åsens sluttning.

Vid mätningen 1997 upptäcktes markant förhöjda radonhalter i samtliga lägenheter. Ökningen berodde på att fläkten i radonbrunnen hade ”skurit” och därför inte fungerade, vilket driftpersonalen inte hade uppmärksammat. Kontroll av radonbrunnen fanns inte med i drift- och skötselinstruktionerna. Vid kontrollmätningen 2000 fungerade åter radonbrunnen. Radonhalterna hade därmed återställts till 1994 års nivå, med undantag av lägenheten G.01.01.F.

G.01.07

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Radhus i 1½ plan utan källarvåning ingående i en större gruppbebyggelse.
Byggnadsår	1974.
Husläge	Området klassificeras som normalriskområde, men med kommentar om att förhöjda mark-radonhalter kan förekomma i områdets närhet.
Byggnads-material	Huset är grundlagt med betongplatta på mark. Bärande väggar i bottenvåningen består av alunskifferbaserad lättbetong. Gammastrål-ningen från lättbetongen är 0.30-0.45 µSv/h.

Radon- och luftväxlingsmätningar

Objekt nr	Radonhalter Bq/m^3 Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000	Luftväxling oms/h Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
G.01.07	427	113	380	340			0.71	0.53		

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas till större delen av radon från marken och till en mindre del av radon från byggnadsmaterialet trots att huset är byggt av s.k. blåbetong.

Radonsanering

Radonsaneringen utfördes i två omgångar under 1989. Först monterades uteluftsdon av typen springventiler i samtliga bostadsrum, tre ventiler per våningsplan. Litet senare installerades en enklare typ av mekaniskt frånluftssystem. Frånluftskanaler från badrum och tvätt kopplades till spisfläkten i köket. I toalettrummet på det övre planet inmonterades en Pax-fläkt i taket. Dörrar försågs med överluftsdon i erforderlig omfattning. Fläktarna körs kontinuerligt på samma hastighet med undantag av att spisfläkten tillfälligt kan varvas upp vid matlagning och dylikt. Efter 1991 års kontrollmätning har man dessutom tätat intaget vid rörkulverten.

Kommentar

Radonmätningen närmast efter radonsaneringen utfördes med en kontinuerligt registrerande radondotter-mätare under knappt två dygn. Resultatet av denna mätning är inte representativt för radonhaltens årsmedel-värde beroende på dels kort mättid, dels omräkning med för hög F-faktor.

Radonmätningar har enligt fastighetsägarens önskan inte utförts under 1997 och 2000.

Ytterligare beskrivning av huset, radonsaneringen och utförda radonmätningar finns i (Clavensjö, 1997).

G.01.08

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Friliggande enplanshus utan källarvåning.
Byggnadsår	1972
Husläge	Området klassificeras som högriskområde.
Byggnads-material	Huset är grundlagt med betongplatta på mark. Bärande väggar består av lättbetong med en något förhöjd radiumhalt. Gammastrålningen från lätt-betongen är upp till 0.19 µSv/h.

Radon- och luftväxlingsmätningar

Objekt nr	Radonhalter Bq/m^3						Luftväxling oms/h			
	Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
G.01.08	1374	164	600	440	330	380	0.38	0.42	--	--

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas till allra största delen av radon från marken.

Radonsanering

Huset var ursprungligen försett med mekanisk frånluftsventilation med fläkten placerad i ventilationsskorstenen på yttertaket. Uteluft erhölls genom vädringsluckor i fönstersnickerierna, en lucka i vardera sovrummet.

I samband med utbyte av köksspis, kylskåp m.m. 1987 togs även kåpan över köksspisen bort och ersattes med en kolfilterfläkt. Av för fastighetsägaren okänd anledning sattes frånluftsfläkten på yttertaket ur funktion. Den hade tidigare sugit luft från kök och våtutrymmen i huset. Luftväxlingen blev efter dessa åtgärder mycket liten och problem uppstod med fuktig luft inomhus, bl.a. imma på fönster vid lägre temperatur utomhus.

Radonsaneringen bestod i att avlägsna kolfilterfläkten och sätta den avstängda frånluftsventilationen i funktion. Fläktens varvtal kan regleras i 4 steg. Normalt körs den på grundhastigheten. Någon komplettering med uteluftsdon har inte gjorts. De ursprungliga vädringsluckorna används för tillförsel av uteluft.

Kommentar

Huset är en enplansbyggnad och har följaktligen en låg uppvärmd volym. Den termiska stigkraften (den s.k. skorstensverkan) är liten. Detta innebär att variationerna i luftväxlingen, beroende på skillnader i utetemperatur, är mycket små. Det mekaniska frånluftssystemet, som normalt körs på grundfart, skapar ett betydligt större undertryck inomhus, samtidigt som det ger en någorlunda jämn luftväxling. Inflödet av radonhaltig jordluft bör därför vara förhållandevis stabilt och därmed även radonhalten i huset. Detta gäller under förutsättning att inte fönster eller vädringsluckor hålls öppna i varierande grad under de olika mätningarna.

Radondottermätningen efter åtgärd utfördes endast i vardagsrummet och varade 34 timmar. Härvid uppmättes 82 Bq/m^3 som medelvärde för radondotterhalten, vilket ger 200 Bq/m^3 i radonhalt vid omräkning med F-faktorn 0.4. Radondotterhalterna varierade under mätningen mellan 39 Bq/m^3 och 116 Bq/m^3, dvs. 100–290 Bq/m^3 i radonhalt. Kontrollmätningen 1991 gav en betydligt högre halt i vardagsrummet än WLM-

mätningen. I sovrummet var halten ytterligare något förhöjd. Vädringsluckor och fönster hölls enligt uppgift stängda under kontrollmätningen. De tre senare mätningarna uppvisar sinsemellan ungefär lika resultat.

Variationerna i radonhalterna är dels boenderelaterade, dels föranledda av en kort mättid i endast ett rum vid mätning efter åtgärd.

Ytterligare beskrivning av huset, radonsaneringen och utförda radonmätningar finns i (Clavensjö, 1997).

T.01.09

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Friliggande enplanshus med suterrängvåning.
Byggnadsår	1974.
Husläge	Området klassificeras som normalriskområde. Yngre granit.
Byggnads-material	Huset är grundlagt med en kantförstyvad betongplatta. Samtliga väggar i suterrängvåningen och gavelväggar i bottenvåningen består av alunskifferbaserad lätt-betong, mellanbjälklaget av sandbaserad lättbetong. Övriga byggnadsdelar är av trä. Gammastrålningen från lättbetongen i suterrängvåningens väggar är max. 0.70 µSv/h samt från lättbetongen i bottenvåningen 0.55 µSv/h.

Radon- och luftväxlingsmätningar

Objekt nr	Radonhalter Bq/m^3						Luftväxling oms/h			
	Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
T.01.09	700	170	240	250	330	280	0.33	0.34	0.26	0.28

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas till större delen av radon från byggnadsmaterialet och till en mindre del av radon från marken.

Radonsanering

Ett mekaniskt frånluftssystem installerades 1983. Fläkten är kopplad över en varvtalsregulator med fyra lägen. Normalt används läge 4, som ger det högsta varvtalet. Befintliga uteluftsdon behölls. Eftersom vädringsluckorna vanligtvis hålls stängda har ca 20 cm av tätningslisten på luckans övre del tagits bort, liksom ca 30 cm av tätningslisten på stora fönsterbågen i fönstersnickerierna på bottenvåningen.

Kommentar

Funktionen hos F-systemet kontrollerades en tid efter installation genom en s.k. spårgasmätning av luftväx-lingen. Mätningen visade att luftväxlingen var 0.42 oms/h vid detta tillfälle. Luftväxlingen har även mätts genom långtidsmätningar med AIM i samband med radonmätningarna. Luftväxlingen var lika stor vid de båda första kontrollmätningarna, men något lägre vid mätningen 1997. Detta återspeglas också i en något högre radonhalt.

Den utförda radonsaneringen har varit verkningsfull. Radonhalten har efter åtgärd varit på en relativt jämn nivå strax över gränsvärdet för nyproduktion. En större luftväxling hade dock sänkt radonhalten ytterligare. Tyvärr räcker inte ventilationsanläggningen till för att åstadkomma detta.

Ytterligare beskrivning av huset, radonsaneringen och utförda radonmätningar finns i (Clavensjö, 1997).

T.01.10 – T.01.12

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Enplans radhus med suterrängvåning. Samtliga tre radhus är belägna i samma byggnad.
Byggnadsår	1969.
Husläge	Området klassificeras som normalriskområde. Morän. Marken är delvis utfylld.
Byggnads-material	Byggnaden är grundlagd på en uteluftsventilerad krypgrund trots att det är ett sluttningshus. Materialet i samtliga väggar och bjälklag med undantag av vinds-bjälklaget är alunskifferbaserad lättbetong. Gamma-strålningen från lättbetongen i suterrängplanet är hög, upp till 0.90 µSv/h. I bottenvåningen är den något lägre, max 0.70 µSv/h.

Radon- och luftväxlingsmätningar

Objekt nr	Radonhalter Bq/m^3 Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000	Luftväxling oms/h Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
T.01.10	1500	420	380	470	340	480	0.67	0.47	0.35	--
T.01.11	1780	470	360	590	370	420	0.45	0.44	0.74	0.41
T.01.12	1480	260	620	610	330	440	0.45	0.42	0.65	0.46

Radonkällor

De förhöjda radonhalterna orsakas till större delen av radon från byggnadsmaterialet och till en mindre del av radon från marken.

Radonsanering

För att öka luftväxlingen och därmed sänka den höga radonhalten i bostäderna installerades 1982 ett mekaniskt frånluftssystem med värmepump (FVp), som placerades i tvättstugan i suterrängplanet. En del av frånluftens värme överförs till tappvarmvattnet med hjälp av värmepumpen. Frånluftsfläkten är kopplad över en varvtalsregulator med 4 hastighetslägen. Spisfläkt och imkanal behölls i ursprungligt skick och anslöts således inte till F-aggregatet. Uteluftsdon av typen tallriksventiler monterades vid husets uppförande endast i förråd och badrum i suterrängvåning och i skafferiet i bottenvåningen. Någon komplettering av uteluftsdon gjordes inte i samband med fläktinstallationen.

Sedan radonmätningen 1994 har man även installerat en form av mekaniskt frånluftssystem i krypgrunden. En plåttrumma med öppningar har placerats parallellt med huskroppen i krypgrundens inre del. Plåttrumman är ansluten till en fläkt som suger luft från utrymmet. Dessutom har ventilerna i hussockeln minskats i öppenarea, vilket möjliggjort en viss lufttryckssänkning i krypgrunden.

Kommentar

Den ökade luftväxlingen, som erhölls genom installation av FVp-systemet, sänkte radonhalterna till 20–30 % av ursprungsvärdena. Detta kunde ske eftersom radon från byggnadsmaterialet var den största radonkällan. Ägaren till T.01.12 tätade också bjälklaget över krypgrunden, vilket möjligen kan förklara en del av den större sänkningen vid mätning efter åtgärd.

T.01.12 utgör gavelradhuset i radhuslängans för vind mest exponerade parti. Variationerna i vindtryck i huset inklusive krypgrunden borde därför vara störst här och kan troligen förklara en del av svängningarna i de uppmätta radonhalterna. Efter installation av ventilationsanordningen i krypgrunden, vilket utfördes före 1997 års kontrollmätning har radonhalterna i de tre objekten varit mycket lika.

Radonhalterna är fortfarande väl höga i samtliga tre objekt. För att sänka dem ytterligare krävs att luftomsättningen ökas i bostäderna. Den bör vara omkring en omsättning per timme, vilket inte kan åstadkommas med nuvarande ventilationsanläggning. För detta krävs en mekanisk till- och frånluftsanläggning med värmeåtervinning, t.ex. FTX-system.

Luftväxlingen i T.01.11 och T.01.12 med tillhörande krypgrunder mättes under samma tid som radonmätningen ägde rum 1997. Därvid användes fyra olika PFT-gaser, en gas per bostad och en gas i vardera krypgrundsdelen. Genom att också mottagare placerades på respektive plan och i krypgrunderna kunde man beräkna hur mycket luft som förflyttats per tidsenhet mellan de olika våningarna. Öppningen i grundmuren mellan krypgrundsdelarna sattes igen med plastfolie under mättiden.

Resultatet av luftväxlingsmätningen redovisas i figur B1.1. Luftväxlingen var mycket stor i krypgrunderna, 4.78 oms/h i T.01.11 och 3.36 oms/h i T.01.12. Detta bör uppmärksammas med tanke på nedkylning av utrymmena vintertid. En stor mängd luft förflyttades från bostaden till krypgrunden framförallt i T.01.11 där 132 m^3/h sögs ner genom bjälklaget. Anmärkningsvärt är också att relativt stora mängder luft förflyttades korsvis i huset. Cirka 45 m^3/h luft strömmade från krypgrunden i T.01.12 plus 1 m^3/h (tillsammans 46 m^3/h) från den egna krypgrunden upp i bostaden T.01.11. Detta skedde troligen p.g.a. övertryck och otätheter i avluftskanalen samt genom andra otätheter i skiljeväggarna.

Figur B1.1. Schematisk bild över luftflöden i objekten T.01.11 och T.01.12 02 uppmätta under samma tid som mätningen av radon 1997. Siffrorna i figuren visar luftmängder i m^3/h. Siffror inom ram anger den totalt omsatta luftmängden i respektive bostad och krypgrund. Siffrorna för bostäderna gäller båda våningsplanen. De till vänster i figuren markerade flödena är luftflöden mellan bostad/krypgrund i T.01.11 och utomhusluften genom otätheter i väggar och genom frånluftskanaler.

Ytterligare beskrivning av T.01.11 och T.01.12, radonsaneringen och utförda radonmätningar finns i (Clavensjö, 1997).

B1.2 Installation av mekaniskt till- och frånluftssystem

G.02.01

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Friliggande enplanshus med källarvåning.
Byggnadsår	1956.
Husläge	Området klassificeras som normalriskområde. Eventuellt gammal sjöbotten.
Byggnads-material	Samtliga bärande väggar i såväl källar- som bottenvåning består av alunskifferbaserad lättbetong. Gammastrålningen från lättbetongen är 0.20-0.40 µSv/h.

Radon- och luftväxlingsmätningar

Objekt nr	Radonhalter Bq/m^3						Luftväxling oms/h			
	Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
G.02.01	707	140	180	250	220	220	0.33	0.48	0.39	--

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas av radon från både marken och från byggnadsmaterialet.

Radonsanering

Ett mekaniskt till- och frånluftssystem med värmeåtervinning (FTX-system) installerades 1988.

Kommentar

Den utförda saneringen har givit ett relativt gott resultat med en radonhalt som ligger på en stabil nivå över tiden. En ytterligare sänkning skulle kunna erhållas genom att luftväxlingen ökas eller att radoninströmningen från marken minskas.

G.02.02

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Friliggande 1¾-plans hus med källarvåning under en mindre del av huset, krypgrund under resterande del.
Byggnadsår	Slutet av 1920-talet. Tillbyggt 1989.
Husläge	Området klassificeras som högriskområde. Huset ligger på sluttningen av en rullstensås.
Byggnads-material	Huset är byggt av trä. Källarväggar består av betong. Gammastrålningen är inte förhöjd.

Radon- och luftväxlingsmätningar

Objekt	Radonhalter Bq/m^3						Luftväxling oms/h			
nr	Före	Efter	Kontrollmätning				Kontrollmätning			
	åtgärd	åtgärd	1991	1994	1997	2000	1991	1994	1997	2000
G.02.02	918	120	320	330	260	460	1.22	0.73	0.71	--

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas av radon från marken.

Radonsanering

Som ett första steg i radonsaneringen installerades ett ventilationsaggregat med maximal kapacitet 60 m^3/h i källarvåningen. Dessutom monterades en 11 W frånluftsfläkt i grundmuren för att förbättra luftväxlingen i krypgrunden. Effekten av åtgärderna blev att radonhalterna snarare ökade än minskade i huset.

Ventilationsaggregatet avlägsnades från källaren och ett mekaniskt till- och frånluftssystem med värmeåter-vinning (FTX-system) installerades 1989 i byggnaden. Källarvåningen anslöts till ventilationsaggregatet med en kanal på frånluftssidan, men inte på tilluftssidan. Luft till källaren togs utifrån genom ett uteluftsdon. Fläkten i grundmuren behölls. Den efterföljande WLM-mätningen visade ett mycket gott resultat i husets våningsplan, men i källarvåningen var radondotterhalten fortfarande hög.

Senare under 1989 tillbyggdes huset. I samband härmed installerades en uteluftsvärmepump. Inomhusdelen placerades på yttervägg i trappan mellan våningsplanen. Den har ett maximalt luftflöde på 600 m^3, vilket innebär att stora mängder luft cirkulerar runt i bottenvåningen och det övre våningsplanet och ger en jämn fördelning av det inkommande radonet. Någon tillförsel av uteluft genom värmepumpen till inneluften sker inte.

Kommentar

Ett FTX-system kan injusteras så att det inte åstadkommer något nämnvärt undertryck i huset i förhållande till utomhusluften, men normalt dimensioneras tilluftsflödet till 90 % av frånluftsflödet, vilket således ger ett svagt undertryck. Det kräver emellertid en mycket god skötsel för att flödena inte skall förändras, t.ex. genom igensättning av filter.

I ett så här högt hus kan de termiska stigkrafterna, som orsakas av skillnaden i inne- och utetemperatur, variera relativt mycket. Detta medför stora förändringar i lufttrycksdifferensen över golvet i källaren och i

bottenvåningen. Även vindpåverkan (vindriktning och vindstyrka) på byggnaden bidrar till förändringen, liksom termiska stigkrafter i själva grusåsen. Husets läge ett stycke ner på åssluttningen gör dock att de senare inte är så uttalade i detta hus som i ett hus beläget på toppen av åsen.

Utan att åstadkomma ett övertryck i byggnaden är det omöjligt att med ventilationens hjälp förhindra att radonhaltig jordluft sugs in. Ett övertryck bör dock inte skapas inomhus eftersom detta kan orsaka fuktskador i husets övre delar. Hur mycket jordluft som vid olika tidpunkter strömmar in i huset beror bl.a. på lufttrycksdifferensen. Radonhalten kan således variera i huset trots att luftväxlingen är jämn. I figur B1.2 visas luftens rörelse i huset uppmätta under samma tid som kontrollmätningen av radon 1997.

Radonhalten i huset var före åtgärd inte extremt hög. Detta förhållande i kombination med den mycket höga luftväxlingen ger ett relativt gott resultat av de radonsanerande åtgärderna. En jämförelse av radonhalter uppmätta vid första mätningen efter åtgärd och vid kontrollmätningarna är inte relevant eftersom det dels är olika mätmetoder med 62 timmars respektive cirka 3 månaders mättid, dels har huset byggts till och ventilationen förändrats avsevärt. Däremot är de vid kontrollmätningarna 1991 respektive 1994 uppmätta radonhalterna mycket lika.

Före radonmätningen 1997 kontrollerades ventilationssystemet. Tillufts- och frånluftsflödena injusterades. I vad mån detta har bidragit till den något lägre radonhalten 1997 är svårt att bedöma. Skillnaden mot 1994 års värde är inte större än det kan ligga inom mätonoggrannheten.

Fläkten, som var placerad i grundmuren till krypgrunden, avlägsnades 1999. Orsaken var att öppningen i grundmuren behövdes för kabeldragning för ett annat ändamål. Någon annan installation eller åtgärd för att kompensera bortfallet av fläkten gjordes inte. Detta är sannolikt förklaringen till att radonhalten ökar med nästan 80 % mellan 1997 och 2000.

Figur B1.2. Schematisk bild över luftflöden i objekt G.02.02 uppmätta under samma tid som mätningen av radon 1997. Siffrorna i figuren visar luftmängder i m^3/h. Siffror inom ram anger den totalt omsatta luftmängden på respektive våningsplan. 155 m^3/h gäller dock den sammanlagda omsättningen i båda bostadsvåningarna. I de 43 m^3/h som kommer från källarvåningen och strömmar upp i huset är inte luftmängden som kommer från krypgrunden medräknad. Den finns med de 112 m^3/h som kommer utifrån och in i bostadsvåningarna.

Ytterligare beskrivning av huset, radonsaneringen och utförda radonmätningar finns i (Clavensjö, 1997).

G.02.05

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Friliggande enplanshus med källarvåning.
Byggnadsår	1951.
Husläge	Området klassificeras som normalriskområde. Event. gammal sjöbotten.
Byggnads-material	Samtliga bärande väggar i såväl källar- som botten-våning består av alunskifferbaserad lättbetong. Gammastrålningen från lättbetongen är 0.30-0.40 µSv/h.

Radon- och luftväxlingsmätningar

Objekt Nr	Radonhalter Bq/m^3						Luftväxling oms/h			
	Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
G.02.05	1140	280	300	230	250	270	0.94	0.87	0.54	0.75

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas av radon såväl från byggnadsmaterialet som från marken.

Radonsanering

Huset radonsanerades 1983 genom att ett mekaniskt till- och frånluftssystem med värmeåtervinning installerades.

