

107.15

Anslagsrapport
A1:1997

Orsaker till
att radonhalten ökar
i radonsanerade småhus

Bertil Clavensjö

**Anslagsrapport
A1:1997**

Orsaker till att radonhalten ökar i radonsanerade småhus

Bertil Clavensjö

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslagen 930572-4 från
Byggforskningsrådet och P 788.93 från Statens strålskyddsinstitut till Bjerking
Ingenjörbyrå AB i Uppsala.**

REFERAT

Syftet med projektet har varit att klarlägga orsakerna till att man i många småhus har uppmätt högre radonhalter några år efter radonsanering än närmast efter densamma. I studien ingår 31 småhus med radon från såväl marken som från byggnadsmaterialet. De vanligaste saneringsmetoderna är representerade, t ex förbättring av självdragsventilation, installation av mekaniskt frånluftssystem, till- och frånluftssystem, radonsug, radonbrunn och luftkuddeanläggning samt tätning mot markradon.

Undersökningen visar på en rad olika orsaker till verkliga och i vissa fall skenbara förhöjningar. I de flesta objekten har det varit en kombination av två eller till och med flera anledningar. En orsak till att radonhalten tycks ha ökat har varit att hus med markradon har åtgärdats på ett mindre lämpligt sätt. Om en byggnad med markradon saneras genom att exempelvis ett mekaniskt till- och frånluftssystem installeras, ökas luftväxlingen i huset och radonet späds ut i mera luft. Flödet av radonhaltig jordluft in i huset påverkas däremot inte nämnvärt. Radonhalten kan därför variera inom ganska vida gränser beroende på yttre förhållanden såsom temperatur och vind. Mäter man radonhalten efter saneringen under endast några dagar kan mätningen visserligen ge ett riktigt värde för mättiden, men det behöver inte vara representativt för radonhaltens årsmedelvärde.

Andra anledningar till att radonhalten skenbart har ökat är att omräkning från radon-dotterhalt till radonhalt gjorts med F-faktorn 0.5, vilket var generellt vedtaget före 1994. Radonhalten efter saneringen har därvid underskattats. I några hus har radonet mätts i olika rum efter sanering och vid kontrollmätningarna 1991 och 1994.

Orsaker till att radonhalten verkligen har ökat är dels olika varvtal på fläktar, dels boenderelaterade. I flera hus har man tyckt att resultatet av radonsaneringen blev så bra att man kunde sänka varvtalet på fläkten eller fläktarna. Någon ny radonmätning för att kontrollera följderna av detta har man däremot inte gjort. Ändrade familjeförhållanden och levnadsvanor, t ex folk hemma under dagtid, sova med öppet fönster, vädringsvanor, påverkar luftväxlingen i huset och därmed också radonhalten.

Rapporten riktar sig till dem som arbetar med radonfrågor och till ägare av hus med radonproblem.

I Bygghälsorådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

Denna skrift är tryckt på miljövänligt, obekvat papper.

A1:1997

ISBN 91-540-5774-4
Bygghälsorådet, Stockholm

gotab 18385. Stockholm 1997

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	FÖRORD	5
1	SAMMANFATTNING	7
1.1	Hus och saneringsmetoder	7
1.2	Orsaker till förhöjda radonhalter	8
1.3	Summary	11
2	URVAL AV HUS	17
3	MÄTMETODER	21
3.1	Spårfilm	21
3.2	IRMA	22
3.3	Kol	22
3.4	Momentan filtermetod	23
3.5	Kontinuerligt registrerande radondottermätare	23
3.6	Gammastrålning	23
3.7	Luftväxlingsmätningar	24
4	BESKRIVNING AV RADONÅTGÄRDER	25
4.1	Installation av F-system.	25
4.2	Installation av FTX-system	27
4.3	Tätning av platta mot mark	29
4.4	Installation av luftkuddesystem	29
4.5	Installation av FTX-system samt radonsug	30
4.6	Installation av radonsug	31
4.7	Installation av radonbrunn	33
4.8	Förbättrad självdragsventilation	35
5	UTFÖRDA RADONSANERINGAR	39
5.1	Installation av F-system.	40
5.2	Installation av FTX-system	60
5.3	Tätning av platta mot mark	84
5.4	Installation av luftkuddesystem	90
5.5	Installation av FTX-system samt radonsug	93
5.6	Installation av radonsug	103
5.7	Installation av radonbrunn	116
5.8	Förbättrad självdragsventilation	134
6	ORSAKER TILL FÖRÄNDRINGAR I RADONHALTER	147
6.1	Mindre lämplig saneringsåtgärd	147
6.2	Mättekniska effekter	150
6.3	Boenderelaterade orsaker	151
6.4	Andra orsaker	152

7	FÖRSLAG TILL FORTSATT ARBETE	153
	LITTERATUR	155
	BILAGA 1: Radondotterhalter uppmätta med kontinuerligt registrerande radondottermätare	157

FÖRORD

Radon finns i alla svenska byggnader, såväl i bostäder som på arbetsplatser. Halten kan dock variera från något enstaka tiotal becquerel per kubikmeter (Bq/m^3) till flera 10 000-tals. Radonhaltens medelvärde för svenska småhus beräknas vara drygt 130 Bq/m^3 och för lägenheter i flerbostadshus 75 Bq/m^3 . Totala antalet bostäder i Sverige med radonhalter överstigande gränsvärdet för sanitär olägenhet, d v s 400 Bq/m^3 , uppskattas av Statens strålskyddsinstitut till ca 150 000. Enligt den sk ELIB-studien (Statens institut för byggnadsforskning, 1993) kan antalet vara högre, uppemot 200 000 bostäder. Inom en tioårsperiod skall 80% av alla bostäder med radonhalter över 400 Bq/m^3 ha radonsanerats enligt en av SSI 1993 upprättad målsättning (Statens strålskyddsinstitut, 1993). Därtill kommer ett ännu större antal bostäder med radonhalter mellan 200 Bq/m^3 och 400 Bq/m^3 som också skall saneras inom denna tidsrymd. Detta innebär att 40 000 - 50 000 bostäder, till större delen småhus, behöver åtgärdas årligen under dessa 10 år.

Radonåtgärderna kostar stora belopp för såväl staten som för privata fastighetsägare m fl. För att erhålla ett så gott resultat som möjligt av saneringen måste man i varje enskilt fall välja den optimalt bästa åtgärdsmetoden. Sedan skall den installerade anläggningen skötas och underhållas så att inte radonhalten åter ökar efter en tid.

För att förbättra kunskaperna om radonåtgärders beständighet igångsattes 1990 ett projekt med anslag från Byggnadsrådet och Statens strålskyddsinstitut. Uppdraget var att med 3 års intervall mäta radonhalten i ca 90 småhus och ca 15 lägenheter i flerbostadshus. Bostäderna skulle vara radonsanerade under 1980-talet. Resultatet var nedslående. I närmare en tredjedel av småhusen hade radonhalten ökat med mer än 30% och i några var man tillbaka till radonhalter i nivå med de som fanns i huset före saneringen. Samtliga mätningar utförda 1991 och 1994 redovisas i BFRs anslagsrapport A7:1995 (Clavensjö, 1995).

Målsättningen för detta projekt var att klarlägga orsakerna till att radonhalterna ökat. Därmed skall man kunna utföra säkrare och effektivare radonsaneringar i framtiden. De småhus som vid våra kontrollmätningar 1991 visade en så förhöjd radonhalt att höjningen inte bedömdes vara föranledd av onoggrannheten hos de använda mätmetoderna ingår i projektet. Efter 1994 års kontrollmätning tillkom av samma anledning ytterligare några hus. Totalt ingår 31 hus i projektet.

De vanligaste saneringsåtgärderna har varit att öka luftväxlingen inomhus samt att sänka lufttrycket i marken med hjälp av radonsug eller radonbrunn.

Uppsala i maj 1996.

Bertil Clavensjö
Bjerking Ingenjörbyrå AB

1 SAMMANFATTNING

Många radonsanerade bostäder har högre radonhalter några år efter sanering än vad som uppmätts närmast efter åtgärdernas utförande. I syfte att klarlägga orsakerna till dessa försämringar har detta projekt utförts med ekonomiskt stöd från Byggforskningsrådet och Statens strålskyddsinstitut.