Kommentar

G.02.05 är en villa i ett våningsplan och källarvåning under hela huset. Våningarna har invändig trapp-förbindelse med dörr. I källarplanet finns pannrum och ytterligare två rum med rökkanal respektive frånlufts-kanaler. Vid mätning av luftväxlingen 1997 erhölls i källaren 0.40 oms/h och i bottenplanet 0.65 oms/h. Luftutbytet mellan de båda planen var 4 m^3/h upp från och 2 m^3/h ner till källaren.

Figur B1.3. Schematisk bild över luftflöden i objekt G.02.05 uppmätta under samma tid som mätningen av radon 1997. Siffrorna i figuren visar luftmängder i m^3/h. Siffror inom ram anger den totalt om-satta luftmängden på respektive plan.

Den utförda saneringen har givit ett relativt gott resultat med en radonhalt som ligger på en stabil nivå över tiden. En ytterligare sänkning skulle kunna erhållas genom att luftväxlingen ökas eller att radoninström-ningen från marken minskas.

S.02.07

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Friliggande enplanshus med källarvåning.
Byggnadsår	1974.
Husläge	Området klassificeras som normalriskområde.
Byggnads-material	Huset är byggt av trä. Källarväggar består av betong. Gammastrålningen är inte förhöjd.

Radon- och luftväxlingsmätningar

Objekt nr	Radonhalter Bq/m^3						Luftväxling oms/h			
	Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
S.02.07	574	106	34	30	40	40	0.40	--	--	--

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas av radon från marken.

Radonsanering

Huset radonsanerades 1989 genom att ett mekaniskt till- och frånluftssystem med värmeåtervinning installerades.

Kommentar

Åtgärden har varit mycket lyckosam. Radonhalten har efter åtgärd legat på en mycket låg och jämn nivå.

N.02.08

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Friliggande 1½-plans hus med källarvåning.
Byggnadsår	1923.
Husläge	Området klassificeras som högriskområde. Huset är beläget på nedre delen av sluttningen på en rullstensås.
Byggnads-material	Källarväggar består av betong. I övrigt består huset av trä. Gammastrålningen är inte förhöjd.

Radonmätningar

Objekt nr	Radonhalter Bq/m^3 Före Åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
N.02.08	500	40	35	40	50	80[1)]

[1)] Mätdosorna insändes utan aluminiumpåse till laboratoriet två veckor efter avslutad mätning. Värdet kan därför antas vara något för högt.

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas av radon från marken.

Radonsanering

Huset radonsanerades 1987 genom att ett mekaniskt till- och frånluftssystem med värmepump installerades. Dessutom göts ett nytt betonggolv i hela källarplanet eftersom det gamla bestod av en tunn betongplatta av dålig kvalitet.

Kommentar

Åtgärderna har varit mycket effektiva. Radonhalten har efter saneringen legat på en mycket låg och jämn nivå. Om det är installationen av FTX-systemet eller det nya betonggolvet som haft den största betydelsen för sänkningen av radonhalten i huset har dock inte klarlagts.

N.02.09

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Enplans radhus utan källarvåning ingående i en större gruppbebyggelse.
Byggnadsår	1968.
Husläge	Området klassificeras som normalriskområde. Morän. Högriskområde i form av rullstensås finns i husets närhet.
Byggnads-material	Huset är grundlagt med betongplatta på mark. I övrigt består huset av trä. Fasadbeklädnad av kalksandsten. Gammastrålningen är inte förhöjd.

Radon- och luftväxlingsmätningar

Objekt Nr	Radonhalter Bq/m^3						Luftväxling oms/h			
	Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
N.02.09	820	60	320	350	60	40	0.55	0.58	1.02	0.54

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas av radon från marken.

Radonsanering

Den radonsanerande åtgärden, som utfördes 1988, bestod av installation av ett mekaniskt till- och frånluftssystem med värmeåtervinning. Fläktarna, som är kopplade över en varvtalsregulator, är placerade på yttertaket.

Kommentar

De förhöjda radonhalterna orsakas av radon från marken, vilket tillsammans med jordluft diffust läcker upp i huset. Otätheter vid golvsocklar har upptäckts i flera rum. På grund av husets låga uppvärmda volym ger de termiska stigkrafterna ett relativt litet undertryck vid betongplattans överyta. FTX-systemet ger inte heller något nämnvärt undertryck. Tryckdifferensen över husets bottenplatta är således normalt liten. Eftersom ventilationssystemet inte skapar ett påtagligt och stabilt undertryck kan dock variationerna i tryckdifferensen vara stora, relativt sett, p.g.a. temperaturskillnader och vindbelastning.

Eftermätningen 1989 var en korttidsmätning och gjordes i början av maj. Man kan därför förvänta sig att tryckdifferensen över betongplattan vid detta tillfälle var mycket liten, vilket avspeglar sig i de uppmätta låga radondotterhalterna. Variationerna i radondotterhalterna var dock stora, upp till 400 %.

Inför 1997 års radonmätning har man reglerat in ventilationsanläggningen, vilket kan ha påverkat lufttrycksförhållandet mellan huset och marken på ett för radonhalten avgörande sätt. Den ökade luftväxlingen 1997 synes däremot inte ha haft någon nämnvärd betydelse. Radonhalten är lika låg 2000 trots att luftomsättningen då endast var hälften så stor som 1997.

Ytterligare beskrivning av huset, radonsaneringen och utförda radonmätningar finns i (Clavensjö, 1997).

N.02.10

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Tvåvånings radhus utan källarvåning.
Byggnadsår	1970.
Husläge	Området klassificeras som högriskområde. Svallsand.
Byggnads-material	Huset är grundlagt med betongplatta på mark. Väggar i båda våningarna består av alunskifferbaserad lätt-betong. Gammastrålningen från lättbetongen är 0.30-0.65 µSv/h.

Radonmätningar

Objekt Nr	Radonhalter Bq/m^3 Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
N.02.10	900	130	140	140	160	150

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas till största delen av radon från byggnadsmaterialet.

Radonsanering

Den radonsanerande åtgärden, som utfördes 1990, bestod av installation av ett mekaniskt till- och frånluftssystem med värmeåtervinning.

Kommentar

Vid samtliga mätningar efter saneringen har så gott som samma halt uppmätts, vilket kan förväntas om luftväxlingen är densamma vid alla mättillfällena och byggnadsmaterialet utgör radonkällan.

U.02.11

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Friliggande enplanshus utan källarvåning.
Byggnadsår	1976.
Husläge	Området klassificeras som högriskområde. Berg och morän.
Byggnads-material	Huset är grundlagt med betongplatta på mark. I övrigt består huset av trä. Fasadbeklädnad av tegel. Gamma-strålningen är inte förhöjd.

Radon- och luftväxlingsmätningar

Objekt nr	Radonhalter Bq/m^3						Luftväxling oms/h			
	Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
U.02.11	1250	290	540	560	640	520	0.48	0.42	0.28	0.20

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas av radon från marken.

Radonsanering

Den radonsanerande åtgärden, som utfördes 1983, bestod av installation av ett mekaniskt till- och frånluftssystem med värmeåtervinning. Fläktpaketet är placerat bakom kryddhyllan i köket. Fläktarnas varvtal kan regleras i sex steg.

Kommentar

De förhöjda radonhalterna orsakas av radon från marken, vilket tillsammans med jordluft mer eller mindre diffust läcker upp i huset. Otätheter med inläckande jordluft har vid besiktning konstaterats vid golvsocklar i ett par rum samt i några väggdosor för el- och antennledningar.

Huset är lågt, endast en våning. Lufttrycksförändringarna vid golvets överkant, orsakade av de termiska stigkrafterna, är därför små. Men eftersom ventilationssystemet inte skapar ett påtagligt och stabilt undertryck gentemot marken kan de små variationerna i tryckdifferensen över husets bottenplatta vara tillräckliga för att ge, relativt sett, stora förändringar i den mängd radonhaltig jordluft som sugs in i huset. Även vindbelastningen på byggnaden kan bidraga till sådana förändringar.

Kontrollmätningarna visar en förhållandevis jämn radonhalt. Den ligger dock på en nivå som är dubbelt så hög som vid mätningen efter sanering. Den största orsaken till detta är sannolikt att de använda mätmetoderna vid eftermätningen 1990 och kontrollmätningarna är helt olika. Eftermätningen gjordes under cirka 2 dygn med en radondottermätare, medan de andra gjordes under tre månader med en metod som mäter radonhalter. Vid omräkning av radondotterhalter till radonhalter har F-faktorn 0.5 använts. Denna generella F-faktor har från årsskiftet 1994-95 sänkts från 0.5 till 0.4, men kan i enskilda hus vara ännu lägre. Vid eftermätningen erhölls i ett sovrum radondotterhalten 190 Bq/m^3. Om den räknas om till radonhalt med hjälp av F-faktorn 0.35 erhålls 540 Bq/m^3, alltså ett värde som ligger helt i paritet med de radonhalter som har mätts vid kontrollmätningarna.

Saneringen har sänkt radonhalten till en nivå strax under hälften av den ursprungliga. Den ligger dock fortfarande på en alldeles för hög nivå. En åtgärd som påverkar skillnaden i lufttryck över bottenplattan, t.ex. radonsug, hade sannolikt gett ett betydligt bättre resultat.

Ytterligare beskrivning av huset, radonsaneringen och utförda radonmätningar finns i (Clavensjö, 1997).

T.02.12

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Friliggande enplanshus med källarvåning
Byggnadsår	1971.
Husläge	Området klassificeras som normalriskområde. Delvis berg.
Byggnads-material	Väggar i källarvåningen består av alunskifferbaserad lättbetong. I övrigt består huset av trä. Gammastrålningen från lättbetongen i källarvåningen är 0.65-0.70 µSv/h.

Radonmätningar

Objekt Nr	Radonhalter Bq/m^3 Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
T.02.12	650	40	120	150	150	160

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas av radon från både marken och byggnadsmaterialet i källarvåningen.

Radonsanering

Huset radonsanerades 1989 genom att ett mekaniskt till- och frånluftssystem med värmepump installerades.

Kommentar

Åtgärden har varit mycket lyckosam. Radonhalten har efter åtgärd legat på en mycket låg och jämn nivå. Den efter åtgärd angivna radonhalten är omräknad från en korttidsmätning av radondotterhalter.

T.02.13

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Friliggande enplanshus utan källarvåning.
Byggnadsår	1962.
Husläge	Området klassificeras som normalriskmark. Yngre granit.
Byggnads-material	Huset är grundlagt med betongplatta på mark. Ytterväggar består av alunskifferbaserad lättbetong, i övrigt trä. Gammastrålningen från lättbetongen är <0.40 µSv/h.

Radon- och luftväxlingsmätningar

Objekt nr	Radonhalter Bq/m^3						Luftväxling oms/h			
	Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
T.02.13	520	80	120	--	130	60	0.38			

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas till större delen av radon från marken och till en mindre del av radon från byggnadsmaterialet.

Radonsanering

Huset radonsanerades 1982 genom att ett mekaniskt till- och frånluftssystem med värmeåtervinning installerades.

Kommentar

Åtgärden har varit mycket lyckosam. Radonhalten har efter åtgärd legat på en mycket låg nivå.

T.02.14

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Friliggande tvåplanshus utan källarvåning.
Byggnadsår	1969.
Husläge	Området klassificeras som normalriskområde. Företrädesvis berg och lera.
Byggnads-material	Huset är grundlagt med betongplatta på mark. Väggar i båda våningarna består av alunskifferbaserad lättbetong. Gammastrålningen från lättbetongen är 0.30-0.55 µSv/h.

Radon- och luftväxlingsmätningar

Objekt nr	Radonhalter Bq/m^3						Luftväxling oms/h			
	Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
T.02.14	810	80	120	120	170	300	1.07	--	--	--

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas av radon såväl från marken som från byggnadsmaterialet.

Radonsanering

Huset radonsanerades 1982 genom att ett mekaniskt till- och frånluftssystem med värmeåtervinning installerades.

Kommentar

Åtgärden har varit lyckosam. Radonhalten har efter åtgärd legat på en låg nivå dock med undantag för den sista mätningen.

Radonhaltens ökning vid kontrollmätningen 2000 är troligen en följd av en lägre luftväxling under denna mättid. Fastigheten har bytt ägare under 1999. Den nye ägaren lät efter radonmätningen 2000 ett ventilationsföretag undersöka FTX-systemet. Ägaren fick då beskedet att fläktarnas lamellpaket var något defekta, men förmodligen ändå skulle räcka till för att ge motsvarande 0.5 luftväxlingar per timme. Systemet injusterades och en ny radonmätning utfördes. Denna gav samma resultat som kontrollmätningen 2000.

Eftersom den mätning av luftväxlingen som gjordes inom projektets ram 1991 visade på en betydligt högre luftomsättning kontaktades den förre ägaren till fastigheten. Han trodde sig minnas att FTX-systemet från början injusterades på maximala luftflöden som skulle betyda närmare 1.0 oms./h.

T.02.15

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Friliggande enplanshus med suterrängvåning.
Byggnadsår	1974.
Husläge	Området klassificeras som normalriskområde. Företrädesvis berg och lera.
Byggnads-material	Huset är grundlagt med betongplatta på mark. Väggar i suterrängvåningen består av alunskifferbaserad lättbetong. I övrigt trä. Fasadbeklädnad av kalksandsten. Gammastrålningen från lättbetongen i suterrängvåningen är 0.65-0.70 µSv/h.

Radon- och luftväxlingsmätningar

Objekt nr	Radonhalter Bq/m^3						Luftväxling oms/h			
	Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
T.02.15	870	140	220	210	220	210	0.52	0.47	0.62	0.48

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas till större delen av radon från byggnadsmaterialet och till en mindre del av radon från marken.

Radonsanering

År 1989 installerades ett mekaniskt till- och frånluftssystem med värmeåtervinning (FTX-system). Aggregatet har ett flödesområde från 100 m^3/h till 300 m^3/h. Fläktarna kopplades till en varvtalsregulator som medger två olika hastigheter utöver 0-läget.

Kommentar

Åtgärden har varit lyckosam. Radonhalten har efter åtgärd legat på en godtagbar och mycket jämn nivå.

Mätningen närmast efter saneringen är en korttidsmätning som utförts med en radondottermätare. Det lägre värdet kan därför bero på kort mättid och/eller omräkning till radonhalt med en något för hög F-faktor.

Ytterligare beskrivning av huset, radonsaneringen och utförda radonmätningar finns i (Clavensjö, 1997).

T.02.16

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Friliggande 1½-planshus med suterrängvåning.
Byggnadsår	1952.
Husläge	Området klassificeras som normalriskområde. Morän.
Byggnads-material	Ytterväggar i suterrängvåningen, samtliga väggar i bottenvåning samt gavelspetsar i det översta planet består av alunskifferbaserad lättbetong. Gammastrålningen från lättbetongen är 0.30-0.40 µSv/h.

Radon- och luftväxlingsmätningar

Objekt nr	Radonhalter Bq/m^3 Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000	Luftväxling oms/h Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
T.02.16	1080	140	280	240	240	270	0.56	0.63	0.78	--

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas till större delen av radon från marken och till en mindre del av radon från byggnadsmaterialet.

Radonsanering

För att radonsanera huset installerades under våren 1982 ett mekaniskt till- och frånluftssystem med värme-återvinning (FTX-system). Fläktarna kopplades över en tyristor för varvtalsreglering.

Kommentar

Även om det finns alunskifferbaserad lättbetong i samtliga våningar, så är det en ganska begränsad mängd sådant material i förhållande till husets volym. Lättbetongen har dessutom en mycket måttligt förhöjd gammastrålning, vilket innebär att radiumhalten är låg i materialet. En överslagsberäkning ger vid handen att radon från byggnadsmaterialet ger ca 80 Bq/m^3 i radonhalt vid 0.5 oms/h. Den övervägande delen av radonet kommer således in i huset från marken.

Radonhalten efter åtgärd, 140 Bq/m^3, är beräknad från en korttidsmätning av radondotterhalten. Den kan därför vara för låg beroende på dels kort mättid, dels att den valda F-faktorn för omräkning var högre än den faktiska.

Det faktum att dräneringsledningarna runt huset lades om efter radondottermätningen kan ha bidragit till att radonhalten har ökat vid 1991 års kontrollmätning. Dagvattensystemet byttes ut och källarytterväggarnas utsida försågs med dränerande skivor av expanderade polystyrenkulor. Tyvärr kan denna typ av skivor mot murar under mark underlätta för jordluft att strömma fram till otätheter i muren och, p.g.a. det undertryck som råder inomhus i förhållande till marken, sugas in i byggnaden.

De fyra kontrollmätningarna visar att radonhalten ligger på en mycket jämn nivå över tiden.

Ytterligare beskrivning av huset, radonsaneringen och utförda radonmätningar finns i (Clavensjö, 1997).

T.02.17

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Friliggande enplanshus med suterrängvåning.
Byggnadsår	1960.
Husläge	Området klassificeras som normalriskområde. Granit och morän.
Byggnads-material	Väggar i såväl suterräng- som i bottenvåningen består av alunskifferbaserad lättbetong. Gammastrålningen från lättbetongen är 0.60-0.70 µSv/h.

Radon- och luftväxlingsmätningar

Objekt nr	Radonhalter Bq/m^3						Luftväxling oms/h			
	Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
T.02.17	910	100	160	190	200	160	1.10	1.45	0.93	0.47

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas till största delen av radon från byggnadsmaterialet.

Radonsanering

Huset radonsanerades 1988 genom att ett mekaniskt till- och frånluftssystem med värmeåtervinning installerades.

Kommentar

Åtgärden har varit lyckosam. Radonhalten har efter åtgärd legat på en förhållandevis låg och jämn nivå.

T.02.19

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Friliggande enplanshus med suterrängvåning.
Byggnadsår	1971.
Husläge	Området klassificeras som normalriskområde. Berg.
Byggnads-material	Väggar i suterrängvåningen består av alunskifferbaserad lättbetong. I övrigt trä. Fasadbeklädnad av kalksandsten. Gammastrålningen från lättbetongen är 0.85-0.90 µSv/h.

Radonmätningar

Objekt nr	Radonhalter Bq/m^3 Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
T.02.19	1200	100	260	260	360	70[1)]

[1)] Mättiden har enligt fastighetsägaren varit 2000-03-01–06-16.

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas till ungefär lika delar av radon från marken och från byggnadsmaterialet.

Radonsanering

Radonsanerande åtgärder vidtogs 1982 och bestod av att ett mekaniskt till- och frånluftssystem med värmeväxlare (FTX-system) installerades. Fläktarna är kopplade över en varvtalsregulator med två fläkthastigheter.

Kommentar

Radondottermätningen efter åtgärd gav betydligt lägre värden än vad kontrollmätningarna har gjort även om radondotterhalterna räknas om till radonhalter med F-faktorn 0.4. Mätningen efter åtgärd har dock ett par maximivärden på 240 och 325 Bq/m^3. Vid samtidigt utförda radon- och radondottermätningar i april 1995 erhölls för sovrummet emellertid en så pass låg F-faktor som 0.17. Räknas radondotterhalten i sovrummet efter åtgärd om med denna F-faktor blir radonhalten 325 Bq/m^3, alltså en halt i nivå med kontrollmätningarnas radonhalt i arbetsrummet på samma våningsplan.

Detta objekt är ytterligare ett med markradon, där man inte helt lyckats genom att åtgärda den förhöjda radonhalten med mekaniskt till- och frånluftsventilation. Yttre förhållanden gör att lufttrycket i husets nedre del fluktuerar och radonhaltig jordluft sugs in i varierande mängd.

Inför kontrollmätningen 2000 hade fastighetsägaren även inmonterat en radonsug. Den låga radonhalten vid detta mättillfälle orsakas därför inte bara av att mätningen skett relativt sent på våren. Den största anledningen är sannolikt den lufttryckssänkning som radonsugen åstadkommer under husets bottenplatta.

Ytterligare beskrivning av huset, radonsaneringen och utförda radonmätningar finns i (Clavensjö, 1997).

T.02.20

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Friliggande tvåplanshus utan källarvåning.
Byggnadsår	1968.
Husläge	Området klassificeras som normalriskområde. Lera.
Byggnads-material	Betongplatta på mark. Väggar i det nedre planet består av alunskifferbaserad lättbetong. I övrigt trä. Fasad-beklädnad av kalksandsten. Gammastrålningen från lättbetongen är 0.45-0.50 µSv/h.

Radon- och luftväxlingsmätningar

Objekt nr	Radonhalter Bq/m^3						Luftväxling oms/h			
	Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
T.02.20	1040	60	140	230	170	170	0.99	--	0.66	0.48

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas av radon såväl från byggnadsmaterialet i bottenvåningen som från marken.

Radonsanering

Byggnaden radonsanerades 1989 genom att en mekanisk till- och frånluftsventilation med värmeåtervinning (FTX-system) installerades. Fläktaggregatet placerades i ett utrymme i botten. Värmeväxlaren fungerar på så sätt att frånluften värmer upp ett antal plåtar i ett växlarpaket under cirka 1 minut. Därefter byts luftriktningen och den i plåtarna lagrade energin kommer tilluften tillgodo. Under denna tid sugs frånluften genom det andra växlarpaketet. Luftriktningen byts således en gång per minut. Den luft som är på väg ut och vid själva riktningsförändringen finns i växlarpaketet sugs därför tillbaka in i huset.

Kommentar

Radonhalten var före åtgärd mycket hög i bottenvåningen. En WLM-mätning i slutet av juni 1987 gav radondottervärden på 940-1 440 Bq/m^3. Troligen var luftväxlingen mycket liten under mätningen beroende på dåligt fungerande självdragsventilation föranledd av en förhållandevis hög utetemperatur och stängda dörrar till mätrummen. Radonbidraget från byggnadsmaterialet kan därför vara stort vid detta tillfälle. Det mekaniska ventilationssystemet har gett en mycket stor reducering av radonhalten.

Vid kontrollmätningen 1994 var radonhalten nästan dubbelt så hög som 1991. Detta har orsakats av att FTX-anläggningen har varit avstängd en mindre del av mättiden p.g.a. en krånglande fläktmotor.

Ytterligare beskrivning av huset, radonsaneringen och utförda radonmätningar finns i (Clavensjö, 1997).

T.02.21

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Friliggande enplanshus, delvis med suterrängvåning. Krypgrund under resterande del.
Byggnadsår	1969.
Husläge	Området klassificeras som normalriskområde. Yngre granit.
Byggnads-material	Huset är grundlagt med betongplatta på mark. Väggar i bottenvåningen består av alunskifferbaserad lätt-betong. Gammastrålningen från lättbetongen är 0.20-0.50 µSv/h.

Radonmätningar

Objekt nr	Radonhalter Bq/m^3 Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
T.02.21	700	20	80	60	120	90

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas av radon såväl från marken som från byggnadsmaterialet.

Radonsanering

Huset radonsanerades 1986 genom att ett mekaniskt till- och frånluftssystem med värmeåtervinning installerades.

Kommentar

Åtgärden har varit lyckosam. Radonhalten har efter åtgärd legat på en låg och förhållandevis jämn nivå.

B1.3 Åtgärder vidtagna i husets krypgrund

U.03.01

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Friliggande 1½-planshus utan källarvåning.
Byggnadsår	1972.
Husläge	Området klassificeras som högriskområde. Rullstensås.
Byggnads-material	Huset är grundlagt på krypgrund. Det är byggt av trä och med kalksandsten som fasadbeklädnad. Gammastrålningen är inte förhöjd.
Ventilation	Självdragsventilation.

Radonmätningar

Objekt nr	Radonhalter Bq/m^3 Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
U.03.01	460	200	240	270	230	230

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas av radon från marken.

Radonsanering

Byggnaden har radonsanerats genom att konstaterade ställen med läckage av luft från krypgrunden vid golvsocklar i bottenvåningen har tätats.

Kommentar

Radonhalten, som före åtgärd var strax över riktvärdet för olägenhet för människors hälsa, sänktes genom tätningsarbetet till ungefär hälften och har legat på denna nivå vid samtliga kontrollmätningar.

B1.4 Tätning av platta mot mark

G.04.01

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Friliggande enplanshus med suterrängvåning.
Byggnadsår	1966.
Husläge	Området klassificeras som högriskområde. Rullstensås.
Byggnads-material	Väggar i suterrängvåningen består av stenbaserade byggnadsmaterial. Trä i övrigt. Fasadbeklädnad av kalksandsten. Gammastrålningen är inte förhöjd.
Ventilation	Självdragsventilation.

Radonmätningar

Objekt Nr	Radonhalter Bq/m^3 Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
G.04.01	740	40	140	130	290	120

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas av radon från marken.

Radonsanering

Byggnaden radonsanerades 1989 genom att konstaterade läckage av luft från marken vid golvsocklar och rörgenomföringar i suterrängvåningen tätades.

På grannfastigheten har installerats en radonbrunn, vilket ägde rum före mätning ”Efter åtgärd”.

Kommentar

Radonhalten har vid kontrollmätningarna legat på en mycket jämn nivå med ett undantag. Vid kontrollmätningen 1997 var radonhalten mer än dubbelt så hög som vid övriga mätningar. Detta beror troligen på handhavandet av radonbrunnen på grannfastigheten. Fastigheten har bytt ägare några gånger under senare tid. Den som ägde fastigheten vid tiden för kontrollmätningen 1997 stängde tidvis av fläkten i radonbrunnen.

Ytterligare beskrivning av huset, radonsaneringen och utförda radonmätningar finns i (Clavensjö, 1997).

G.04.02

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Friliggande enplanshus med suterrängvåning.
Byggnadsår	1959.
Husläge	Området klassificeras som högriskområde. Rullstensås.
Byggnads-material	Väggar i suterrängvåningen består av stenbaserade byggnadsmaterial. Trä i övrigt. Fasadbeklädnad av tegel. Gammastrålningen är inte förhöjd.
Ventilation	Självdragsventilation.

Radonmätningar

Objekt nr	Radonhalter Bq/m^3 Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
G.04.02	680	78	280	230	190	190

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas av radon från marken.

Radonsanering

Radonsanering av byggnaden utfördes 1988 och bestod i att rör monterades för ventilation av befintliga övergolv i två bostadsrum i suterrängvåningen. Golvytan i dessa båda rum utgör något mindre än hälften av golvytan i våningsplanet. Golven består av en betongplatta med uppreglat övergolv med mineralull mellan reglarna. Ovanför mineralullen, men under golvträet, finns en luftspalt. Genom att lägga in ett perforerat rör längs ena väggen och vinkelrätt mot reglarna kan detta utrymme ventileras med rumsluft som sugs ner vid golvvinkeln längs den motstående väggen. De perforerade rören anslöts till en kanal i den murade skorstensstocken. Erforderlig sugkraft ansågs uppstå genom termiska stigkrafter i den vertikala kanalen i skorstenen.

Kommentar

Den utförda radonåtgärden har haft en god effekt trots att den berörde bara en mindre del av byggnadsarean.

Effekten av åtgärden är beroende av dels om huset värms med olja eller el, dels lufttrycksdifferensen över husets bottenplatta. Vid oljeeldning värms skorstenen upp och ett bättre drag erhålls i kanalerna från de ventilerade golven. Det låga värdet ”Efter åtgärd” kan dessutom bero på att det har erhållits efter omräkning av en under kort tid uppmätt radondotterhalt.

G.04.03

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Friliggande 1½-planshus med källarvåning.
Byggnadsår	1956.
Husläge	Området klassificeras som högriskområde. Rullstensås.
Byggnads-material	Väggar i suterrängvåningen består av stenbaserade byggnadsmaterial. Trä i övrigt. Fasadbeklädnad av tegel. Gammastrålningen är inte förhöjd.
Ventilation	Självdragsventilation.

Radonmätningar

Objekt nr	Radonhalter Bq/m^3 Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
G.04.03	1280	14	36	50	50	50

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas av radon från marken.

Radonsanering

Radonsaneringen utfördes 1987 och bestod i att matkällarens jordgolv försågs med ett betonggolv.

Kommentar

Åtgärden gav ett mycket gott resultat. Radonhalten har varit låg och mycket jämn under hela kontrolltiden.

S.04.04

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Friliggande enplanshus med källarvåning. Halvplansförskjutning.
Byggnadsår	1970.
Husläge	Området klassificeras som högriskområde. Rullstensås.
Byggnadsmaterial	Väggar i källarvåningen består av stenbaserade byggnadsmaterial. Trä i övrigt. Fasadbeklädnad av tegel. Gammastrålningen är inte förhöjd.
Ventilation	Självdragsventilation.

Radonmätningar

Objekt Nr	Radonhalter Bq/m^3 Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
S.04.04	1178	98	120	130	150	110

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas av radon från marken.

Radonsanering

Radonsaneringen bestod i att matkällaren kompletterades med ett betonggolv istället för det befintliga jordgolvet. Dessutom tätades en inspektionslucka i golvet i ett annat rum i husets källarvåning.

Kommentar

Åtgärderna gav ett gott resultat. Radonhalten har varit relativt låg och mycket jämn under hela kontrolltiden.

U.04.05

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Enplans radhus med suterrängvåning.
Byggnadsår	1972.
Husläge	Området klassificeras som högriskmark. Berg.
Byggnads-material	Väggar i suterrängvåningen består av stenbaserade byggnadsmaterial. Trä i övrigt. Fasadbeklädnad av tegel. Gammastrålningen är inte förhöjd.
Ventilation	Självdragsventilation.

Radonmätningar

Objekt Nr	Radonhalter Bq/m^3 Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
U.04.05	980	100	280	340	370	260

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas av radon från marken.

Radonsanering

Radonsaneringen utfördes 1983 och bestod i att förhindra inläckage av jordluft vid en durkplåtslucka i betongplattan. Detta gjordes genom att luckan försågs med tätningslister. Dessutom tätade man runt servisledningens genomföring genom luckan.

Luftväxlingen förbättrades något genom att två uteluftsdon monterades in i gillestugan samt ytterligare sex uteluftsdon i övriga delar av suterrängplanet.

Kommentar

Vid besiktning av byggnaden upptäcktes läckage av jordluft vid golvvinklar i två rum och hall i suterrängplanet. Inläckaget påverkar radonhalten i huset i proportion till hur stor del denna jordluft är av den totala luftmängden som tillförs huset. Eftersom lufttrycket sjunker mest nertill i huset när utetemperaturen sjunker, ökar jordluftsandelen då det blir kallare. Radonhalten i huset stiger. Orsaken till radonhaltens variation i huset är således lufttrycksdifferensen mellan hus och mark, vilket i sin tur beror på temperaturskillnader och vindbelastning.

U.04.06

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Enplans radhus med suterrängvåning.
Byggnadsår	1973.
Husläge	Området klassificeras som högriskområde. Berg.
Byggnads-material	Väggar i suterrängvåningen består av stenbaserade byggnadsmaterial. Trä i övrigt. Fasadbeklädnad av tegel. Gammastrålningen är inte förhöjd.
Ventilation	Självdragsventilation.

Radonmätningar

Objekt nr	Radonhalter Bq/m^3 Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
U.04.06	1130	45	70	50	40	30

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas av radon från marken.

Radonsanering

Radonsaneringen utfördes 1987 och bestod i att förhindra inläckage av jordluft vid en durkplåtslucka. Detta gjordes genom att luckan försågs med tätningslister. Dessutom tätade man runt servisledningens genomföring genom luckan.

Luftväxlingen förbättrades något genom att två uteluftsdon monterades in i gillestugan samt ytterligare sex uteluftsdon i övriga delar av suterrängplanet.

Kommentar

Åtgärden har varit mycket effektiv. Radonhalten ligger konstant på en mycket låg nivå.

B1.5 Installation av luftkuddesystem

N.05.01

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Friliggande enplanshus med suterrängvåning.
Byggnadsår	1978.
Husläge	Området klassificeras som normalriskområdet. Yngre granit, morän.
Byggnads-material	Väggar i suterrängvåningen består av lättklinker. I övrigt trä. Gammastrålningen är inte förhöjd.
Ventilation	Mekanisk frånluftsventilation (F-system).

Radonmätningar

Objekt Nr	Radonhalter Bq/m^3 Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
N.05.01	800	190	180	180	330	200

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas av radon från marken.

Radonsanering

Huset radonsanerades 1988 genom att en anläggning enligt den s.k. luftkuddemetoden installerades. Anläggningen består bland annat av en fläkt som genom en kanal trycker ner inneluft i en punkt under husets bottenplatta.

Kommentar

Åtgärden har varit effektiv, om än inte hundraprocentig. Radonhalten har legat på en jämn nivå strax under 200 Bq/m^3 under hela kontrollperioden med ett undantag. Fastigheten bytte ägare strax före kontrollmätningen 1997. Om ökningen i radonhalt orsakats av förändrat varvtal hos luftkuddemetodens fläkt eller förändrade boendeförhållanden har inte kunnat fastställas. Vid mätningen 2000 var radonhalten åter nere på samma nivå som före ägarbytet.

N.05.02

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Friliggande 1½-planshus med suterrängvåning.
Byggnadsår	1972.
Husläge	Området klassificeras som högriskområde. Rullstensås.
Byggnads-material	Väggar i suterrängvåningen består av lättklinker. I övrigt trä. Fasadbeklädnad av kalksandsten. Gammastrålningen är inte förhöjd.
Ventilation	Mekanisk frånluftsventilation (F-system).

Radonmätningar

Objekt nr	Radonhalter Bq/m^3 Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
N.05.02	2900	60	40	70	920	110

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas av radon från marken.

Radonsanering

Fastigheten är belägen högst uppe på en grusås.

Ett första försök att radonsanera huset bestod i att montera in en radonsug. Denna placerades i ett förråd i husets ena motfyllda hörn. Radonsugen påverkade inte nämnvärt radonhalten.

Ett andra försök att radonsanera byggnaden gjordes 1986. Då installerades en anläggning enligt den s.k. luftkuddemetoden. Anläggningen består bland annat av en fläkt som genom en kanal trycker ner inneluft i en punkt relativt centralt under husets bottenplatta. Se figur B1.4.

Kommentar

Luftkuddeanläggningen var mycket effektiv. Radonhalten sjönk till en mycket låg och över tiden jämn nivå.

Kontrollmätningen 1997 visar emellertid på en markant förhöjd radonhalt, 920 Bq/m^3. Orsaken till detta är att elledningen till fläkten inte är fast ansluten till husets elinstallation. Vid målningsarbeten i gillestugan, där fläkten är placerad, hade målaren dragit ut stickkontakten ur väggapparaten. Detta skedde troligen cirka en månad innan radonmätningen avbröts, vilket stämmer med den uppmätta radonhalten jämförd med den halt som fanns i huset före saneringen. Vid en av fastighetsägaren företagen radonmätning under hösten 1997 med fungerande anläggning erhölls radonhalter i nivå med 1991 och 1994 års mätningar. Även vid mätningen 2000 var radonhalten nere på den låga nivån.

Figur B1.4 Anläggning för att skapa en luftkudde under huset har här placerats under trappan ner till gillestugan i suterrängplanet. På bilden syns luftintagsröret, som också innehåller ett dammfilter, samt en ljuddämpare. Fläkten är placerad i lådan under ljuddämparen.

U.05.03

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Friliggande enplanshus med suterrängvåning.
Byggnadsår	1951. Tillbyggt 1965.
Husläge	Området klassificeras som normalriskområde. Berg.
Byggnads-material	Väggar i suterrängvåningen består av betongsten. I övrigt trä med putsade fasader. Gammastrålningen är inte förhöjd.
Ventilation	Självdragsventilation.

Radon- och luftväxlingsmätningar

Objekt nr	Radonhalter Bq/m^3						Luftväxling oms/h			
	Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
U.05.03	2820	180	820	320	400	--	0.34	0.45	--	--

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas av radon från marken.

Radonsanering

Huset radonsanerades 1987 genom att en anläggning enligt den s.k. luftkuddemetoden installerades. Anläggningen består bland annat av en fläkt som genom en kanal trycker ner inneluft i en punkt under husets bottenplatta.

Kommentar

Mätningen efter radonsaneringen gjordes under endast 23 timmar. Detta kan tillsammans med en för hög F-faktor vid omräkningen från radondotterhalt till radonhalt ha bidragit till att en för låg radonhalt angetts ”Efter åtgärd”. Men dessa förhållanden kan knappast förklara hela skillnaden mellan beräknad radonhalt efter åtgärd och uppmätt radonhalt 1991.

Vid kontrollmätningarna 1994 och 1997 har fläkten i luftkuddesystemet körts med ett högre varvtal än vid mätningen 1991. Detta har resulterat i dels att radonhalten har sjunkit med nästan 60 %, dels att luftväxlingen i huset ökat med drygt 30 %. En förändring av varvtalet har således stor effekt på såväl radonhalten som på luftväxlingen i detta hus.

Största orsaken till den stora variationen i radonhalt mellan de olika mätningarna torde vara att fläkten inte har körts på samma hastighet. Vid mätningen efter åtgärd har fläkten varit inställd på nästan full effekt. Eftersom resultatet blev så lyckat sänktes fläkthastigheten utan att man kontrollerade dess effekt på radonhalten. Efter 1991 års kontrollmätning höjdes varvtalet igen och radonhalten sjönk.

Radonmätningar har enligt fastighetsägarens önskan inte utförts 2000.

Ytterligare beskrivning av huset, radonsaneringen och utförda radonmätningar finns i (Clavensjö, 1997).

B1.6 Installation av mekaniskt frånluftssystem samt tätning

G.06.01.F

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Flerbostadshus i två bostadsvåningar samt källarvåning. 2 trappuppgångar.
Byggnadsår	1955.
Husläge	Området klassificeras som högriskområde. Husets läge framgår av situationsplan i figur 5.1.
Byggnads-material	Stenbaserade byggnadsmaterial i hela stommen. Icke bärande innerväggar består av alunskifferbaserad lätt-betong. Gammastrålningen från lättbetongen är 0.21-0.30 µSv/h.
Ventilation	Självdragsventilation.

Radon- och luftväxlingsmätningar

Objekt nr	Radonhalter Bq/m^3						Luftväxling oms/h			
	Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
G.06.01.F	866	332	340	100	430	520	0.21	0.35	0.22	--

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas till allra största delen av radon från marken trots att lägenheten inte har direkt markkontakt.

Radonsanering

I cykelförråd under lägenheten har man tätat rörgenomgångar i golvgrop samt befintligt frånluftsdon i vägg. Vidare har man i förrådet monterat en frånluftsfläkt med tyristorstyrning.

Kommentar

Efter radonmätningen 1991 installerades en radonbrunn i marken intill G.01.03.F, se figur 5.1. Huset ligger uppe på grusåsen och har tydligen fått nytta av brunnen eftersom radonhalten har sjunkit från 340 Bq/m^3 till 100 Bq/m^3 mellan de båda kontrollmätningarna 1991 respektive 1994.

Vid mätningen 1997 upptäcktes att radonhalterna hade stigit markant såväl i denna som i andra lägenheter i området ingående i projektet. P.g.a. brister i förvaltningens driftrutiner hade man inte observerat att fläkten i radonbrunnen hade ”skurit” och därför inte fungerade.

Vid kontrollmätningen 2000 fungerade åter radonbrunnen. Radonhalten hade därmed återställts till 1994 års nivå i flertalet av de berörda lägenheterna, dock inte i denna. Här har radonhalten ökat ytterligare. En orsak till detta kan vara en extremt låg luftväxling beroende på att en äldre mestadels sängliggande person har bott i lägenheten under mättiden. Om detta förhållande är enda orsaken till den förhöjda radonhalten har inte gått att klargöra.

B1.7 Installation av mekaniskt till- och frånluftssystem samt radonsug

N.07.01

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Friliggande 1½-planshus med källarvåning.
Byggnadsår	1935.
Husläge	Området klassificeras som högriskområde. Rullstensås.
Byggnads-material	Väggar i samtliga våningar består av stenbaserade byggnadsmaterial, bjälklag av trä. Gammastrålningen är inte förhöjd.

Radonmätningar

Objekt nr	Radonhalter Bq/m^3 Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
N.07.01	780	80	140	110	80	100

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas av radon från marken.

Radonsanering

År 1988 installerades ett mekaniskt frånluftssystem (F-system) samt en radonsug. Den senare kopplades ihop med F-systemet så att dess fläkt kunde utnyttjas även för radonsugen.

F-system plus radonsug med gemensam fläkt reducerade radonhalten till ca 300 Bq/m^3. Eftersom man inte var nöjd med detta resultat kompletterades ventilationssystemet 1989 med ett mekaniskt tilluftssystem.

Kommentar

De utförda radonåtgärderna har tillsammans varit effektiva. Radonhalten ligger på en jämn och låg nivå.

N.07.02

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Friliggande tvåplanshus med källarvåning. Tillbyggnad i ett plan med krypgrund.
Byggnadsår	1939. Tillbyggt 1980.
Husläge	Området klassificeras som högriskområde. Rullstensås.
Byggnads-material	Väggar i suterrängvåningen består av betongsten. I övrigt trä med putsade fasader. Gammastrålningen är inte förhöjd.

Ursprunglig byggnad

Tillbyggnad

Radon- och luftväxlingsmätningar

Objekt Nr	Radonhalter Bq/m^3 Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000	Luftväxling oms/h Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
N.07.02	1270	240	180	590			0.27	--		

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas av radon från marken.

Radonsanering

Den första radonsaneringen utfördes 1983. En mindre fläkt monterades då i en grundmur till tillbyggnadens krypgrund. Fläkten suger luft från krypgrunden. Dessutom installerades en form av radonsug utan fläkt. Två hål borrades upp genom källargolvet och rör anslöts till hålen. De båda andra ändarna stacks upp en bit i två kanaler i husets murade skorsten. Anslutningarna mot golv respektive skorsten tätades. Avsikten var att genom självdrag i rör och skorstenskanaler skapa en viss trycksänkning under källargolvet. Dessutom lagades ett par genomgående sprickor i källargolvet.

I syfte att förbättra luftväxlingen i husets nedre delar installerades 1983 ett mekaniskt till- och frånluftssystem med värmeåtervinning. Endast källarvåningen i den äldre husdelen och bottenvåningen i tillbyggnaden anslöts till systemet.

Kommentar

Det finns två orsaker till att radonhalten var betydligt högre vid kontrollmätningen 1994 än vad den har varit vid de övriga mätningarna efter radonsaneringen. Den ena orsaken är att man inte har mätt i samma rum vid kontrollmätningen 1994 som vid motsvarande mätning 1991. Vid den första av dessa mätningar mättes ett rum i bottenvåningen och ett rum på övre våningsplanet medan mätplatserna vid den andra mätningen var ett rum i källarplanet och ett annat rum i bottenvåningen. Radonhaltens medelvärde 1994 påverkas kraftigt av

mätvärdet från gillestugan i källarvåningen. Gillestugan hade även vid mätningen närmast efter åtgärd en betydligt högre radonhalt än övriga kontrollerade rum i huset.