1.1 Hus och saneringsmetoder

Kontrollmätningar av radonhalter utfördes under åren 1991 och 1994 i ca 90 småhus och 15 lägenheter i flerbostadshus, som tidigare har åtgärdats mot förhöjda radonhalter (Clavensjö, 1995). Vid 1991 års kontrollmätning hade radonhaltens medelvärde ökat i 26 småhus med mer än 30% jämfört med förhållandet närmast efter saneringen. Största ökningen var 1435%. Radonhalter, som vid mätningen understeg 140 Bq/m^3 , höjdes till denna nivå för att inte låga radonhalter skulle ge en oskäligt stor procentuell förhöjning. Vid 1994 års kontrollmätning var det ytterligare 5 hus, där radonhalten ökat med mer än 30%. Samtliga 31 småhus ingår i föreliggande projekt.

Kontrollmätningarna 1991 och 1994 utfördes med s k spårfilmsdosor, vilket innebär att radongashalten har registrerats. Flertalet mätningar närmast efter saneringen har gjorts med kontinuerligt registrerande radondottermätare. För jämförelse av de olika mätningarnas resultat har radondotterhalterna omräknats till radongashalter med den vid projektets start gällande F-faktorn = 0.5.

Med några få undantag är de undersökta husen friliggande villor i 1 eller $1\frac{1}{2}$ våningsplan med platta på mark, kryppgrund eller undervåning (källarvåning, suterrängvåning). Det finns också några radhus i undersökningsmaterialet. I drygt 40% av objekten finns det aluskerbaserad lättbetong, s k blåbetong, i varierande grad och med mycket olika radiumhalt. 9 hus är byggda på 1970-talet, 9 på 1960-talet, 5 på 1950-talet och de övriga på 1940-talet eller tidigare. De har alla sanerats mot radon genom någon av följande åtgärder:

- Befintlig självdragsventilation har konverterats till mekaniskt frånluftssystem (F-system) i 5 hus. Marken är den huvudsakliga radonkällan i två av dessa och av underordnad betydelse i de tre övriga.
- Befintlig självdragsventilation har ändrats till mekaniskt till- och frånluftssystem med värmeväxlare (FTX-system) i 7 hus. Marken är den huvudsakliga radonkällan i fyra av dessa, av ungefär samma betydelse som byggnadsmaterialet i ett och av mindre betydelse i de två övriga.
- Bottenplattan har tätats mot markradon i 1 hus. Något byggnadsmaterial med förhöjd radiumhalt finns inte i huset.
- I 1 hus har övergolvet i två rum i suterrängvåningen kompletterats med ventilation. Marken är den huvudsakliga radonkällan. Något byggnadsmaterial med förhöjd radiumhalt finns inte i huset.

- 1 hus har försetts med övertrycksventilation i marken under huset enligt luftkuddemetoden. Marken är den huvudsakliga radonkällan. Något byggnadsmaterial med förhöjd radiumhalt finns inte i huset.
- Radonsug har installerats och befintlig självdragsventilation har ändrats till FTX-ventilation i 3 hus. Marken är den huvudsakliga radonkällan i ett av dessa. I de båda övriga är marken och byggnadsmaterialet ungefär lika stora bidragsgivare.
- Radonsug har installerats i 4 hus. Marken är den huvudsakliga radonkällan i två av dessa och av ungefär samma betydelse som byggnadsmaterialet i de två övriga.
- Radonbrunn har installerats i 5 hus. Marken är den huvudsakliga radonkällan i dessa objekt.
- Befintlig självdragsventilation har justerats och förbättrats i 4 hus. Marken är den huvudsakliga radonkällan.

När man skall radonsanera ett hus måste man, innan man väljer åtgärds metod, bestämma varifrån radonet kommer. Är det radon från marken, byggnadsmaterialet eller möjligen hushållsvattnet som orsakar den förhöjda radonhalten? Detta för att man i varje enskilt fall skall kunna välja den metod som ger bästa resultatet till lägsta kostnaden. Åtminstone för en tredjedel av ovanstående småhus har man inte valt den optimalt bästa metoden.

1.2 Orsaker till förhöjda radonhalter

Ofta är det inte enbart en anledning till att de vid kontrollmätningarna erhållna radonhalterna har ökat i förhållande till värdena från mätningarna närmast efter det att husen har radonsanerats. I blott vart femte hus har vi kunnat konstatera att förhöjningen kan förklaras av en enda orsak. Det har i dessa fall rört sig om olika varvval på fläktar vid respektive mätning. Detta förhållande finns dessutom med som bidragande orsak i ytterligare några hus och är en av de vanligast förekommande anledningarna till att radonhalterna har ökat, se figure 1.1.