Den andra orsaken till de förhöjda radonhalterna 1994 är att ventilationssystemet var avstängt under en stor del av denna mätperiod.

Radonmätningar har enligt fastighetsägarens önskan inte utförts under 1997 och 2000.

Ytterligare beskrivning av huset, radonsaneringen och utförda radonmätningar finns i (Clavensjö, 1997).

N.07.03

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Friliggande 1½-planshus med suterrängvåning.
Byggnadsår	1940.
Husläge	Området klassificeras som högriskområde. Rullstensås.
Byggnads-material	Väggar i suterrängvåningen består av betongsten. I övrigt trä med putsade fasader. Gammastrålningen är inte förhöjd.

Radonmätningar

Objekt Nr	Radonhalter Bq/m^3 Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
N.07.03	2410	240	300	110	140	520

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas av radon från marken.

Radonsanering

Huset radonsanerades 1986 genom att ett mekaniskt till- och frånluftssystem med värmeåtervinning installerades. Dessutom installerades en radonsug för att sänka lufttrycket i marken under huset. Radonsugens fläkt kan varvtalsregleras med hjälp av en tyristor.

Kommentar

Variationerna i radonhalterna orsakas troligen av olika varvtal på radonsugens fläkt. Vid kontrollmätningen 1991 kördes den på cirka 40 % av maximala varvtalet. Fläktens varvtal under 1994 och 1997 års mätningar är okänt. Det var då en annan fastighetsägare. Vid kontrollmätningen 2000 var det en tredje fastighetsägare. Enligt dennes utsago gick fläkten med minimifart.

Fastigheten ligger i ett område med ett flertal installerade radonbrunnar. Möjligen skulle variationen i radonhalterna kunna ha orsakats av ändrade varvtal hos fläkten i någon radonbrunn på en grannfastighet.

N.07.04

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Friliggande enplanshus med källarvåning.
Byggnadsår	1939.
Husläge	Området klassificeras som högriskområde. Tunt lager lera på svallsand.
Byggnads-material	Väggar i källarvåningen består av betongsten. I övrigt trä med putsade fasader. Gammastrålningen är inte förhöjd.

Radonmätningar

Objekt nr	Radonhalter Bq/m^3 Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
N.07.04	410	30	40	50	70	60

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas av radon från marken.

Radonsanering

Huset radonsanerades 1983 genom att ett mekaniskt till- och frånluftssystem med värmeåtervinning installerades. Dessutom installerades en radonsug för att sänka lufttrycket i marken under huset.

Kommentar

Åtgärden har varit mycket effektiv. Radonhalten har efter åtgärd legat på en mycket låg och jämn nivå.

U.07.05

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Friliggande enplanshus med källarvåning.
Byggnadsår	1970.
Husläge	Området klassificeras som normalriskområde.
Byggnads-material	Huset är grundlagt med betongplatta på sprängsten. Ytter- och innerväggar består av alunskifferbaserad lättbetong. Gammastrålningen från lättbetongen i källarvåningen är 0.50-0.70 µSv/h och från övrig lättbetong 0.35-0.45 µSv/h.

Radon- och luftväxlingsmätningar

Objekt Nr	Radonhalter Bq/m^3 Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000	Luftväxling oms/h Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
U.07.05	2500	400	680	370	340	220	0.80	0.59	1.00	0.58

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas av radon såväl från marken som från byggnadsmaterialet.

Radonsanering

Byggnaden radonsanerades 1983 genom att både ett mekaniskt till- och frånluftssystem med värmeåtervinning (FTX-system) och en radonsug installerades. FTX-systemets fläktar är tyristorreglerade, men körs alltid på den högsta hastigheten.

Radonsugen består bl.a. av en fläkt med 32 W märkeffekt. Det finns endast ett sugställe, vilket är placerat relativt centralt i huset. Även radonsugen är tyristorreglerad.

Kommentar

Trots att man vidtagit åtgärder för att både öka luftväxlingen inomhus och sänka lufttrycket i marken under huset för att förhindra jordluft att komma in i huset har resultatet inte blivit helt lyckat. Vid första mätningen efter åtgärd uppmättes en genomsnittlig radondotterhalt av 160 Bq/m^3, vilket motsvarar 400 Bq/m^3 i radongashalt (F = 0.4).

FTX-anläggningen har körts på full effekt vid samtliga radonmätningar. Däremot var radonsugen inställd på ca 50 % effekt vid kontrollmätningen 1991 och full effekt vid de övriga. Detta borde vara anledningen till den betydligt högre radonhalten 1991 i förhållande till de övriga tre kontrollmätningarna.

Vid den obligatoriska ventilationskontrollen, som utfördes efter radonmätningen 1997, upptäcktes felaktigheter i såväl de totala luftmängderna till och från huset som i luftflödena över enskilda don. Därför gjordes en omfattande injustering av anläggningen före radonmätningen 2000, vilket troligen kan förklara den då relativt låga radonhalten.

Ytterligare beskrivning av huset, radonsaneringen och utförda radonmätningar finns i (Clavensjö, 1997).

U.07.06

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Friliggande enplanshus med suterrängvåning.
Byggnadsår	1970.
Husläge	Området klassificeras som normalriskområde. Berg.
Byggnads-material	Väggar i suterrängvåningen består av alunskifferbaserad lättbetong. I övrigt trä. Gammastrålningen från lättbetongen 0.50-1.00 µSv/h.

Radon- och luftväxlingsmätningar

Objekt Nr	Radonhalter Bq/m^3						Luftväxling oms/h			
	Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
U.07.06	2300	120	90	60	170	100	0.90	--	--	--

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas till större delen av radon från marken och till en mindre del av radon från byggnadsmaterialet.

Radonsanering

Huset radonsanerades 1984 genom att ett mekaniskt till- och frånluftssystem med värmeåtervinning installerades. Dessutom installerades en radonsug för att sänka lufttrycket i marken under huset.

Kommentar

Åtgärden har varit mycket effektiv. Radonhalten har efter åtgärd legat på en mycket låg och jämn nivå utom vid 1997 års mätning då den var något förhöjd. Orsaken till detta var att radonsugen inte var i drift under en del av mättiden p.g.a. ombyggnadsarbeten.

T.07.07

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Friliggande enplanshus med suterrängvåning.
Byggnadsår	1974.
Husläge	Området klassificeras som normalriskområde. Berg.
Byggnads-material	Väggar i suterrängvåningen består av alunskifferbaserad lättbetong. I övrigt trä. Fasadbeklädnad av kalksandsten. Gammastrålningen från lättbetongen är 0.50 µSv/h.

Radonmätningar

Objekt nr	Radonhalter Bq/m^3 Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
T.07.07	1860	60	160	140	520	320

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas till större delen av radon från marken och till en mindre del av radon från byggnadsmaterialet.

Radonsanering

Byggnaden radonsanerades 1983 genom att ett mekaniskt till- och frånluftssystem med värmeåtervinning (FTX-system) installerades. FTX-systemets fläktar är tyristorreglerade, men körs alltid på den högsta hastigheten.

Radonsugen installerades 1988 och består bl.a. av en fläkt med 73 W märkeffekt. Det finns endast ett sugställe, vilket är placerat relativt centralt i huset. Även radonsugen är tyristorreglerad.

Kommentar

Fastigheten har fått en ny ägare mellan mätningarna 1994 och 1997. Denne fick enligt egen utsago inga som helst instruktioner av den föregående ägaren om hur radonsugen skulle skötas och användas. Radonsugen har därför körts cirka 4 tim/dygn, vilket har resulterat i en nästan 4 gånger så hög radonhalt 1997.

Radonsugens varvtal under mätningen 2000 var högre än under mätningen tre år tidigare, dock inte på maximal hastighet.

De radonsanerande åtgärderna har varit relativt effektiva och sänkt radonhalten till en nivå strax under gränsvärdet för nyproduktion. P.g.a. att radonsugens varvtal minskades har emellertid radonhalterna varit högre vid de två senaste mätningarna än vad de var tidigare.

T.07.08

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Friliggande enplanshus med källarvåning.
Byggnadsår	1968.
Husläge	Området klassificeras som normalriskområde. Berg.
Byggnads-material	Väggar i källarvåningen består av alunskifferbaserad lättbetong. I övrigt trä. Fasadbeklädnad av kalksandsten. Gammastrålningen från lättbetongen är 0.80 µSv/h.

Radon- och luftväxlingsmätningar

Objekt nr	Radonhalter Bq/m^3						Luftväxling oms/h			
	Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
T.07.08	1900	150	540	520	170	200	0.48	0.36	0.41	--

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas till större delen av radon från marken och till en mindre del av radon från byggnadsmaterialet.

Radonsanering

Radonsanerande åtgärder utfördes 1984 och bestod i att ett mekaniskt till- och frånluftssystem med värmeåtervinning (FTX-system) installerades. Fläktarna kopplades över en varvtalsregulator med lägena "minflöde" och "forceringsflöde". Normalt används läge "Min". Detta har varit fallet vid kontrollmätningarna 1991 och 1994. Enligt fastighetsägaren gick fläktarna sannolikt på högsta varvtalet vid mätningen närmast efter saneringen 1984.

För att sänka luftrycket i marken under huset installerades 1984 även en radonsug. Denna har två sugpunkter. Radonsugen har inte försetts med någon effektväljare. Den körs därför alltid på samma hastighet.

Kommentar

Vid den obligatoriska ventilationskontrollen i december 1995 upptäcktes stora brister i ventilationsanläggningen. FTX-anläggningen reparerades och injusterades strax före radonmätningen 1997. Luftväxlingen har inte ökats nämnvärt, men tryckdifferensen mellan huset och marken har sannolikt minskats, vilket avspeglas i den lägre radonhalten.

De stora skillnaderna i radonhalter vid de olika mättillfällena orsakas troligen av funktionen hos ventilationsanläggningen. En väl fungerande anläggning ger en låg radonhalt, som fallet har varit vid mätningen efter åtgärd samt vid kontrollmätningarna 1997 samt 2000.

Ytterligare beskrivning av huset, radonsaneringen och utförda radonmätningar finns i (Clavensjö, 1997).

G.07.09

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Friliggande enplanshus med källarvåning.
Byggnadsår	1967. Tillbyggt 1978.
Husläge	Området klassificeras som högriskområde. Huset är beläget relativt högt upp på en rullstensås.
Byggnads-material	Väggar i källarvåningen består av stenbaserade byggnadsmaterial. Trä i bottenvåningen. Ingen förhöjd gammastrålning i byggnaden.

Radonmätningar

Objekt nr	Radonhalter Bq/m^3 Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
G.07.09	3600	796	82	90	170	100

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas av radon från marken.

Radonsanering

Först installerades ett mekaniskt till- och frånluftssystem med värmeåtervinning (FTX-system). Detta kompletterades senare med en radonsug för att sänka lufttrycket i marken närmast under huset.

Kommentar

FTX-systemet sänkte radonhalten från 3600 Bq/m^3 till 800 Bq/m^3, dvs. med närmade 80 %. Detta måste anses vara ett mycket gott resultat av denna åtgärd.

Radonsugen eliminerade i stort sett hela radonbidraget från marken. Lufttrycken inomhus och i marken påverkas av vindtryck på och termiska stigkrafter i såväl marken som huset. Det är därför viktigt att radonsugen skapar ett tillräckligt lågt lufttryck i marken för att motverka även tillfälliga läckage av jordluft in i huset.

G.07.10

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Friliggande enplanshus utan källarvåning.
Byggnadsår	1981.
Husläge	Området klassificeras som normalriskområde. Huset är beläget på svallgrus.
Byggnads-material	Huset är grundlagt med betongplatta på mark. I övrigt trä. Ingen förhöjd gammastrålning i byggnaden.

Radonmätningar

Objekt nr	Radonhalter Bq/m^3 Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
G.07.10	1574	620	440	<30	<30	110

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas av radon från marken.

Radonsanering

Först installerades ett mekaniskt till- och frånluftssystem med värmeåtervinning (FTX-system).

Efter kontrollmätningen 1991 installerades även en radonsug i syfte att sänka lufttrycket i marken närmast under huset.

Kommentar

FTX-systemet sänkte radonhalten från 1570 Bq/m^3 till 440 Bq/m^3, dvs. med drygt 75 %. Detta måste anses vara ett mycket gott resultat av denna åtgärd.

Radonsugen eliminerade i stort sett hela radonbidraget från marken. Lufttrycken inomhus och i marken påverkas av vindtryck på och termiska stigkrafter i såväl marken som huset. Det är därför viktigt att radon-sugen skapar ett tillräckligt lågt lufttryck i marken för att motverka även tillfälliga läckage av jordluft in i huset. Det kan dock finnas risk att ett för lågt lufttryck under ett hus grundlagt på platta på mark eller ett suterränghus orsakar en inströmning av uteluft in under huset. Detta skulle kunna föranleda tjälskjutning vid tjälbenägen mark.

F.07.11

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Friliggande enplanshus med källarvåning.
Byggnadsår	1960.
Husläge	Området klassificeras som normalriskmark. Morän.
Byggnads-material	Bärande väggar i källarvåningen består av stenbaserade byggnadsmaterial. I övrigt trä. Fasadbeklädnad av tegel. Gammastrålningen är inte förhöjd.

Radon- och luftväxlingsmätningar

Objekt nr	Radonhalter Bq/m^3 Före Åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000	Luftväxling oms/h Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
F.07.11	1520	800	300	650	50	250	0.49	0.36		0.42

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas av radon från marken.

Radonsanering

En första radonsanering gjordes 1989 och bestod i att en enklare anordning för mekanisk till- och frånluftsventilation installerades. Värmeåtervinning erhölls genom fläkthusets utformning. Detta innebar dock att systemet gav en relativt stor mängd återluft. Anläggningen gav inte en önskvärd reduktion av radonhalten. Aggregatet utbyttes därför till ett med ett nummer större fläkt. Det kan varvtalsregleras med hjälp av en tyristor.

Dessutom har man tätat vid en inspektionslucka i källargolv och kompletterat källarytterväggarna utvändigt med kapillärbrytande skivor.

Den förhöjda radonhalten 1994 föranledde fastighetsägaren att komplettera med en typ av radonsug. För att sänka lufttrycket i marken under huset sugs luft från dräneringsledningarna. Även radonsugen kan varvtalsregleras.

Kommentar

Radonhalten har förändrats relativt kraftigt mellan de olika kontrollmätningarna. En del av ökningen mellan 1991 och 1994 års mätningar beror på ett lägre varvtal på ventilationsfläktarna 1994. Sänkningen från 1994 till 1997 har åstadkommits genom installation av radonsugen.

Den femfaldiga ökningen från 1997 till 2000 kan enligt fastighetsägaren ha två orsaker. Den ena orsaken är att två spolrör kan ha stått öppna en del av mättiden, varvid radonsugen inte har förmått sänka lufttrycket i marken under huset. (Spolrör är rör som i ena änden är kopplat till dräneringsröret nere i marken, den andra änden befinner sig ovan markytan). Rören hålls som regel öppna under sommarhalvåret. Den andra orsaken kan även här vara olika varvtal på aktuell fläkt.

F.07.12

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Friliggande enplanshus med källarvåning.
Byggnadsår	1978.
Husläge	Området klassificeras som normalriskmark. Morän.
Byggnads-material	Väggar i källarvåningen består av stenbaserade byggnadsmaterial. I övrigt trä. Gammastrålningen är inte förhöjd.

Radonmätningar

Objekt nr	Radonhalter Bq/m^3 Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
F.07.12	1080	900	420	450	350	330

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas av radon från marken.

Radonsanering

Radonsanerande åtgärder utfördes 1988 och bestod i att ett mekaniskt till- och frånluftssystem med värmeåtervinning (FTX-system) installerades. Fläktarna kopplades över en varvtalsregulator med fyra effektlägen.

För att sänka lufttrycket i marken under huset installerades 1990 även en radonsug. Denna har en sugpunkt centralt i huset. Radonsugen har inte försetts med någon effektväljare.

Kommentar

Ventilationsanläggningen kördes vid kontrollmätningarna 1991 och 1994 på effektläge 3, vid de två senaste mätningarna på effektläge 2. Trots detta har radonhalten sjunkit med ca 100 Bq/m^3 mellan 1994 och 1997. Detta kan delvis bero på att en murad plattvägg mellan den jordgolvsförsedda matkällaren och intilliggande hobbyrum har tätats före kontrollmätningen 1997.

Trots installation av såväl FTX-system som radonsug har det inte varit tillfyllest för att sänka radonhalten till en önskvärd nivå i detta hus.

B1.8 Installation av mekaniskt frånluftssystem och radonsug

N.08.01

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Friliggande 1½-planshus med källarvåning under större delen av huset, krypgrund under resterande del.
Byggnadsår	1921. Tillbyggt 1978.
Husläge	Området klassificeras som högriskområde. Huset är beläget på sluttningen av en rullstensås.
Byggnads-material	Stenbaserade byggnadsmaterial i källarvåning. Trä i bottenvåningen. Ingen förhöjd gammastrålning i byggnaden.

Radon- och luftväxlingsmätningar

Objekt nr	Radonhalter Bq/m^3						Luftväxling oms/h			
	Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
N.08.01	1290	180	230	150	180	130	0.64	--	1.16	--

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas av radon från marken.

Radonsanering

Huset radonsanerades 1986 genom att ett mekaniskt frånluftssystem (F-system) installerades. Fläkten, som är på 1000 W, är tyristorreglerad. En kanal drogs också från marken under huset till frånluftsfläkten enligt principen för radonsug. Dessutom anslöts till fläkten en frånluftskanal från krypgrunden.

Kommentar

Den vidtagna saneringsåtgärden har varit effektiv trots att det måste anses vara två åtgärder som motverkar varandra. F-systemet sänker lufttrycket i huset, vilket innebär att mera luft sugs in i det. Om den procentuella mängden jordluft i tilluften inte förändras sjunker radonhalten i huset endast marginellt trots att luftväxlingen ökar.

Radonsugen sänker lufttrycket i marken. För att en god effekt skall uppnås på radonhalten inomhus erfordras att lufttrycket i marken blir lägre än lufttrycket alldeles ovanför bjälklaget.

Samtliga kontrollmätningar visar att radonhalten i huset är relativt stabil och strax under gränsvärdet för nybyggnad.

B1.9 Installation av radonsug

G.09.01

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Friliggande 1¾-planshus med källarvåning.
Byggnadsår	1927.
Husläge	Området klassificeras som normalriskområde.
Byggnads-material	Väggar i källarvåningen består av stenbaserade byggnadsmaterial. I övrigt trä. Gammastrålningen är inte förhöjd.
Ventilation	Självdragsventilation.

Radonmätningar

Objekt nr	Radonhalter Bq/m^3 Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
G.09.01	1928	120	180	200	120	80

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas av radon från marken.

Radonsanering

Byggnaden radonsanerades 1989 genom att en radonsug inmonterades. Radonsugen har ett sugställe beläget relativt centralt i huset. Fläkten är placerad inomhus. Den är tyristorreglerad och körs normalt med tyristorn inställd i ”mittenläge”.

Kommentar

Den utförda saneringen har givit ett gott resultat. Radonhalten ligger under gränsvärdet för nyproduktion under hela kontrolltiden.

G.09.02

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Friliggande enplanshus med suterrängvåning.
Byggnadsår	1965.
Husläge	Området klassificeras som högriskområde. Huset ligger på sluttningen av en rullstensås.
Byggnads-material	Väggar i suterrängvåningen består av stenbaserade byggnadsmaterial. I övrigt trä. Fasadbeklädnad av tegel. Gammastrålningen är inte förhöjd.
Ventilation	Självdragsventilation.

Radonmätningar

Objekt Nr	Radonhalter Bq/m^3 Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
G.09.02	3500	124	140	130	160	90

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas av radon från marken.

Radonsanering

Byggnaden radonsanerades 1984 genom att en radonsug inmonterades. Radonsugen har ett sugställe beläget i husets bakre del. Fläkten är placerad inomhus. Den är tyristorreglerad, men körs alltid på högsta varvtal.

Kommentar

Den utförda saneringen har givit ett gott resultat. Radonhalten ligger på en relativt stabil nivå under gränsvärdet för nyproduktion under hela kontrolltiden.

G.09.03

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Friliggande 1½-planshus med källarvåning.
Byggnadsår	1963.
Husläge	Området klassificeras som högriskområde. Rullstensås.
Byggnads-material	Väggar i källarvåningen består av stenbaserade byggnadsmaterial. I övrigt trä. Fasadbeklädnad av tegel. Gammastrålningen är inte förhöjd.
Ventilation	Självdragsventilation.

Radonmätningar

Objekt nr	Radonhalter Bq/m^3 Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
G.09.03	900	184	82	30	--	70

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas av radon från marken.

Radonsanering

Byggnaden radonsanerades 1988 genom att en radonsug inmonterades. Radonsugen har ett sugställe. Fläkten är placerad inomhus.

Utöver installation av radonsug har man utfört viss tätning mot mark samt installerat ett uteluftsdon i köket.

Kommentar

Den utförda saneringen har givit ett mycket gott resultat. Radonhalten ligger på en relativt stabil och mycket låg nivå under hela kontrolltiden.

S.09.04

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Friliggande 1¾-planshus med källarvåning.
Byggnadsår	1912.
Husläge	Området klassificeras som högriskområde. Rullstensås.
Byggnads-material	Väggar i källarvåningen består av stenbaserade byggnadsmaterial. I övrigt trä. Gammastrålningen är inte förhöjd.
Ventilation	Självdragsventilation.

Radonmätningar

Objekt nr	Radonhalter Bq/m^3 Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
S.09.04	1562	96	160	120	170	140

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas av radon från marken.

Radonsanering

Byggnaden radonsanerades 1989 genom att en radonsug inmonterades. Radonsugen har ett sugställe. Fläkten är placerad inomhus. Den är tyristorreglerad, men körs alltid på samma varvtal.

Kommentar

Den utförda saneringen har givit ett gott resultat. Radonhalten har legat på en stabil nivå under gränsvärdet för nyproduktion under hela kontrolltiden.

S.09.05

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Friliggande tvåvåningshus med källarvåning.
Byggnadsår	1936.
Husläge	Området klassificeras som högriskområde. Rullstensås.
Byggnads-material	Ytterväggar i samtliga våningar består av tegel, bjälklag över källarvåning av betong. I övrigt trä. Fasadbeklädnad av kalksandsten. Gammastrålningen är inte förhöjd.
Ventilation	Självdragsventilation.

Radonmätningar

Objekt nr	Radonhalter Bq/m^3 Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
S.09.05	1132	48	180	210	360	330

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas till största delen av radon från marken och till en liten del av radon från byggnadsmaterialet.

Radonsanering

Byggnaden radonsanerades 1987 genom att en radonsug med en 99 W fläkt inmonterades. Radonsugen har ett sugställe. Fläkten är placerad inomhus. Den kan inte varvtalsregleras utöver av och på lägen.

Kommentar

Det är en markant skillnad i radonhalter 1991 och 1994 (180 respektive 210 Bq/m^3) å ena sidan samt 1997 och 2000 (360 respektive 330 Bq/m^3) å den andra. Fastighetsägaren har inte gjort eller låtit utföra något som kan förklara denna uppgång i radonhalten.

S.09.06

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Friliggande 1½-planshus med källarvåning.
Byggnadsår	1900.
Husläge	Området klassificeras som högrisko mråde. Rullstensås.
Byggnads-material	Väggar i källarvåningen består av stenbaserade byggnadsmaterial. I övrigt trä. Gammastrålningen är inte förhöjd.
Ventilation	Självdragsventilation.

Radonmätningar

Objekt nr	Radonhalter Bq/m^3 Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
S.09.06	1100	222	180	210	310	50

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas av radon från marken.

Radonsanering

Byggnaden radonsanerades 1989 genom att en radonsug inmonterades. Radonsugen har ett sugställe beläget relativt centralt i huset. Fläkten är placerad inomhus. Den kan inte varvtalsregleras utöver av och på lägen.

Kommentar

Fastighetsägaren har inte gjort eller låtit göra något som kan förklara ökningen i radonhalt från 1994 till 1997 eller den drastiska sänkningen vid kontrollmätningen 2000. Någon förklaring till de relativt stora skillnaderna i radonhalt mellan de olika kontrollmätningarna finns därför inte.

F.09.07

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Friliggande enplanshus med källarvåning.
Byggnadsår	1968.
Husläge	Området klassificeras som normalriskmark. Morän.
Byggnads-material	Ytterväggar i källarvåningen består av alunskiffer-baserad lättbetong, innerväggar och bjälklag över källarvåning av sten/betong. I övrigt trä. Fasadbekläd-nad av kalksandsten. Gammastrålningen från lätt-betongen är 0.25-0.30 µSv/h.
Ventilation	Självdragsventilation.

Radonmätningar

Objekt nr	Radonhalter Bq/m^3 Före Åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
F.09.07	1000	160	180	180	360	310

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas till största delen av radon från marken och till en liten del av radon från byggnadsmaterialet.

Radonsanering

Byggnaden radonsanerades 1989 genom att en radonsug med en 94 W fläkt inmonterades. Radonsugen har ett sugställe beläget relativt centralt i huset. Fläkten är placerad inomhus. Den kan inte varvtalsregleras ut-över av och på lägen.

Kommentar

Ökningen i radonhalt 1997 har troligen två olika orsaker. Den ena är att radonhalterna 1991 och 1994 endast mättes i bottenvåningen trots att det finns en källarvåning. Vid 1997 års mätning placerades en detektor i gillestugan i källarplanet och den andra i ett tidigare mätt sovrum i bottenplanet. Ökningen i sovrummet är från 172 Bq/m^3 1994 till 290 Bq/m^3 1997, alltså en ökning med 68 % i förhållande till den totala ökningen på 100 %. Den andra orsaken är att huset stått obebott under närmare halva mättiden 1997.

Kontrollmätningen 2000 gjordes i samma rum som 1997 års mätning. Radonhalten i gillestugan var 380 Bq/m^3 mot 420 Bq/m^3 vid mätningen 1997. I sovrummet i bottenvåningen var radonhalten 230 Bq/m^3 år 2000. Även under mättiden 2000 var huset obebott under cirka en av de tre mätmånaderna.

Den till synes kraftiga ökningen i radonhalt mellan 1994 och 1997 är alltså till stor del av mätteknisk natur. Resterande ökning kan bero på att huset inte har ventilerats på ett normalt sätt under delar av mättiden.

F.09.08

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Friliggande 1½-planshus med källarvåning under cirka halva huset, krypgrund under resterande del.
Byggnadsår	1953.
Husläge	Området klassificeras som normalriskmark. Morän.
Byggnads-material	Väggar i källarvåningen består av stenbaserade byggnadsmaterial. I övrigt trä. Fasadbeklädnad av kalksandsten. Gammastrålningen är inte förhöjd.
Ventilation	Självdragsventilation.

Radonmätningar

Objekt nr	Radonhalter Bq/m^3 Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
F.09.08	1080	220	140	140	100	90

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas av radon från marken.

Radonsanering

Byggnaden radonsanerades 1981 genom att en radonsug med en 94 W fläkt inmonterades. Radonsugen har ett sugställe beläget i husets bakre del. Fläkten är placerad inomhus. Den är tyristorreglerad och körs normalt med tyristorn inställd på cirka 30 %.

Kommentar

Den utförda saneringen har givit ett gott resultat. Radonhalten har legat på en stabil nivå under gränsvärdet för nyproduktion under hela kontrolltiden.

F.09.09

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Friliggande enplanshus med källarvåning.
Byggnadsår	1972.
Husläge	Området klassificeras som högriskmark. Rullstensås.
Byggnads-material	Väggar i källarvåningen består av alunskifferbaserad lättbetong. I övrigt trä. Fasadbeklädnad av kalksandsten. Gammastrålningen från lättbetongen är 0.30-0.60 µSv/h.
Ventilation	Mekanisk till- och frånluftsventilation med värme-återvinning (FTX-system).

Radonmätningar

Objekt nr	Radonhalter Bq/m^3 Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
F.09.09	980	180	99	180	210	150

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas till större delen av radon från marken och till en mindre del av radon från byggnadsmaterialet.

Radonsanering

Byggnaden radonsanerades 1989 genom att en radonsug inmonterades. Radonsugen har ett sugställe beläget relativt centralt i huset. Fläkten är placerad inomhus. Den är tyristorreglerad och körs normalt med tyristorn inställd på cirka 30 %.

Kommentar

Den utförda saneringen har givit ett gott resultat. Radonhalten har legat på en relativt stabil nivå under eller nära gränsvärdet för nyproduktion under hela kontrolltiden.

F.09.10

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Friliggande enplanshus med suterrängvåning.
Byggnadsår	1970.
Husläge	Området klassificeras som normalriskmark. Morän.
Byggnads-material	Väggar i suterrängvåningen består av stenbaserade byggnadsmaterial, några innerväggar av alunskiffer-baserad lättbetong. I övrigt trä. Gammastrålningen från lättbetongen är 0.18-0.22 µSv/h.
Ventilation	Mekanisk frånluftsventilation (F-system).

Radonmätningar

Objekt nr	Radonhalter Bq/m^3 Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
F.09.10	840	<100	67	70	110	90

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas till största delen av radon från marken och till en liten del av radon från byggnadsmaterialet.

Radonsanering

Byggnaden radonsanerades 1989 genom att en radonsug inmonterades. Radonsugen har ett sugställe beläget i husets bakre del. Fläkten är placerad inomhus. Den är tyristorreglerad och körs normalt på lågt varvtal.

Kommentar

Den utförda saneringen har givit ett mycket gott resultat. Radonhalten ligger på en relativt stabil och mycket låg nivå under hela kontrolltiden.

N.09.12

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Friliggande tvåplanshus med källarvåning.
Byggnadsår	1936.
Husläge	Området klassificeras som högriskområde. Huset är beläget relativt högt upp på en rullstensås.
Byggnads-material	Väggar i källarvåningen består av stenbaserade byggnadsmaterial. I övrigt trä. Fasadbeklädnad av kalksandsten. Gammastrålningen är inte förhöjd.
Ventilation	Självdragsventilation.

Radonmätningar

Objekt Nr	Radonhalter Bq/m^3 Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
N.09.12	1080	120	160	160	300	180

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas av radon från marken.

Radonsanering

Byggnaden radonsanerades 1990 genom att en radonsug med en 80 W fläkt inmonterades. Radonsugen har ett sugställe beläget relativt centralt i huset. Fläkten är placerad inomhus. Den kan inte varvtalsregleras mer än av/på.

Kommentar

Radonhalterna har varit ungefär desamma vid samtliga kontrollmätningar utom 1997, då den var nästan dubbelt så hög. Enligt fastighetsägaren har man bott i huset på samma sätt vid alla mätningarna, t.ex. beträffande vädring. Någon förklaring till det tillfälligt förhöjda radonvärdet kan därför inte finnas i handhavandet av huset. Fastigheten ligger i ett område med ett flertal installerade radonbrunnar. Möjligen skulle variationen i radonhalterna kunna ha orsakats av ändrade varvtal hos fläkten i någon radonbrunn på en grannfastighet.

N.09.13

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Friliggande enplanshus med suterrängvåning.
Byggnadsår	1961.
Husläge	Området klassificeras som högriskområde. Svallsand.
Byggnads-material	Väggar i suterrängvåningen består av alunskifferbaserad lättbetong. Betongbjälklag. I övrigt trä. Fasadbeklädnad av tegel. Gammastrålningen från lättbetongen är 0.75-0.80 µSv/h.
Ventilation	Självdragsventilation.

Radonmätningar

Objekt Nr	Radonhalter Bq/m^3 Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
N.09.13	750	230	160	150	210	190

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas av radon från både marken och från byggnadsmaterialet.

Radonsanering

Byggnaden radonsanerades 1982 genom att en radonsug inmonterades. Radonsugen har ett sugställe beläget i en garderob i husets bakre del. Fläkten är tyristorreglerad och körs normalt med tyristorn inställd på cirka 70 %.

Kommentar

Radonsugen har eliminerat så gott som hela inläckaget av jordluft i huset. Den fortfarande något förhöjda radonhalten orsakas till allra största delen av radon från byggnadsmaterialet.

N.09.14

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Friliggande tvåplanshus med källarvåning.
Byggnadsår	1936.
Husläge	Området klassificeras som normalriskmark, men med kommentar om att förhöjda markradonhalter kan förekomma i områdets närhet.
Byggnads-material	Väggar i samtliga våningar består av stenbaserade byggnadsmaterial, bjälklag över bottenvåning av betong. I övrigt trä. Fasadbeklädnad av puts. Gammastrålningen är inte förhöjd.
Ventilation	Självdragsventilation.

Radonmätningar

Objekt nr	Radonhalter Bq/m^3 Före Åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
N.09.14	1440	80	90	70	110	90

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas av radon från marken.

Radonsanering

Byggnaden radonsanerades 1989 genom att en radonsug med en 75 W fläkt inmonterades. Radonsugen har ett sugställe beläget relativt centralt i huset, se figur B1.5. Fläkten är tyristorreglerad och körs normalt med tyristorn inställd på cirka 30 %.

Figur B1.5 En enkel form av radonsug som fungerar alldeles utmärkt. Fläkten är placerad i den ljudisolerande plåtlådan. Locket är avtaget och står lutande mot träställningen. Avluftsröret utgörs av ett spirorör. Rör inklusive skarvar kräver extra uppmärksamhet på tätheten.

Kommentar

Den utförda saneringen har givit ett mycket gott resultat. Radonhalten ligger på en relativt stabil och mycket låg nivå under hela kontrolltiden.

N.09.15

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Friliggande enplanshus med suterrängvåning.
Byggnadsår	1969.
Husläge	Området klassificeras som högriskområde. Berg, morän.
Byggnads-material	Väggar i båda planen består av alunskifferbaserad lättbetong, bjälklag över suterrängvåning av betong. Fasadbeklädnad av fasadtegel. Gammastrålningen är 0.45-0.80 µSv/h.
Ventilation	Självdragsventilation.

Radonmätningar

Objekt Nr	Radonhalter Bq/m^3 Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
N.09.15	1900	180	140	280	240	320

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas av radon såväl från marken som från byggnadsmaterialet.

Radonsanering

Byggnaden radonsanerades 1981 genom att en radonsug med en 94 W fläkt inmonterades. Radonsugen har ett sugställe beläget i husets bakre del (källardel). Fläkten är placerad inomhus. Den är tyristorreglerad och körs normalt med tyristorn inställd på cirka 30 %.

Efter mätning av radonhalten utfördes följande åtgärder för att ytterligare sänka halten:

- Lucka i golv mot mark tätades
- Delar av tätningslister i fönster avlägsnades trots att huset är rikligt försett med uteluftsdon.

Kommentar

Den ursprungliga, förhöjda radonhalten orsakades av radon såväl från marken som från byggnadsmaterialet. Installationen av radonsug tillsammans med tätning av golvlucka tycks ha eliminerat radonbidraget från marken.

Samtliga väggar i huset består av alunskifferbaserad lättbetong. Radon från byggnadsmaterialet har orsakat de halter som uppmätts efter åtgärd och vid kontrollmätningarna. Variationerna beror på skillnader i luft-växling i det självdragsventilerade huset. Under mätningen 2000 var huset exempelvis obebott under större delen av perioden.

Ytterligare beskrivning av huset, radonsaneringen och utförda radonmätningar finns i (Clavensjö, 1997).

N.09.16

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Friliggande enplanshus med källarvåning.
Byggnadsår	1947. Tillbyggt 1986.
Husläge	Området klassificeras som normalriskområde. Tunt lager lera på svallsand.
Byggnads-material	Väggar i källarvåningen består av stenbaserade byggnadsmaterial. I övrigt trä. Gammastrålningen är inte förhöjd.
Ventilation	Självdragsventilation.

Radonmätningar

Objekt nr	Radonhalter Bq/m^3 Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
N.09.16	3570	60	260	300	280	170

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas av radon från marken.

Radonsanering

Huset radonsanerades i huvudsak genom att en radonsug av egen konstruktion monterades in 1986. Radonsugen består av en 40 W fläkt som suger luft från marken i fyra punkter under huset. Sugpunkten under pannrum utgörs av ett cirka 3 m djupt hål, som borrats ner i marken. Hålets diameter är 30-40 mm. Radonsugens varvtal går inte att reglera.

I ett rum i källarvåningen ventileras utrymmet mellan övergolv och betongplatta. Rumsluft släpps ner i golvet utmed ena väggen och sugs bort från golvspalten vid motstående vägg med hjälp av en fläkt.

Rörgenomföringar i källargolvets betongplatta har tätats mot inträngande jordluft.

Kommentar

Radonsaneringen tycks enligt radondottermätningen efter åtgärd ha varit lyckosam, men ett närmare studium av siffrorna visar på ett litet tillskott av radon som kommer in från marken.

Under kontrollmätningarna har utetemperaturen åtminstone tidvis varit betydligt lägre än vid WLM-mätningen 1986. Den termiska stigkraften i inneluften skapar därvid ett lägre lufttryck över källargolvet, vilket resulterar i att små mängder jordluft sugs in och höjer radonhalten i huset.

De vid kontrollmätningarna 1991, 1994 och 1997 uppmätta radonhalterna är så gott som lika. Den lilla skillnaden kan bero på mätonoggrannheten hos mätmetoden, men kan också vara en faktisk skillnad p.g.a. variationer i temperaturskillnaden inne–ute.

Radonsugen klarar inte av att sänka lufttrycket i marken tillräckligt mycket under hela den erforderliga ytan av huset. Vid låga utetemperaturer sugs därför små mängder jordluft in i byggnaden.

Ytterligare beskrivning av huset, radonsaneringen och utförda radonmätningar finns i (Clavensjö, 1997).

U.09.17

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Friliggande enplanshus med suterrängvåning.
Byggnadsår	1969.
Husläge	Området klassificeras som normalriskområde. Morän.
Byggnads-material	Bärande väggar i suterrängvåningen består av alun-skifferbaserad lättbetong. I övrigt trä. Fasadbeklädnad av tegel. Gammastrålningen från lättbetongen 0.40-0.75 µSv/h.
Ventilation	Självdragsventilation.

Radonmätningar

Objekt Nr	Radonhalter Bq/m^3 Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
U.09.17	660[14]	300	1000	1090	--	1080

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas till större delen av radon från marken och till en mindre del av radon från byggnadsmaterialet och i någon mån av radon från hushållsvattnet.

Radonsanering

Huset ingick i början av 1980-talet i ett forskningsprojekt vars syfte var att undersöka markens inverkan på radonhalten inomhus i ett antal småhus med konstaterade höga radonhalter. Eftersom radon från marken bedömdes vara den främsta orsaken till den förhöjda radonhalten i inomhusluften installerades 1983 en radonsug. Den har en 36 W kanalfläkt. Varvtalet kan regleras med en tyristorregulator. Radonsugen har endast en sugpunkt och den är placerad ca 0.8 m innanför den bakre grundmuren.

Normalt körs fläkten i radonsugen på full effekt utom vid kyla då tyristorn vrids ner till ett mittenläge. Vid kontrollmätningen 1991 var dock tyristorn ställd i mittenläget under hela mättiden. Under 1994 års kontrollmätning kördes fläkten på full effekt utan reducering vid kyla. Skillnaden i sugkraft mellan de båda inställningarna är dock minimal, ungefär 10-15 Pa.

Vid besiktning av byggnaden i januari 1994 upptäcktes otätheter med inläckande jordluft vid tröskel till tvättstugan samt genom spricka i yttergrundmur i tvättstugan.

Kommentar

Före sanering uppmättes vid en korttidsmätning radonhalten till 2 680 Bq/m^3. De i tabellen angivna halterna före och närmast efter installation av radonsugen 1983 mättes med integrerande radonmätare under 13 respektive 14 dagar. Den kvarstående radonhalten orsakades troligen helt av radonavgången från blåbetongen och med ett litet tillskott av radon från hushållsvattnet.

Radonsugen gav vid kontrollmätningen 1991 inte något större luftflöde trots ett undertryck i sugkanalen på 160-170 Pa relativt matkällaren, som den är placerad i. Detta kan tyda på att en viss igensättning av grus-lagret närmast sugstället kan ha skett.

[14] Medelvärde för en mätning under 13 dagar. Vid en korttidsmätning uppmättes radonhalten till 2 680 Bq/m^3.

Ytterligare beskrivning av huset, radonsaneringen och utförda radonmätningar finns i (Clavensjö, 1997).

U.09.18

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Friliggande enplanshus med källarvåning.
Byggnadsår	1961.
Husläge	Området klassificeras som högriskområde. Huset är beläget på nedre delen av en rullstensås.
Byggnads-material	Väggar i båda planen består av stenbaserade byggnadsmaterial. I övrigt trä. Gammastrålningen är inte förhöjd.
Ventilation	Självdragsventilation.

Radonmätningar

Objekt nr	Radonhalter Bq/m^3 Före Åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
U.09.18	2860	400	300	340	190	220

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas av radon från marken.

Radonsanering

Byggnaden radonsanerades 1983 genom att en radonsug med en 36 W fläkt inmonterades. Radonsugen har ett sugställe beläget relativt centralt i huset. Fläkten är placerad inomhus. Den kan inte varvtalsregleras.

Kommentar

Radonhalterna 1991 och 1994 var i stort sett lika (300 respektive 340 Bq/m^3). Även radonhalterna 1997 och 2000 var sinsemellan lika, men cirka 35 % lägre. Vad som har orsakat denna sänkning har inte kunnat fastställas eftersom fastighetsägaren inte har utfört något ytterligare saneringsarbete. Möjligen kan en justering av avluftskanalens läge mellan fläkten och ytterväggen ha påverkat tätheten i skarvarna och därmed minskat ett eventuellt läckage av jordluft inne i garaget. Detta är byggt i direktkontakt med bostadshuset och med en innerdörr emellan. Ett visst luftläckage från garaget till bostadshuset kan därför inte uteslutas.

U.09.19

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Friliggande enplanshus med suterrängvåning.
Byggnadsår	1972.
Husläge	Området klassificeras som högriskområde.
Byggnads-material	Väggar i suterrängvåningen består av alunskifferbaserad lättbetong. I övrigt trä. Gammastrålningen från lättbetongen är 0.50-0.55 µSv/h.
Ventilation	Mekanisk frånluftsventilation (F-system).

Radonmätningar

Objekt nr	Radonhalter Bq/m^3 Före Åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
U.09.19	2020	140	1540	470	400	400

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas till större delen av radon från marken och till en mindre del av radon från byggnadsmaterialet.