Mindre lämplig saneringsåtgärd

Radonsanerande åtgärder, som enbart påverkar luftväxlingen i huset, är lämpliga när tillförseln av radon är någorlunda konstant och oberoende av lufttrycksvariationer, d v s då det kommer från byggnadsmaterialet. Är det däremot marken som är den huvudsakliga radonkällan har luftväxlingen inomhus en mindre betydelse än lufttrycksförhållandet över husets bottenplatta. Då lufttrycket inomhus är lägre än lufttrycket i marken sugas jordluft in i huset. Hur mycket denna transport påverkar radonhalten i inomhusluften beror på, förutom luftväxlingen, radonhalten i jordluften samt hur mycket jordluft som sugas in.

Ett mekaniskt till- och frånluftssystem ger en god luftväxling utan att nämnvärt sänka lufttrycket inomhus under förutsättning att det är väl injusterat och filter

m m hålls rena. I ett normalt otätt småhus finns dock även en termisk stigkraft som sänker lufttrycket, mest längst ner i huset. Effekten av denna kraft är avhängig husets höjd och temperaturskillnaden inne-ute. I ett lågt enplanshus med till- och frånluftsventilation skapas en mycket liten tryckskillnad över bottenplattan och eventuella källarväggar, då det är måttligt kallt utomhus. Förändringarna i tryckdifferensen blir därför relativt sett stora vid sjunkande utetemperatur och variationer i vindbelastning. Är dessutom terrängen kuperad och huset ligger förhållandevis högt kan tryckdifferensen öka ytterligare genom att lufttrycket i marken närmast under huset stiger, då utemperaturen sjunker. Detta gäller framför allt hus som ligger på grusåsar.

Att åtgärda hus med förhöjda radonhalter, som orsakas av markradon, genom att enbart förändra luftväxlingen är därför vanskligt. Flödet av radonhaltig jordluft in i huset stoppas inte och kan variera kraftigt från tid till tid. Utförs mätningen efter åtgärd under endast något eller ett par dygn kan man få ett skenbart gott resultat p g a att radonhalten faktiskt var låg under denna tid. Den uppmätta radonhalten behöver däremot inte vara representativ för huset.

Undersökningarna visar att ovan beskrivna lufttrycksförändringar har varit en bidragande orsak till att radonhalterna har ökat i drygt 10 objekt, som åtgärdats genom installation av mekanisk ventilation, såväl F-system som FTX-system, eller genom förbättring av befintlig självdragsventilation, trots att den huvudsakliga radonkällan har varit marken. I 2 hus, där man har försökt att åtgärda ett markradonproblem genom att förbättra den befintliga självdragsventilationen, var radonhalten vid 1991 års mätning mer än 4 gånger så hög (nästan 1400 Bq/m³) som vid mätningen närmast efter saneringen. Vid kontrollmätningen 1994 var halterna återigen lägre; cirka hälften av 1991 års värden.

I 5 objekt har vi funnit att kapaciteten hos den installerade anläggningen inte räcker till för att i erforderlig omfattning förhindra jordluft att sugas in i husen. Detta gäller småhus som man försökt radonsanera genom montering av radonsug (2 hus) och radonbrunn (2 hus). De senare är belägna på toppen av grusåsar. I det femte försöker man suga bort den inläckande jordluften genom att ventileras en befintlig luftspalt i ett par uppreglade golv. Effekten av åtgärden är dock till viss del beroende på om villapannan eldas med olja alternativt ved så att skorstenen blir varm och ger det erforderliga draget i golvet. Då pannan värms med el erhålls inte denna verkan.