Radonsanering

Huset radonsanerades 1984 genom att en radonsug av konventionell typ installerades. Radonsugen har fyra sugställen för sänkning av lufttrycket under betonggolvet. Fläkten är placerad inomhus. Den är tyristorreglerad och varvtalsregleras efter årstiden.

Kommentar

Radonmätningen närmast efter radonsaneringen är en WLM-mätning 1985. Den har utförts under 23 timmar i ett enda rum i bottenvåningen. Något utrymme i suterrängvåningen mättes således inte vid detta tillfälle. Den uppmätta radondotterhaltens medelvärde var 70 Bq/m^3 och den maximala halten 99 Bq/m^3. Detta kan inte helt orsakas av radon från blåbetongen i undervåningen, utan tyder på att även då fläkten körs på full hastighet kommer en mindre mängd jordluft upp i huset. Utetemperaturen under mättiden var som lägst -4^0 och högst +2^0, alltså en ganska normal temperatur för eldningssäsongen.

Vid kontrollmätningen 1991 kördes fläkten med ett mycket lågt varvtal. Vid mätningen 1994 var den däremot inställd på näst intill högsta hastighet. Tyvärr har det inte gått att fastställa vilket varvtal fläkten var inställd på under 1985 års radondottermätning (efter åtgärd), men troligen var det maximal hastighet. Den då uppmätta radondotterhalten och det faktum att det var första mätningen efter en enligt fastighetsägaren dyr installation tyder på detta.

Inför 1997 års kontrollmätning hade radonsugens fläkt bytts ut. Den nya fläkten kan inte varvtalsregleras.

Orsakerna till de vid kontrollmätningen 1991 kraftigt förhöjda radonhalterna är i första hand det låga varvtalet på radonsugens fläkt vid denna mätning. Det värde som angetts på radondotterhalten efter åtgärd är också en aning missvisande. Detta beror på att mätningen endast skett i bottenvåningen och inte i suterrängvåningen. Vidare har F-faktorn 0.5 använts för omräkning till radonhalt, vilket ger en för låg radonhalt.

Vid kontrollmätningen 1994 kördes radonsugens fläkt på nästan högsta varvtalet. Radonhalterna blev då endast cirka en tredjedel av 1991 års värden och inte så mycket högre än vid 1985 års radondottermätning, ifall omräkning sker med F = 0.3.

Skillnader i varvtal på radonsugens fläkt vid de olika radonmätningarna är alltså den största orsaken till variationerna i radonhalterna.

Ytterligare beskrivning av huset, radonsaneringen och utförda radonmätningar finns i (Clavensjö, 1997).

B1.10 Installation av radonbrunn

G.10.01

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Friliggande enplanshus med suterrängvåning.
Byggnadsår	1979.
Husläge	Området klassificeras som högriskområde. Rullstensås.
Byggnads-material	Väggar i båda planen samt i bjälklag över suterrängvåningen består av lättbetong. I övrigt trä. Fasadbeklädnad av tegel. Gammastrålningen är inte förhöjd.
Ventilation	Mekanisk till- och frånluftsventilation med värmeåtervinning (FTX-system).

Radonmätningar

Objekt nr	Radonhalter Bq/m^3 Före Åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
G.10.01	702	38	58		50	30

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas av radon från marken.

Radonsanering

Huset radonsanerades 1989 genom att en radonbrunn monterades i marken utanför huset.

Kommentar

Den utförda saneringen har givit ett mycket gott resultat. Radonhalten ligger på en relativt stabil och mycket låg nivå under hela kontrolltiden.

G.10.02

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Friliggande större 1½-planshus med källarvåning under del av huset, krypgrund under resterande del.
Byggnadsår	Okänt.
Husläge	Området klassificeras som högriskområde. Huset är beläget på toppen av en rullstensås.
Byggnads-material	Väggar i källarvåningen består av stenbaserade byggnadsmaterial. I övrigt trä. Gammastrålningen är inte förhöjd.
Ventilation	Mekanisk till- och frånluftsventilation med värmeåtervinning (FTX-system).

Radonmätningar

Objekt nr	Radonhalter Bq/m^3 Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
G.10.02	2600	80	511	320	300	160

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas av radon från marken.

Radonsanering

Ett första försök att radonsanera byggnaden gjordes 1983 då ett mekaniskt till- och frånluftssystem (FTX-system) installerades. Fläktarna har en märkeffekt på 150 W. Varvtalet kan med hjälp av transformator regleras i 3 steg utöver 0-läget. Resultatet blev att radonhalten i stort sett halverades i huset.

I samband med en ombyggnad av huset 1988 monterades två radonbrunnar i marken utanför byggnaden. Båda brunnarna är placerade relativt nära varandra på samma sida om huset. Brunnarna är 400 mm i diameter och har varvtalsreglerade fläktar medelst transformator med 5 effektlägen.

Kommentar

Vid ombyggnaden drogs nya rör för bland annat vatten och avlopp till delar av byggnaden. Man kan förmoda att grundkonstruktionen mot marken därmed fick ytterligare otätheter. Genom att ventilationsanläggningens och de nytillkomna radonbrunnarnas fläktar kördes på högsta varvtal var radonhalten låg vid de korttidsmätningar som utfördes ”efter åtgärd”. Men mätningarna visar också att det läckte upp en del radonhaltig jordluft i huset.

Under kontrollmätningen 1991 användes effektläge 2 för såväl ventilationsanläggningen som för radonbrunnarna. Dessa gav vid denna fläkthastighet en ytterst begränsad effekt på lufttrycket i marken, framförallt vid den bortre delen av huset räknat från brunnarna.

Under de senare kontrollmätningarna har ventilationsanläggningen körts på högsta effekt, medan läge 4, det näst högsta, användes för radonbrunnarna 1994 och 1997. Vid den senaste radonmätningen (2000) kördes även radonbrunnarnas fläktar på högsta hastighet.

Sammanfattningsvis kan sägas att ventilationsanläggningen och de båda radonbrunnarna har körts med olika fläkthastigheter vid de olika radonmätningarna. Radonbrunnarna förmår inte skapa ett tillräckligt lågt luft-

tryck i marken för att förhindra inläckage av jordluft i huset vid extremt låga utetemperaturer, främst i den del av huset som ligger längst bort från radonbrunnarna.

Ytterligare beskrivning av huset, radonsaneringen och utförda radonmätningar finns i (Clavensjö, 1997).

S.10.03

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Friliggande större 1½-planshus med källarvåning.
Byggnadsår	1891.
Husläge	Området klassificeras som högriskområde. Rullstensås.
Byggnads-material	Väggar i källarvåningen består av stenbaserade byggnadsmaterial. I övrigt trä. Gammastrålningen är inte förhöjd.
Ventilation	Självdragsventilation.

Radonmätningar

Objekt Nr	Radonhalter Bq/m^3 Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
S.10.03	698	74	42	30	70	30

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas av radon från marken.

Radonsanering

Huset radonsanerades 1989 genom att en radonbrunn monterades i marken utanför huset.

Kommentar

Den utförda saneringen har givit ett mycket gott resultat. Radonhalten ligger på en stabil och mycket låg nivå under hela kontrolltiden.

S.10.04

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Friliggande tvåvåningshus med källarvåning.
Byggnadsår	1968.
Husläge	Området klassificeras som högriskområde. Rullstensås.
Byggnadsmaterial	Väggar i samtliga plan består av stenbaserade byggnadsmaterial. Bjälklag över källar- och bottenvåning av betong. I övrigt trä. Gammastrålningen är inte förhöjd.
Ventilation	Självdragsventilation.

Radonmätningar

Objekt nr	Radonhalter Bq/m^3 Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
S.10.04	886	70	38	<30	30	90

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas av radon från marken.

Radonsanering

Huset radonsanerades 1989 genom att en radonbrunn monterades i marken utanför huset.

Kommentar

Den utförda saneringen har givit ett mycket gott resultat. Radonhalten ligger på en stabil och mycket låg nivå under hela kontrolltiden.

S.10.05

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Friliggande enplanshus med källarvåning.
Byggnadsår	1970.
Husläge	Området klassificeras som högriskområde. Rullstensås.
Byggnads-material	Väggar i källarvåningen består av stenbaserade byggnadsmaterial. I övrigt trä. Gammastrålningen är inte förhöjd.
Ventilation	Självdragsventilation.

Radonmätningar

Objekt nr	Radonhalter Bq/m^3 Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
S.10.05	3164	106	55	40	50	390

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas av radon från marken.

Radonsanering

Huset radonsanerades 1989 genom att en radonbrunn monterades i marken utanför huset.

Kommentar

Den utförda saneringen har givit ett mycket gott resultat. Radonhalten ligger på en relativt stabil och mycket låg nivå under hela kontrolltiden med undantag av mätresultatet från kontrollmätningen 2000. Enligt fastighetsägaren kan denna höjning bero på att radonbrunnens fläkt stått stilla en del av mättiden. Strömbrytaren för fläkten har placerats i en grupp med strömbrytare inne i huset, bl.a. en brytare för belysningen i vardagsrummet. Av misstag kan någon ha stängt av fläkten. Detta har hänt vid några tillfällen, men det är inte säkerställt att så har skett under mättiden 2000.

S.10.06

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Friliggande tvåvåningshus med källarvåning.
Byggnadsår	1936.
Husläge	Området klassificeras som högriskområde. Rullstensås.
Byggnads-material	Väggar i källarvåningen består av stenbaserade byggnadsmaterial. I övrigt trä. Gammastrålningen är inte förhöjd.
Ventilation	Självdragsventilation.

Radonmätningar

Objekt nr	Radonhalter Bq/m^3 Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
S.10.06	880	234	90	50	330	140

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas av radon från marken.

Radonsanering

Huset radonsanerades 1986 genom att en för flera fastigheter gemensam radonbrunn installerades cirka 60 m från bostadshuset S.10.06.

Kommentar

På grund av en mindre lyckad placering av brunnen med inläckande ytvatten vid snösmältning flyttades fläkten från brunnen till andra änden av avluftsröret någon gång mellan radonmätningarna 1994 och 1997. Detta kan möjligen indirekt vara orsaken till den förhöjda radonhalten vid kontrollmätningen 1997.

S.10.07

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Friliggande enplanshus med källarvåning.
Byggnadsår	1945.
Husläge	Området klassificeras som högriskområde. Rullstensås.
Byggnads-material	Väggar i källarvåningen består av stenbaserade byggnadsmaterial. I övrigt trä. Gammastrålningen är inte förhöjd.
Ventilation	Självdragsventilation.

Radonmätningar

Objekt Nr	Radonhalter Bq/m^3 Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
S.10.07	2434	116	94	80	160	540

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas av radon från marken.

Radonsanering

Huset radonsanerades 1989 genom att en radonbrunn monterades i marken utanför huset.

Kommentar

Den utförda saneringen har givit ett mycket gott resultat. Radonhalten ligger på en relativt stabil och mycket låg nivå under hela kontrolltiden utom vid den senaste kontrollmätningen.

Fastighetsägaren har under senare år byggt om och till bostadshuset. Bland annat har avluftskanalen från radonbrunnen flyttats och mynnar idag cirka 0.5 m över markytan och 2.5 från fasaderna inne i en husvinkel. Vidare har en jordvärmepump installerats. Vid schaktning för denna inkräktade man på återfyllningen för radonbrunnen, varvid omkring 1 m^2 av plastfolien, som skall förhindra att radonbrunnen suger luft från markytan, avlägsnades.

Radon kan möjligen komma in i huset från radonbrunnens utblås. Men mera troligt är att markarbetena i brunnens närhet har påverkat dess effekt på lufttrycket i jordmassan under bostadshuset.

S.10.09

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Friliggande 1–1½-hus med suterrängvåning.
Byggnadsår	1938.
Husläge	Området klassificeras som högriskområde. Rullstensås.
Byggnads-material	Väggar i källarvåningen består av stenbaserade byggnadsmaterial. I övrigt trä. Gammastrålningen är inte förhöjd.
Ventilation	Självdragsventilation.

Radonmätningar

Objekt Nr	Radonhalter Bq/m^3 Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
S.10.09	1118	20	47	70	150	50

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas av radon från marken.

Radonsanering

Huset radonsanerades 1989 genom att en radonbrunn monterades i marken utanför huset.

Kommentar

Den utförda saneringen har givit ett mycket gott resultat. Radonhalten ligger på en relativt stabil och mycket låg nivå under hela kontrolltiden.

F.10.10

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Friliggande 1½-planshus med källarvåning.
Byggnadsår	1968.
Husläge	Området klassificeras som normalriskområde. Morän.
Byggnads-material	Väggar i suterrängvåningen består av stenbaserade byggnadsmaterial. I övrigt trä. Fasadbeklädnad av kalksandsten. Gammastrålningen är inte förhöjd.
Ventilation	Självdragsventilation.

Radonmätningar

Objekt Nr	Radonhalter Bq/m^3 Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
F.10.10	2400	60	180	470	120	80

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas av radon från marken.

Radonsanering

Radonsaneringen utfördes 1988 och bestod i att en radonbrunn monterades i marken utanför huset. Brunnen är försedd med en 146 W fläkt som varvtalsregleras med hjälp av en femstegs transformator.

Kommentar

Radonbrunnens fläkt kördes enligt fastighetsägaren på högsta hastighet vid mätningen närmast efter åtgärd. Vid kontrollmätningen 1991 användes läge 2 eller möjligen läge 3. Under kontrollmätningen 1994 kördes fläkten på den lägsta hastigheten, dvs. läge 1. Därefter återgick man till ett något högre varvtal. Variationerna i de uppmätta radonhalterna stämmer väl med de använda varvtalen vid respektive mätning.

Ytterligare beskrivning av huset, radonsaneringen och utförda radonmätningar finns i (Clavensjö, 1997).

N.10.11

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Friliggande 1½-planshus med källarvåning.
Byggnadsår	1938.
Husläge	Området klassificeras som högriskområde. Rullstensås.
Byggnads-material	Väggar i suterrängvåningen består av stenbaserade byggnadsmaterial. I övrigt trä. Reveterade fasader. Gammastrålningen är inte förhöjd.
Ventilation	Självdragsventilation.

Radonmätningar

Objekt nr	Radonhalter Bq/m^3 Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
N.10.11	1240	350	140	140	80	140

Radonkällor
Den förhöjda radonhalten orsakas av radon från marken.

Radonsanering
Huset radonsanerades 1989 genom att en radonbrunn monterades i marken utanför huset.

Kommentar

Den utförda saneringen har givit ett mycket gott resultat. Radonhalten ligger på en relativt stabil och mycket låg nivå under hela kontrolltiden.

N.10.12

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Friliggande 1–1½-hus med suterrängvåning. Ursprungliga delen är i 1½ plan.
Byggnadsår	1923. Tillbyggt 1978.
Husläge	Området klassificeras som högriskområde. Rullstensås.
Byggnads-material	Väggar i källarvåningen består av stenbaserade byggnadsmaterial. I övrigt trä. Gammastrålningen är inte förhöjd.
Ventilation	Självdragsventilation.

Ursprunglig byggnad

Tillbyggnad

Radonmätningar

Objekt nr	Radonhalter Bq/m^3 Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
N.10.12	1960	60	25	<30	40	30

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas av radon från marken.

Radonsanering

Huset radonsanerades 1989 genom att en radonbrunn monterades i marken utanför huset.

Kommentar

Den utförda saneringen har givit ett mycket gott resultat. Radonhalten ligger på en relativt stabil och mycket låg nivå under hela kontrolltiden.

N.10.13

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Friliggande 1½-planshus med källarvåning.
Byggnadsår	1923.
Husläge	Området klassificeras som högriskområde. Rullstensås.
Byggnads-material	Väggar i källarvåningen består av stenbaserade byggnadsmaterial. I övrigt trä. Gammastrålningen är inte förhöjd.
Ventilation	Mekanisk frånluftsventilation i källarvåning. Självdragsventilation i bostadsvåningar.

Radonmätningar

Objekt nr	Radonhalter Bq/m^3 Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
N.10.13	7990	100[15]	2160	1180	710	770

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas av radon från marken.

Radonsanering

Ett första försök till radonsanering utfördes 1983. Det bestod i att öka luftväxlingen i källarvåningen med hjälp av en mindre fläkt, som monterades i tvättstugans yttergrundmur. Fläkten suger luft från tvättstugan och blåser ut den i det fria.

Under 1987 lagades ett antal sprickor i källargolvet och hela golvet i källarvåningen ytbehandlades med golvlackfärg.

En radonbrunn av konventionell typ monterades i slutet av 1988 i marken utanför byggnaden. Avluftsröret drogs upp på fasaden och mynnar strax under takfot, dock inte i närheten av fönster eller uteluftsdon. För att öka sugkraften och därmed sänka lufttrycket i marken ytterligare byttes fläkten ut i mars 1989. Den nya fläkten har en märkeffekt på 192 W. Den kan varvtalsregleras i 5 steg. Vid kontrollmätningen 1991 var fläkten inställd på läge 4 och vid de tre senare kontrollmätningarna på läge 5.

Under 1991 byttes frånluftsfläktarna i badrum och WC ut mot nya med märkeffekt 28 W. Dessutom monterades ett par uteluftsdon i källarvåningen och delar av tätningslister i fönstren togs bort. Frånluftsfläktarna körs kontinuerligt.

Kommentar

Byggnaden har ett för markradon extremt utsatt läge högst upp på grusåsen. Huset är tre våningar högt inklusive källarvåningen, vilket skapar ett relativt lågt lufttryck alldeles ovanför källargolvet, när det är kallt ute. På grund av den stora nivåskillnaden mellan markytorna på åsens övre och nedre delar skapas även termiska stigkrafter i jordluften då utetemperaturen sjunker under jordluftens temperatur. Detta bidrar ytterligare till att jordluft pressas upp mot husets undersida och förstärker tryckdifferensen över källargolv och

[15] Redovisad ”Radonhalt efter åtgärd” vid val av hus. Efter det första saneringsförsöket har dock ett flertal radonmätningar utförts med mycket varierande resultat.

yttergrundmurar. En tredje faktor som påverkar tryckskillnaden i samma riktning är bruket av ett antal mindre fläktar, som suger ut luft från huset.

Den första saneringsåtgärden var att installera en frånluftsfläkt i tvättstugan. Denna ökar visserligen luftväxlingen i källarvåningen men sänker också lufttrycket, varför mera jordluft sugs in i huset. Troligen öppnades befintliga uteluftsdon i samband med fläktmontaget så att mera luft kom in utifrån och andelen jordluft i tilluften sjönk. I varje fall så sjönk radonhalten från drygt 7 500 Bq/m^3 till 440 Bq/m^3 (F = 0.4). Vid de följande WLM-mätningarna var radonhalterna mellan 2 000 - 4 100 Bq/m^3.

Tätning av sprickor i och ytbehandling av hela källargolvet påverkade knappast radonhalten. Inte ens installation av en radonbrunn gjorde det. Först efter byte av fläkten i radonbrunnen mot en med större sugförmåga halverades ungefärligen radonhalten. Vid en ny korttidsmätning i november 1989 var radonhalten plötsligt bara en tiondel av senast uppmätta halter. Detta trots att inga radonpåverkande åtgärder vidtagits mellan dessa två mätningar. Det har tyvärr inte gått att fastställa varvtalet hos radonbrunnens fläkt vid de båda mätningarna, men med tanke på tidigare uppmätta höga radonhalter är det troligt att fläkten kördes på högsta effekt vid båda mätningarna.

Vid kontrollmätningen 1991, drygt ett år efter det att den exceptionellt låga radonhalten erhölls, uppmättes 2 150 Bq/m^3. Detta orsakades till viss del av att radonbrunnens fläkt kördes på effektläge 4. Vid de senare kontrollmätningarna har fläkten körts på högsta varvtal.

Vid besiktning av huset alldeles före starten av kontrollmätningen 1994 upptäcktes ett par golvbrunnar i pannrum och garage, vilka inte var inkopplade på avloppssystemet. Avloppsrören från brunnarna var försedda med vattenlås, men mynnade därefter direkt i marken. Vid besiktningen saknades vatten i vattenlåsen. Det var således öppen förbindelse mellan marken och inneluften. Vidare upptäcktes otätheter med inläckande jordluft bakom källartrappan och vid vattenservisledningens genomföring i källargolvet.

Trots att utetemperaturen var betydligt lägre periodvis under kontrollmätningen 1994 än under 1991 var radonhalten drygt hälften så hög 1994 som 1991. Anledningarna till denna sänkning bör vara dels den högre hastigheten hos radonbrunnens fläkt, dels påfyllningen av vatten i golvbrunnarna.

Radonhalten i huset är mycket labil beroende på husets läge och förekomsten av fläktar som motverkar varandra. Radonmätningar under kort tid har gjorts vid mer än 10 tillfällen. Vid ett av dessa har en mycket låg radondotterhalt uppmätts och använts som redovisat resultat av radonsaneringen. Detta värde är inte representativt för huset efter radonsanering.

Ytterligare beskrivning av huset, radonsaneringen och utförda radonmätningar finns i (Clavensjö, 1997).

N.10.14

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Friliggande 1½-planshus med källarvåning.
Byggnadsår	1923.
Husläge	Området klassificeras som högriskområde. Rullstensås.
Byggnads-material	Väggar i källarvåningen består av stenbaserade byggnadsmaterial. I övrigt trä. Reveterade fasader. Gammastrålningen är inte förhöjd.
Ventilation	Självdragsventilation.

Radonmätningar

Objekt Nr	Radonhalter Bq/m³ Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
N.10.14	1560	220	860	540	640	920

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas av radon från marken.

Radonsanering

För att öka luftväxlingen och därmed sänka radonhalten efter den första radonmätningen, som utfördes 1985, tog man bort en bit av tätningslisterna i sovrumsfönstren i bottenvåningen och övervåningen.

Under 1989 installerades en radonbrunn i marken utanför huset. Radonbrunnen är 400 cm djup och 40 cm i diameter. Fläkten är på 200 W effekt. Den kan varvtalsregleras i 5 steg med hjälp av en effektväljare. Enligt uppgift är den alltid inställd på läge 3.

Kommentar

Huset är beläget relativt högt upp i sluttningen på en grusås. Vid besiktning av byggnaden efter det att radonsaneringen hade utförts upptäcktes en mängd mindre otätheter i källargolvet där jordluft strömmade in.

Den angivna radonhalten ”Efter åtgärd” baseras på en radondottermätning utförd under 64 timmar i slutet av oktober 1989. Skillnaden mellan radonhalter i källarvåning respektive bottenvåning är 40 Bq/m³.

Vid kontrollmätningen 1991 var radonhaltens medelvärde nästan fyra gånger så hög som vid mätning ”Efter åtgärd”, om resultatet vid denna räknas om med F-faktorn 0.5. Det märkliga är dock att radonhalten i bottenvåningen endast var dubbelt så hög, medan den i suterrängvåningen var 5.4 gånger högre.

Kontrollmätningarna 1994 och 1997 gav radonhalter som var 30-40 % lägre än vid 1991 års mätning. Minskningen var ungefär densamma i båda våningsplanen. Vid kontrollmätningen 2000 uppmättes radonhalter i paritet med 1991 års värden.

Radonbrunnens fläkt har hela tiden körts på effektläge 3, varför variationerna i radonhalter inte kan orsakas av olika varvtal på denna fläkt. Även i övrigt har förhållandena i huset i stort sett varit desamma vid de olika mätningarna. Variationerna måste därför bero på att yttre förhållanden som vind och temperatur får stor inverkan på radonhalten vid framförallt korttidsmätningarna.

Sammanfattningsvis kan sägas att radonbrunnen inte förmår att, med den fläkthastighet som använts, skapa erforderligt undertryck i marken under huset. Från tid till tid kan därför jordluft transporteras upp och in i huset.

Ytterligare beskrivning av huset, radonsaneringen och utförda radonmätningar finns i (Clavensjö, 1997).

U.10.15

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Friliggande 1½-planshus med källarvåning.
Byggnadsår	Okänt. Tillbyggt 1970.
Husläge	Området klassificeras som högriskområde. Rullstensås.
Byggnads-material	Väggar i källarvåningen består av stenbaserade byggnadsmaterial. I övrigt trä. Gammastrålningen är inte förhöjd.
Ventilation	Självdragsventilation.

Radonmätningar

Objekt Nr	Radonhalter Bq/m^3 Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
U.10.15	1880	40	580	180	--	90

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas av radon från marken

Radonsanering

Ett första försök att radonsanera byggnaden gjordes 1987 och bestod i att dörren mellan källarvåningen och bottenvåningen försågs med tätningslister. För att ytterligare sänka radonhalten i byggnaden monterades 1988 en radonbrunn i marken utanför huset. Radonbrunnen har en axialfläkt på 140 W effekt och en transformator med 5 effektlägen, utöver stopp, för reglering av varvtalet.

Kommentar

Vid mätning av radonhalten efter saneringen användes läge 4 på varvtalsregulatorn. Eftersom resultatet blev så lyckat sänktes fläktens hastighet till motsvarande effektläge 1 eller möjligen 2. Vid de senare kontrollmätningarna har transformatorn varit inställd på läge 5. De varierande radonhalterna är således helt ett resultat av olika fläkthastigheter.

Ytterligare beskrivning av huset, radonsaneringen och utförda radonmätningar finns i (Clavensjö, 1997).

G.10.16

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Friliggande enplanshus med källarvåning.
Byggnadsår	1962.
Husläge	Området klassificeras som högriskområde. Rullstensås.
Byggnads-material	Väggar i källarvåningen består av stenbaserade byggnadsmaterial. I övrigt trä. Gammastrålningen är inte förhöjd.
Ventilation	Självdragsventilation.

Radonmätningar

Objekt nr	Radonhalter Bq/m^3 Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
G.10.16	3170	290			180	170

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas av radon från marken.

Radonsanering

Huset radonsanerades 1989 genom att en radonbrunn monterades i marken 45–57 meter från huset.

Kommentar

Detta är ett av två nya hus som medtagits p.g.a. ett visst bortfall av objekt i projektet. Därför kan inte några radonhalter redovisas för 1991 och 1994. De båda husen sanerades i ett tidigare BFR-projekt och var de första som åtgärdats enligt radonbrunnsprincipen. Omfattande mätningar av radonhalter och radondotterhalter utfördes före och under ett par års tid efter saneringen inom ramen för forskningsprojektet. Resultatet av åtgärden är fortfarande mycket gott.

G.10.17

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Friliggande enplanshus med källarvåning.
Byggnadsår	1962
Husläge	Området klassificeras som högriskområde. Rullstensås.
Byggnads-material	Väggar i källarvåningen består av stenbaserade byggnadsmaterial. I övrigt trä. Gammastrålningen är inte förhöjd.
Ventilation	Självdragsventilation

Radonmätningar

Objekt Nr	Radonhalter Bq/m^3 Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
G.10.17	3840	80			60	60

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas av radon från marken.

Radonsanering

Huset radonsanerades 1989 genom att en radonbrunn monterades i marken utanför huset.

Kommentar

Detta är ett av två nya hus som medtagits p.g.a. ett visst bortfall av objekt i projektet. Därför kan inte några radonhalter redovisas för 1991 och 1994. De båda husen sanerades i ett tidigare BFR-projekt och var de första som åtgärdats enligt radonbrunnsprincipen. Omfattande mätningar av radonhalter och radondotterhalter utfördes före och under ett par års tid efter saneringen inom ramen för forskningsprojektet. Resultatet av åtgärden är fortfarande mycket gott.

B1.11 Förbättrad självdragsventilation

G.11.01

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Radhus i 1½ plan med källarvåning.
Byggnadsår	1951.
Husläge	Området klassificeras som normalriskområde.
Byggnads-material	Källarväggar och bjälklag består av betong. Väggar i våningsplanen av alunskifferbaserad lättbetong. Gammastrålningen från lättbetongen är 0.20-0.35 µSv/h.
Ventilation	Självdragsventilation.

Radon- och luftväxlingsmätningar

Objekt Nr	Radonhalter Bq/m^3 Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000	Luftväxling oms/h Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
G.11.01	760	172	160	200	200	180	0.70	1.09	0.69	0.64

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas till större delen av radon från marken och till en mindre del av radon från byggnadsmaterialet.

Radonsanering

Huset radonsanerades 1988 genom att delar av tätningslister i överkant på fönstren avlägsnades.

Kommentar

Genom denna enkla och billiga åtgärd har radonhalten sänkts till en nivå motsvarande gränsvärdet för nyproduktion.

Huset utgör en ytterdel i en radhuslänga. Källarplanet är avskild med dörr från övriga delen av huset. Källarvåningen är i sin tur uppdelad i två avdelningar. Dessa åtskiljs med en dörr som alltid hålls stängd. Någon radonmätning har inte utförts i källarvåningen i enlighet med SSI:s metodbeskrivning. Mätning av luftväxling har endast berört den del av källaren som står i förbindelse med bottenvåningen.

I figur B1.6 presenteras de uppmätta luftflödena i huset under samma tid som radonmätningen utfördes 1997. Frånluftskanal från källarplanet saknas, vilket förklarar att hela frånluftsmängden härifrån passerade genom bottenvåningen. Luftväxlingen har beräknats till 0.48 oms/h i berörd del av källaren samt 0.69 oms/h i genomsnitt i de båda andra våningarna.

Figur B1.6. Schematisk bild över luftflöden i objekt G.11.01. Siffrorna i figuren visar luftmängder i m^3/h. Siffror inom ram anger den totalt omsatta luftmängden på respektive våningsplan. 203 m^3/h gäller dock den sammanlagda omsättningen i de båda våningsplanen.

G.11.02

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Radhus i 1½ plan med källarvåning.
Byggnadsår	1950.
Husläge	Området klassificeras som normalriskområde.
Byggnads-material	Källarväggar och bjälklag består av betong. Väggar i våningsplanen av alunskifferbaserad lättbetong. Gammastrålningen från lättbetongen är 0.28-0.30 µSv/h.
Ventilation	Självdragsventilation.

Radon- och luftväxlingsmätningar

Objekt nr	Radonhalter Bq/m^3						Luftväxling oms/h			
	Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
G.11.02	720	88	100	90	80	70	0.66	0.48	0.95	0.76

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas till större delen av radon från marken och till en mindre del av radon från byggnadsmaterialet.

Radonsanering

Huset radonsanerades 1988 genom att delar av tätningslister i överkant på fönstren avlägsnades.

Kommentar

Genom denna enkla och billiga åtgärd har radonhalten sänkts till en mycket låg och jämn nivå.

Huset utgör en ytterdel i en radhuslänga. Källarplanet är avskild med dörr från övriga delen av huset. Källarvåningen är i sin tur uppdelad i två avdelningar. Dessa åtskiljs med en dörr som alltid hålls stängd. Någon radonmätning har inte utförts i källarvåningen i enlighet med SSI:s metodbeskrivning. Mätning av luftväxling har endast berört den del av källaren som står i förbindelse med bottenvåningen.

I figur B1.7 presenteras de uppmätta luftflödena i huset under samma tid som radonmätningen utfördes 1997. Huset är snarlikt G.11.01 vad hustyp och i viss mån planslösning beträffar. Här finns dock frånluftskanaler från källarplanet. Luftväxlingen har varit kraftig i hela huset med 0.95 oms/h i genomsnitt i bostadsplanen och 1.26 oms/h i berörd källardel.

Figur B1.7. Schematisk bild över luftflöden i objekt G.11.02. Siffrorna i figuren visar luftmängder i m^3/h. Siffror inom ram anger den totalt omsatta luftmängden på respektive våningsplan. 370 m^3/h gäller dock den sammanlagda omsättningen i de båda våningsplanen.

G.11.03

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Friliggande 1½-planshus med källarvåning.
Byggnadsår	1951.
Husläge	Området klassificeras som högriskområde. Rullstensås.
Byggnads-material	Väggar i källarvåningen består av stenbaserade byggnadsmaterial. I övrigt trä. Gammastrålningen är inte förhöjd.
Ventilation	Självdragsventilation.

Radonmätningar

Objekt nr	Radonhalter Bq/m^3 Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
G.11.03	2574	320	420	280	680	590

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas av radon från marken.

Radonsanering

Radonsaneringsarbetet 1983 inskränkte sig till att man öppnade stängda frånluftsdon i bostadsrummen och i badrummet. Under 1987 tätades lucka i källargolv för rensning av avlopp samt rörgenomföringen vid inkommande elservisledning. Dessutom öppnades stängda uteluftsdon i källarvåningen.

Kommentar

Huset hade vid första radonmätningen (1982) en mycket dåligt fungerande självdragsventilation eftersom flera av de befintliga frånlufts- och uteluftsdonen var stängda. Genom att endast öppna frånluftsdonen sjönk radonhalten till cirka hälften, trots att mätningen 1983 gjordes vid en betydligt lägre utetemperatur än den första mätningen. En lägre utetemperatur bidrar annars till att radonhalten ökar i inomhusluften p.g.a. att lufttrycksdifferensen över källargolvet ökar och mera jordluft sugs in. Under 1987 tätades några läckställen i källargolvet.

Radonhalterna har vid de fyra kontrollmätningarna varierat med 240 %. Eftersom det fortfarande finns möjlighet för jordluft att ta sig in i huset är det de yttre förhållandena, såsom temperatur och vind, samt vädring som bestämmer radonhalten i inomhusluften.

Ytterligare beskrivning av huset, radonsaneringen och utförda radonmätningar finns i (Clavensjö, 1997).

G.11.04

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Radhus i 2 plan plus källarvåning.
Byggnadsår	1964.
Husläge	Området klassificeras som normalriskområde.
Byggnads-material	Källarväggar och bjälklag består av betong. Väggar i våningsplanen av alunskifferbaserad lättbetong. Gammastrålningen från lättbetongen är 0.28-0.60 µSv/h.
Ventilation	Självdragsventilation.

Radon- och luftväxlingsmätningar

Objekt nr	Radonhalter Bq/m^3						Luftväxling oms/h			
	Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
G.11.04	660	100	160	160	240	220	0.47	0.41	0.41	0.37

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas av radon såväl från marken som från byggnadsmaterialet.

Radonsanering

Huset radonsanerades 1989 genom att stängda uteluftsdon öppnades.

Kommentar

Huset utgör en ytterdel i en radhuslänga. Källarplanet är avskild med dörr från övriga delen av huset. Någon radonmätning har inte utförts i källarvåningen i enlighet med SSI:s metodbeskrivning.

Genom denna enkla och billiga åtgärd har radonhalten sänkts till en nivå motsvarande gränsvärdet för ny-produktion.

I figur B1.8 presenteras de uppmätta luftflödena i huset under samma tid som radonmätningen utfördes 1997. Luftväxlingen var låg i källarplanet endast 0.12 oms/h.

Figur B1.8. Schematisk bild över luftflöden i objekt G.11.04. Siffrorna i figuren visar luftmängder i m^3/h. Siffror inom ram anger den totalt omsatta luftmängden på respektive våningsplan. 108 m^3/h gäller dock den sammanlagda omsättningen i de båda våningsplanen.

G.11.05

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Friliggande 1½-planshus med källarvåning.
Byggnadsår	1951.
Husläge	Området klassificeras som normalriskområde.
Byggnads-material	Källarväggar består av betong. Väggar i våningsplanen samt bjälklag består av alunskifferbaserad lättbetong. Gammastrålningen från lättbetongen är 0.25-0.35 µSv/h.
Ventilation	Självdragsventilation.

Radon- och luftväxlingsmätningar

Objekt nr	Radonhalter Bq/m^3						Luftväxling oms/h			
	Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
G.11.05	920	164	200	160	200	180	0.77	0.91	0.81	0.57

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas till större delen av radon från marken och till en mindre del av radon från byggnadsmaterialet.

Radonsanering

Huset radonsanerades 1982 genom att uteluftsdon monterades i överkant fönstersnickerier i tvättstuga i källarvåningen samt i samtliga rum och i de båda våningsplanen.

Kommentar

Källarplanet är avskild med dörr från övriga delen av huset. Någon radonmätning har inte utförts i källarvåningen i enlighet med SSI:s metodbeskrivning.

Genom denna enkla och billiga åtgärd har radonhalten sänkts till en nivå motsvarande gränsvärdet för nyproduktion.

I figur B1.9 presenteras de uppmätta luftflödena i huset under samma tid som radonmätningen utfördes 1997. Hus G.11.05 är ett relativt stort hus med fritt läge i ett mindre villaområde. Luftväxlingen var stor i hela huset med 1.77 oms/h i källarplanet och 0.91 oms/h i genomsnitt i de båda andra våningarna. Detta stämmer väl överens med förhållandena vid 1994 års mätning. Luftutbytet mellan källar- och bottenvåning var mycket stort. Inte mindre än 83 m^3/h gick från källaren till bottenvåningen medan 25 m^3/h gick det motsatta hållet.

Figur B1.9. Schematisk bild över luftflöden i objekt G.11.05. Siffrorna i figuren visar luftmängder i m^3/h. Siffror inom ram anger den totalt omsatta luftmängden på respektive våningsplan. 184 m^3/h gäller dock den sammanlagda omsättningen i de båda våningsplanen.

F.11.06

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Friliggande enplanshus med källarvåning.
Byggnadsår	1962.
Husläge	Området klassificeras som normalriskområde. Morän.
Byggnads-material	Väggar i källarvåningen består av stenbaserade byggnadsmaterial. I övrigt trä. Fasadbeklädnad av tegel. Gammastrålningen är inte förhöjd.
Ventilation	Självdragsventilation.

Radon- och luftväxlingsmätningar

Objekt nr	Radonhalter Bq/m^3						Luftväxling oms/h			
	Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
F.11.06	920	100	160	100	130	130	0.14	0.14	0.32	--

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas av radon från marken.

Radonsanering
Huset radonsanerades 1988 genom att stängda uteluftsdon öppnades.

Kommentar

Källarplanet är avskild med dörr från övriga delen av huset. Någon radonmätning har inte utförts i källarvåningen i enlighet med SSI:s metodbeskrivning.

Genom denna enkla och billiga åtgärd har radonhalten sänkts till en nivå under gränsvärdet för nyproduktion.

N.11.07

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Radhus i 2 plan utan källarvåning.
Byggnadsår	1958.
Husläge	Området klassificeras som normalrisko område. Berg, morän.
Byggnads-material	Väggar i båda planen består av alunskifferbaserad lättbetong. Gammastrålningen från lättbetongen 0.35-0.43 µSv/h.
Ventilation	Självdragsventilation.

Radon- och luftväxlingsmätningar

Objekt Nr	Radonhalter Bq/m^3						Luftväxling oms/h			
	Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
N.11.07	400	110	100	140	90	90	0.75	0.63	0.83	0.39

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas till allra största delen av radon från byggnadsmaterialet.

Radonsanering

Huset radonsanerades 1988 genom att tätningslister runt samtliga fönster avlägsnades. Dessutom vädras huset betydligt mera än tidigare.

Kommentar

Genom denna enkla åtgärd har radonhalten sänkts till en nivå under gränsvärdet för nyproduktion.

N.11.08

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Friliggande enplanshus med källarvåning.
Byggnadsår	1956. Tillbyggt 1972.
Husläge	Området klassificeras som normalriskområde. Morän.
Byggnads-material	Väggar i tillbyggnadens källardel består av alunskiffer-baserad lättbetong, i övriga källardelen av sten. I övrigt trä. Fasadbeklädnad av tegel. Gammastrålningen från lättbetongen 0.70-0.77 µSv/h.
Ventilation	Självdragsventilation

Radon- och luftväxlingsmätningar

Objekt Nr	Radonhalter Bq/m^3 Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000	Luftväxling oms/h Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
N.11.08	600	180	140	210	290	220	0.41	0.32	0.32	0.49

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas till större delen av radon från marken och till en mindre del av radon från byggnadsmaterialet.

Radonsanering

Huset radonsanerades 1985 genom att tätningslister i tillbyggnadens källarfönster avlägsnades. Dessutom inmonterades två nya uteluftsdon i den äldre källardelen.

Kommentar

Tillbyggnadens källarvåning, som endast består av ett rum, är avskilt från den övriga källaren genom ett mellanliggande garage. Källarvåningen är i sin tur avskild från bostadsplanet med en dörr. Rummet saknar ventilation. Fönstren sitter i en och samma yttervägg. Därför har avlägsnandet av tätningslister i fönstren inte nämnvärt påverkat luftväxlingen och därmed inte heller radonhalten i detta rum. Denna har endast mätts vid kontrollmätningen 1997, då den var 900 Bq/m^3.

I ovanstående tabell är endast radonhalter som mätts i bostadsplanet medtagna. De två inmonterade uteluftsdonen i den äldre källardelen har bidragit till att luftväxlingen har ökat något. Detta innebär att en något mindre mängd, procentuellt sett, sugs in och radonhalten sjunker. Den ligger vid kontrollmätningarna runt gränsvärdet för nybyggnation, men med variationer på över 100 %.

I figur B1.10 presenteras de uppmätta luftflödena i huset under samma tid som radonmätningen utfördes 1997.

Figur B1.10. Schematisk bild över luftflöden i objekt G.11.08. Siffrorna i figuren visar luftmängder i m^3/h. Siffror inom ram anger den totalt omsatta luftmängden på respektive våningsplan.

N.11.09

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Friliggande enplanshus med suterrängvåning.
Byggnadsår	1945.
Husläge	
Byggnads-material	Samtliga väggar består av alunskifferbaserad lätt-betong, bjälklag av betong. Gammastrålningen från lättbetongen 0.28-0.32 µSv/h.
Ventilation	Självdragsventilation.

Radon- och luftväxlingsmätningar

Objekt nr	Radonhalter Bq/m^3 Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000	Luftväxling oms/h Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
N.11.09	560	60	200				0.39			

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas till större delen av radon från marken och till en mindre del av radon från byggnadsmaterialet.

Radonsanering

För att få in mera uteluft och därmed öka luftväxlingen i huset borrades 1987 hål upp i överkant på samtliga fönstersnickerier i suterrängvåningen samt i fyra fönstersnickerier i bottenvåningen.

Kommentar

Radonmätning ”Efter åtgärd” är en korttidsmätning av radondotterhalten. Den utfördes under 47 timmar i början av februari 1986. Radondotterhalten har omräknats till radonhalt med användande av F-faktorn 0.5.

Under kontrollmätningen 1991 har huset varit obebott under cirka halva mättiden.

Radonmätningar har enligt fastighetsägarens önskan inte utförts 1994, 1997 och 2000.