Mättekniska effekter

Radonhalten i inomhusluften varierar såväl under dygnet som från dygn till dygn. Variationerna kan vara mycket stora, framför allt i hus med markradon. Från och med mätsäsongen 1994-95 skall därför mätningar, som syftar till att bestämma radonhaltens årsmedelvärde, utföras under minst två månader. Dessförinnan fick årsmedelvärderna uppskattas efter endast 2 dygns mätning med exempelvis en kontinuerligt registrerande mätare. Ännu tidigare på 1980-talet fanns över huvud

taget inga restriktioner på mättidens längd. De i projektet involverade Stockholmskommunerna skaffade sig tidigt instrument för kontinuerlig mätning av radondotterhalter (WLM). Nästan samtliga objekt ingående i projektet "Radonåtgärders beständighet" och belägna i dessa kommuner har efter radonsaneringen mätts med denna typ av mätare. Gävle inköpte motsvarande instrument något senare. Detta återspeglar sig i tabell 6.1 "Sammanställning av mätningar efter radonsanering med redovisning av mätmetod". I 28 av de 31 småhusen i detta projekt har mätning efter sanering utförts med WLM. Den korta mättiden har varit en bidragande orsak till att radonhalten har underskattats vid dessa mätningar i åtminstone 7 småhus.

Vid mätning med WLM fås ett mått på radondotterhalten. För att kunna jämföra de därvid uppmätta radondotterhalterna med de radonhalter som erhållits vid mätningarna med spårfilmsdosor 1991 och 1994 har en omräkning skett med användande av den 1991 gällande F-faktorn 0.5. I samband med övergången till gränsvärden i radongashalter 1994-01-01 ändrades den generella F-faktorn från 0.5 till 0.4. Den faktiska F-faktorn i ett enskilt hus kan emellertid variera mellan 0.2-0.7 och även utanför dessa gränser i extrema fall. En omräkning till radonhalt med användande av för hög F-faktor bedöms vara en påtaglig anledning till att den faktiska radonhalten har underskattats i 8 småhus. Men även i flertalet av de övriga husen, som efter åtgärd har mätts med WLM, har en vald för hög F-faktor för omräkning gett något för låga värden på motsvarande radonhalter.

En tredje mätteknisk anledning till att radonhaltens medelvärde har underskattats vid mätning efter saneringen är att mätningarna har utförts i olika rum. Detta är fallet i 3 småhus.

Boenderelaterade orsaker

Om mätningen efter radonsaneringen visar att radonhalten sjönk till en mycket låg nivå är det inte ovanligt att varvtalet på radonfläkten/-fläktarna sänks i syfte att spara energi eller kanske minska ett ljudproblem. Men många tänker inte på att denna åtgärd kan påverka radonhalten i huset och gör därför inte någon ny mätning. Detta har varit en av de vanligaste bidragande orsakerna till förhöjda radonhalter i projektet; 10 av de 31 objekten, varav det i 6 hus troligen är den enda orsaken.

I minst 5 småhus har uppmätts förhöjda radonhalter på grund av olika vädringsförhållanden under mätningarna. Det kan vara att man har sovit med öppna fönster i ett eller flera sovrum eller haft uteluftsventiler öppna vid mätningen efter åtgärd, men inte vid senare mätningar.

Andra orsaker

Ett objekt har fått högre radonhalter på grund av att ventilationsanläggningen var avstängd under nästan hela kontrollmätningen 1994. I två andra objekt har det uppstått defekter i ventilationsanläggningen, som inte har åtgärdats under mätperioden. Detta har medfört en lägre luftväxling och obalans mellan luftflödena, vilket i sin tur har bidragit till att radonhalterna har ökat.

Ett hus har efter radonsaneringen byggts till och därmed har bostadsarean ökat med ca 35%. Någon ökning av ventilationssystemets (FTX-system) kapacitet eller inreglering till de nya förhållandena har inte gjorts. Radonet i huset kommer från marken.

Någon anledning till att misstänka att omfördelning av finmaterial i marken skulle försämra resultatet av en radonsug eller radonbrunn har vi inte funnit mer än möjligen i ett fall. Det gäller ett objekt med radon från såväl byggnadsmaterialet som från marken och som åtgärdats med hjälp av en radonsug. För att kunna utesluta fel på själva radonsugen måste ytterligare undersökningar göras.

Skall fastighetsägaren kunna sköta en ventilationsanläggning eller annan form av anläggning för radonsanering måste utförliga drift- och skötselavvisningar medfölja installationen. Dessa bör också innehålla en beskrivning av installationen och hur den fungerar med avseende på bland annat radon. Förnyade radonmätningar bör utföras med regelbundna intervaller, så att man uppmärksammar om något händer, som orsakar att radonhalten ånyo börjar stiga.