N.11.10

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Friliggande 1½-planshus med källarvåning.
Byggnadsår	1930.
Husläge	Området klassificeras som högriskområde. Grovmo.
Byggnads-material	Väggar i källarvåningen består av stenbaserade byggnadsmaterial. I övrigt trä. Reveterade fasader. Gammastrålningen är inte förhöjd.
Ventilation	Självdragsventilation

Radon- och luftväxlingsmätningar

Objekt Nr	Radonhalter Bq/m^3 Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000	Luftväxling oms/h Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
N.11.10	1720	260	1380	610	670	220	0.46	0.48	--	--

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas av radon från marken.

Radonsanering

Saneringsåtgärden 1985 bestod endast av att ca 10 cm tätningslist avlägsnades från överkant på de flesta fönstren i bottenvåningen och övervåningen.

Under hösten 1993 inmonterades en radonsug med ett sugställe. Fläktens data är 12 V och 900 mA. Den kan inte varvtalsregleras. Avluftskanalen placerades i ett befintligt ventilationshål i källarytterväggen.

Mellan kontrollmätningarna 1997 och 2000 har fastighetsägaren justerat dräneringen och vattentätningen utmed husets ena långsida p.g.a. vattenskada. Dräneringsslangen anslöts till en dagvattenbrunn i vilken en fläkt placerades för utsugning av jordluft.

Kommentar

Den första radonsaneringen var mycket enkel, endast borttagning av delar av tätningslister i fönster. Radonmätningen, som utfördes närmast efter saneringen, gjordes under en mycket kall period, ner till drygt -20^0 C. Tryckskillnaden över källargolvet var då relativt stor och mer radonhaltig jordluft än normalt måste ha sugits in. Trots detta var den uppmätta radondotterhalten förhållandevis låg, i genomsnitt 130 Bq/m^3 och blott drygt 40 Bq/m^3 i ett av rummen. Mättiden var emellertid endast 23 timmar för de båda rummen tillsammans.

Under ungefär halva tiden för kontrollmätningen 1991 var huset obebott. Detta har troligen i icke ringa omfattning bidragit till höjningen av radonhalten vid mätningen jämfört med 1987 års mätning.

Före kontrollmätningen 1994 installerades en mindre radonsug i källaren. Huset har under denna tid varit bebott i normal omfattning. Att effekten av radonsugen inte har blivit bättre beror till viss del på att det fanns otätheter i källargolvet i närheten av radonsugens sugställe.

Sänkningen i radonhalt vid mätningen 2000 är en följd av den lufttryckssänkning som åstadkommes i marken med hjälp av fläkten som suger luft ur dräneringsledningen.

Sammanfattningsvis kan sägas att den utförda radonsaneringen bidrar till en viss förbättring av luftväxlingen inomhus, men påverkar knappast inläckaget av radonhaltig jordluft. Genom de senare installerade radonsugarna sänks lufttrycket i marken under huset och mängden inläckande jordluft har minskats. Därmed har radonhalten sänkts till acceptabel nivå. Ytterligare sänkning skulle troligen erhållas om det jordgolvsförsedda utrymmet i källarvåningen kompletteras med betonggolv.

Ytterligare beskrivning av huset, radonsaneringen och utförda radonmätningar finns i (Clavensjö, 1997).

N.11.11

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Friliggande enplanshus med källarvåning.
Byggnadsår	1969.
Husläge	Området klassificeras som normalriskområde. Svallsand, morän.
Byggnads-material	Väggar i källarvåningen består av stenbaserade byggnadsmaterial. I övrigt trä. Reveterade fasader. Gammastrålningen är inte förhöjd.
Ventilation	Självdragsventilation

Radon- och luftväxlingsmätningar

Objekt nr	Radonhalter Bq/m^3						Luftväxling oms/h			
	Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
N.11.11	1370	420	800	410	310	310	0.44	--	--	--

Radonkällor
Den förhöjda radonhalten orsakas av radon från marken.

Radonsanering

Den första radonsaneringen, som utfördes 1983, bestod i att åtta befintliga men stängda uteluftsdon i källarvåningen öppnades. Dessutom monterades en ny springventil i ett fönster i ett arbetsrum i källarvåningen. Tätningslister i fönster byttes ut mot nya, tunnare lister.

Under 1992 monterades ytterligare två uteluftsdon i arbetsrum i källarvåningen. För att ännu mera underlätta intaget av uteluft borrade man upp ett antal mindre hål i karmöverstyckena till fönstren i hela källarplanet.

Kommentar

Radonkoncentrationen i huset beror på hur mycket luft som läcker in från sprängstensfyllningen därunder, radonhalten i denna luft samt luftväxlingen inomhus. De utförda åtgärderna förhindrar inte inläckaget, endast minskar den något. Eftersom mera luft kan komma in i husets nedre delar sjunker neutrala lagret en aning, vilket i sin tur minskar tryckskillnaden över källargolvet något litet. Samtidigt späds den inläckande jordluften ut i mera luft som kommer in genom uteluftsdon och andra otätheter ovan mark. Detta ger en lägre radonkoncentration i inomhusluften, men hur mycket lägre den blir är helt avhängigt yttre förhållanden, såsom temperatur, vindriktning och -hastighet.

Vid besiktning av byggnaden 1994 upptäcktes otätheter med inläckande jordluft vid uppreglat golv i arbetsrum, vid genomföring av avloppsstam i hall samt vid dörrkarm till förråd under trappa.

Ytterligare beskrivning av huset, radonsaneringen och utförda radonmätningar finns i (Clavensjö, 1997).

U.11.12

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Friliggande 1½-planshus utan källarvåning.
Byggnadsår	1973.
Husläge	Området klassificeras som högriskområde. Berg.
Byggnads-material	Huset är grundlagt med betongplatta på sprängstens-fyllning. I övrigt trä. Gammastrålningen är inte förhöjd.
Ventilation	Självdragsventilation.

Radonmätningar

Objekt nr	Radonhalter Bq/m^3 Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
U.11.12	760	300	180	250	280	30

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas av radon från marken.

Radonsanering

Huset radonsanerades 1989 enligt den s.k. Karl Magnusson-principen. Denna innebär att luftväxlingen inomhus förstärks genom att ventilationsskorstenen kompletteras med ett inblåsningsskydd bestående av en värmeisolerad huv, som monteras uppe på skorstenen för att förhindra kall luft att rasa ner i frånluftskanalerna, s.k. bakdrag. Luftväxlingen ökas också genom att vinden skapar en form av ejektorverkan i ventilationsskorstenen. I metoden ingår också att uteluftsventiler monteras in i rummen.

Kommentar

Luftväxlingen inomhus har ökat märkbart genom denna förhållandevis enkla åtgärd enligt fastighetsägaren. Detta återspeglas också i sänkningen av radonhalterna. Orsaken till den kraftiga sänkningen 2000 har dock inte gått att bestämma. Fastighetsägaren har inte efter radonsaneringen 1989 utfört något som mera permanent kan sänka radonhalten. Vädringen under mättiden har också varit normal.

En stor del av mättiden 2000 var vädret relativt milt och blåsigt. Eftersom det kompletterade självdragssystemet är känsligt för vindpåverkan kan troligen en stor del av radonhaltens sänkning 2000 förklaras av det blåsiga vädret.

G.11.13

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Friliggande 1½-planshus med källarvåning under ca halva huset, krypgrund under resterande del.
Byggnadsår	1923.
Husläge	Området klassificeras som högriskområde. Huset är beläget på övre delen av en rullstensås.
Byggnads-material	Väggar i källarvåningen består av stenbaserade byggnadsmaterial. I övrigt trä. Gammastrålningen är inte förhöjd.
Ventilation	Självdragsventilation.

Radon- och luftväxlingsmätningar

Objekt nr	Radonhalter Bq/m^3 Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000	Luftväxling oms/h Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
G.11.13	980	342	1360	840	400	650	0.30	0.33	0.40	0.37

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten orsakas av radon från marken.

Radonsanering

Ett försök till radonsanering av byggnaden gjordes 1984 och bestod i att delar av tätningslisterna i fönstren på de båda våningsplanen avlägsnades. Dessutom monterades två ventiler i grundmurarna till torpargrunden för att öka luftväxlingen i detta utrymme. Några år senare monterades uteluftsdon av typen springventiler i två fönster i bottenvåningen och i ett fönster i överplanet. En frånluftsfläkt monterades samtidigt i en ventil i tvättstugans yttergrundmur för att förbättra ventilationen i tvättstugan.

För att ytterligare förbättra intaget av uteluft till huset har man efter kontrollmätningen 1994 monterat in springventiler i de resterande fönstren i bottenvåningen och övervåningen.

Kommentar

Genom husets höjd skapas ett relativt kraftigt undertryck i dess lägsta delar i förhållande till marken vid kallt väder. Dessutom är byggnaden belägen tämligen högt upp på en grusås. Detta innebär att lufttrycket ökar i marken under huset på grund av den termiska stigkraften i jordluften, då den är varmare än uteluften, samt markens luftgenomsläpplighet.

Radonhalten i huset beror på hur mycket jordluft som kommer in i det, radonhalten i denna luft samt luftväxlingen i byggnaden. Man har inte vidtagit någon mera påtaglig åtgärd för att förhindra jordluften att läcka in i huset. Tryckskillnaden över husets bottenkonstruktion påverkas endast marginellt av att delar av tätningslister upptill i fönstren i bottenvåningen tas bort. Något mera uteluft kan komma in varvid luftväxlingen ökar, dock inte i någon större omfattning. Radonhalten i huset bestäms således av yttre förhållanden såsom temperatur och vindbelastning och kan variera kraftigt från tid till tid. Detta vittnar också de utförda radonmätningarnas resultat om.

I figur B1.11 presenteras de uppmätta luftflödena i huset under samma tid som radonmätningen utfördes 1997.

Figur B1.11. Schematisk bild över luftflöden i objekt G.11.13. Siffrorna i figuren visar luftmängder i m^3/h. Siffror inom ram anger den totalt omsatta luftmängden på respektive våningsplan. 132 m^3/h gäller dock den sammanlagda omsättningen i de båda våningsplanen.

Ytterligare beskrivning av huset, radonsaneringen och utförda radonmätningar finns i (Clavensjö, 1997).

B1.12 Installation av mekaniskt frånluftssystem m.m.

G.12.01.F – G.12.07.F

Uppgifter om bostadshuset

Hustyp	Flerbostadshus i två bostadsvåningar samt källarvåning. 2–3 trappuppgångar i varje byggnad.
Byggnadsår	1955.
Husläge	Området klassificeras som högriskområde. Husen är belägna på sluttningen av en rullstensås. Husens inbördes lägen framgår av situationsplan i figur 5.1.
Byggnadsmaterial	Stenbaserade byggnadsmaterial i hela stommen. Ingen förhöjd gammastrålning.
Övrigt	Samtliga radonundersökta bostäder ligger i bottenvåningen i respektive byggnad.

Radon- och luftväxlingsmätningar

Objekt nr	Radonhalter Bq/m^3						Luftväxling oms/h			
	Före åtgärd	Efter åtgärd	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000	Kontrollmätning 1991	1994	1997	2000
G.12.01.F	2436	1352	1740	310	1600	460	0.29	--	0.64	--
G.12.02.F	--	548	500	130	700	170	0.42	--	--	--
G.12.03.F	--	1074	1160	550	1440	150	0.42	0.50	0.44	--
G.12.04.F	710	508	480	340	150	120	0.56	--	--	--
G.12.05.F	450	276	260	160	--	260	0.64	--	--	--
G.12.06.F	246	--	260	<100	510	90	0.53	--	--	--
G.12.07.F	338	--	360	170	740	210	0.34	0.23	0.52	--

Radonkällor

Den förhöjda radonhalten i dessa hus orsakas till allra största delen av radon från marken trots att bostäderna inte har direkt markkontakt.

Radonsanering

Ventilationen i bostäderna förbättrades 1989 genom att det befintliga självdragssystemet konverterades till mekaniskt frånluftssystem med en separat s.k. kryddhyllefläkt i varje bostad och med frånluftsdon i kök och badrum. Uteluftsdon monterades i bostäderna. Dessutom har ventilationen förbättrats i husets källarvåning genom installation av en separat frånluftsfläkt i detta plan. Otätheter vid kulvertintag i källargolv och andra läckor i byggnadsdelar mot mark har likaså tätats.

Efter radonmätningen 1991 installerades en radonbrunn i marken intill G.01.03.F, se figur 5.1.

Kommentar

Radonsituationen i lägenheterna orsakas nästan helt av radon från marken trots att det finns en källarvåning med betongbjälklag mellan marken och bottenvåningen. Den förbättrade ventilationen har sänkt radonhalterna med 30–45 % i de tre lägenheter som mätts såväl före som efter saneringen. Radonhalterna var trots detta allt för höga. Efter installation av radonbrunnen var radonhalterna i samtliga utom en av de kontrollerade lägenheterna under riktvärdet för olägenhet för människors hälsa. I 4 av 7 lägenheter var de under gränsvärdet för nyproduktion.

Vid mätningen 1997 upptäcktes att radonhalterna hade stigit markant i samtliga lägenheter. P.g.a. brister i förvaltningens driftrutiner hade man inte observerat att fläkten i radonbrunnen hade ”skurit” och därför inte fungerade. Vid kontrollmätningen 2000 fungerade åter radonbrunnen. Radonhalterna hade därmed återställts till 1994 års nivå, med ett undantag. I lägenheten G.12.01.F var radonhalten fortfarande litet för hög.

BILAGA 2

Radonhalter i bostäder

B2.1 Installation av mekaniskt frånluftssystem

Figur B2.1 *Från självdragsventilation till mekaniskt frånluftssystem. Radonhalter i objekten G.01.01.F – G.01.06.F.*

Figur B2.2 *Från självdragsventilation till mekaniskt frånluftssystem. Radonhalter i objekten G.01.07 – T.01.12.*

B2.2 Installation av mekaniskt till- och frånluftssystem

Figur B2.3 *Installation av mekaniskt till- och frånluftssystem. Radonhalter i objekten G.02.01 – N.02.09.*

Figur B2.4 *Installation av mekaniskt till- och frånluftssystem. Radonhalter i objekten N.02.10 – T.02.15.*

Figur B2.5 *Installation av mekaniskt till- och frånluftssystem. Radonhalter i objekten T.02.16 – T.02.21.*

B2.3 Åtgärder vidtagna i husets krypgrund

Figur B2.6 *Åtgärder vidtagna i husets krypgrund. Radonhalter i objektet U.03.01.*

B2.4 Tätning av platta mot mark

Figur B2.7 *Tätning av platta mot mark.*
Radonhalter i objekten G.04.01 – U.04.06.

B2.5 Installation av luftkuddesystem

Figur B2.8 *Installation av luftkuddemetoden.*
Radonhalter i objekten N.05.01 – U.05.03.

B2.6 Installation av mekaniskt frånluftssystem samt tätning

Figur B2.9 *Installation av mekaniskt frånluftssystem samt tätning mot mark.*
Radonhalter i objektet G.06.01.F.

B2.7 Installation av mekaniskt till- och frånluftssystem samt radonsug

Figur B2.10 *Installation av mekaniskt till- och frånluftssystem samt radonsug. Radonhalter i objekten N.07.01 – N.07.06.*

Figur B2.11 *Installation av mekaniskt till- och frånluftssystem samt radonsug. Radonhalter i objekten T.07.07 – T.07.12.*

B2.8 Installation av mekaniskt frånluftssystem och radonsug

Figur B2.12 *Installation av mekaniskt frånluftssystem och radonsug. Radonhalter i objektet N.08.01.*

B2.9 Installation av radonsug

Figur B2.13 *Installation av radonsug.*
Radonhalter i objekten G.09.01 – S.09.06.

Figur B2.14 *Installation av radonsug.*
Radonhalter i objekten F.09.07 – N.09.13.

Figur B2.15 *Installation av radonsug.*
Radonhalter i objekten N.09.14 – U.09.19.

B2.10 Installation av radonbrunn

Figur B2.16 *Installation av radonbrunn.*
Radonhalter i objekten G.10.01 – S.10.06.

Figur B2.17 *Installation av radonbrunn.*
Radonhalter i objekten S.10.07 – N.10.13.

Figur B2.18 *Installation av radonbrunn.*
Radonhalter i objekten N.10.14 – G.10.17.

B2.11 Förbättrad självdragsventilation

Figur B2.19 *Förbättrad självdragsventilation.*
Radonhalter i objekten G.11.01 – F.11.06.

Figur B2.20 *Förbättrad självdragsventilation.*
Radonhalter i objekten N.11.07 – G.11.13.

B2.12 Förbättrad självdragsventilation

Figur B2.21 *Förbättrad självdragsventilation.*
Radonhalter i objekten G.12.01.F – G.12.07.F.

SSI-rapporter 2002

SSI reports 2002

2002:01 SAR och utstrålad effekt för 21 mobiltelefoner
Avdelning för miljöövervakning och mätberedskap.
Gert Anger 120 SEK

2002:02 Natural elemental concentrations and fluxes: their use as indicators of repository safety
SKI-rapport 01:51

2002:03 SSI:s granskning av SKB:s FUD-program 2001
Avddelningen för avfall och miljö.
Björn Hedberg, Carl-Magnus Larsson, Anders Wiebert, Björn Dverstorp, Mikael Jensen, Maria Norden, Tomas Löfgren, Erica Brewitz, John-Christer Lindhé och Åsa Pensjö.

2002:04 SSI's review of SKB´s complement of the RD&D programme 1998
Avdelningen för avfall och miljö.
Mikael Jensen, Carl-Magnus Larsson, Anders Wiebert, Tomas Löfgren and Björn Hedberg.

2002:05 Patientdoser från röntgenundersökningar i Sverige – uppföljning av åtgärder
Avdelningen för personal- och patientstrålskydd.
Helene Jönsson och Wolfram Leitz. 60 SEK

2002:06 Strålskyddskonsekvenser vid villaeldning med ^{137}Cs-kontaminerad ved
Avdelning för miljöövervakning och mätberedskap.
Hans Möre och Lynn Hubbard 60 SEK

2002:07 Säkerhets- och strålskyddsläget vid de svenska kärnkraftverken 2001

2002:08 Mammography – recent technical developments and their clinical potential
Avdelningen för personal- och patientstrålskydd.
Bengt Hemdal, Ingvar Andersson, Anne Thilander Klang, Gert Bengtsson, Wolfram Leitz, Nils Bjurstam, Olof Jarlman and Sören Mattsson 80 SEK

2002:09 Personalstrålskydd inom kärnkraftindustrin under 2001
Avdelningen för personal- och patientstrålskydd.
Ansi Gerhardsson, Thommy Godås, Peter Hofvander, Ingemar Lund, Lars Malmqvist, Hanna Ölander Gür 70 SEK

2002:10 Radonåtgärders beständighet
Avdelningen för miljöövervakning och mätberedskap.
Bertil Clavensjö 120 SEK

STATENS STRÅLSKYDDSINSTITUT, SSI, är en central tillsynsmyndighet med uppgift att skydda människor, djur och miljö mot skadlig verkan av strålning. SSI arbetar för en god avvägning mellan risk och nytta med strålning, och för att öka kunskaperna om strålning, så att individens risk begränsas.

SSI sätter gränser för stråldoser till allmänheten och till dem som arbetar med strålning, utfärdar föreskrifter och kontrollerar att de efterlevs, bland annat genom inspektioner. Myndigheten informerar, utbildar och ger råd för att öka kunskaperna om strålning. SSI bedriver också egen forskning och stöder forskning vid universitet och högskolor.

Myndigheten medverkar i det internationella strålskyddssamarbetet. Därigenom bidrar SSI till förbättringar av strålskyddet i främst Baltikum och Ryssland. SSI håller beredskap dygnet runt mot olyckor med strålning. En tidig varning om olyckor fås genom svenska och utländska mätstationer och genom internationella varnings- och informationssystem.

SSI har idag ca 110 anställda och är beläget i Stockholm.

THE SWEDISH RADIATION PROTECTION AUTHORITY (SSI) is a government authority with the task of protecting mankind and the living environment from the harmful effects of radiation. SSI ensures that the risks and benefits inherent to radiation and its use are compared and evaluated, and that knowledge regarding radiation continues to develop, so that the risk to individuals is minimised.

SSI decides the dose limits for the public and for workers exposed to radiation, and issues regulations that, through inspections, it ensures are being followed. SSI provides information, education, and advice, carries out research and administers external research projects.

SSI participates on a national and international level in the field of radiation protection. As a part of that participation, SSI contributes towards improvements in radiation protection standards in the former Soviet states.

SSI is responsible for co-ordinating activities in Sweden should an accident involving radiation occur. Its resources can be called upon at any time of the day or night. If an accident occurs, a special emergency preparedness organisation is activated. Early notification of emergencies is obtained from automatic alarm monitoring stations in Sweden and abroad, and through international and bilateral agreements on early warning and information.

SSI has 110 employees and is situated in Stockholm.

Statens strålskyddsinstitut
Swedish Radiation Protection Authority

Adress: Statens strålskyddsinstitut; S-171 16 Stockholm;
Besöksadress: Karolinska sjukhusets område, Hus Z 5.
Telefon: 08-729 71 00, Fax: 08-729 71 08
Address: Swedish Radiation Protection Authority;
SE-171 16 Stockholm; Sweden
Telephone: + 46 8-729 71 00, Fax: + 46 8-729 71 08
www.ssi.se