1.3 Summary

Houses and remedial actions

In an earlier project (Clavensjö, 1995) the aim was to investigate the effectiveness of different radon reduction methods considering time. The investigation comprised 105 dwellings, 91 single-dwelling houses and 14 flats in multi-dwelling blocks. All dwellings were made healthy in the 1980s regarding the radon concentration. After carrying out remedial actions, the radon contents were measured during unequal times and by different kinds of detectors. In 1991 and 1994 the radon contents were measured during 3 months (January-March) by nuclear track films.

The present study comprises 31 single-dwelling houses. In all of them the radon contents have increased more than 30% according to the difference between the measurements above. Radon sources are the building material as well as the soil under the houses. The remedial actions, which have been carried out, are stated below.

- In 5 houses the natural draught system has been converted to a mechanical exhaust air system. In two of the houses the soil is the main source. The house code begins with 01.
- In 7 houses the natural draught system has been converted to a mechanical supply and exhaust air ventilation system. The soil is the main source. The house code begins with 02.
- In a part of 1 house the house-owner has installed a system for ventilating the gap in a floor raised an joists. The soil is the main source. The house code begins with 04.
- In 1 house some leakage points in the basement floor have been sealed. The soil is the main source. The house code begins with 04.
- In 1 house a system for sucking indoor air and pressing it into the soil below the house has been installed to increase the air pressure there (the air cushion method). The soil is the main source. The house code begins with 05.
- In 3 houses a combination of installing a mechanical supply and exhaust air ventilation system and a sub-slab suction has been carried out in the basement floor. In 1 of the 3 houses the soil is the main source and in the other 2 the soil is equal to the building material. The house code begins with 07.
- In 4 houses a sub-slab suction has been installed. In 2 of the houses the soil is the main source and in the other 2 the soil is equal to the building material. The house code begins with 09.
- In 5 houses a radon well has been installed. The soil is the main source. The house code begins with 10.
- In 4 houses the natural ventilation has been improved. The soil is the main source. The house code begins with 11.

The radon levels in the 31 houses before and immediately after the remedial actions were carried out are presented in tabell (table) 2.1. The table includes the radon levels measured 1991 and 1994 too. The causes of increasing radon levels are presented in figure 1.1.

The project is supported by grants from the Swedish Council for Building Research and the Swedish Radiation Protection Institute.

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.

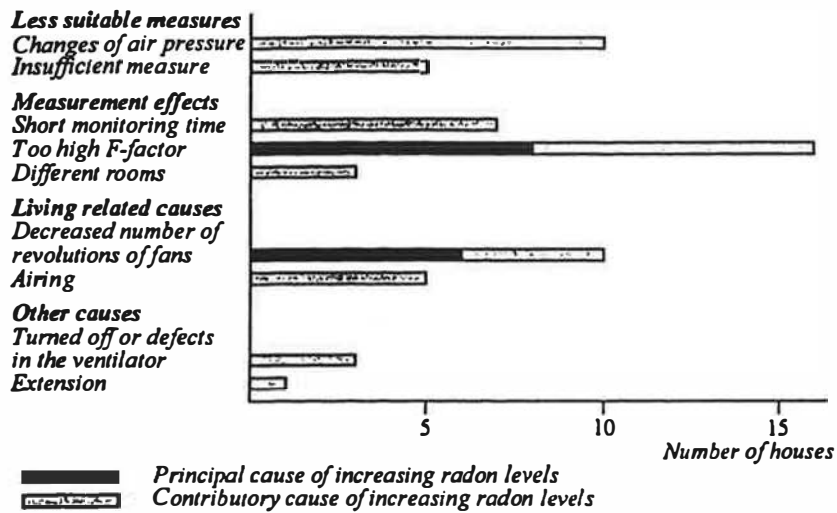


Figure 1.1 *The causes of increasing radon levels in 31 houses. In the 80s actions have been carried out in all of the houses to lower the radon contents to healthy levels. Naturally, the "Measurement effects" have not increased the radon concentrations in reality. "Short monitoring time" implies a time from some hours to a few days. The mean value of radon content during that time can differ from the mean value during 3 months monitoring. "Too high F-factor" has given too low radon contents calculated from the radon daughter contents.*

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 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 a ground with high permeability and a high radon content in the soil air.

An one-storey house without 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° over zero, totally about 3 Pa. If the temperature drops to 5° below zero, the sub-atmospheric pressure will increase to a bit over 4 Pa or 40%, but the rate of air change is not going to change. The result will be an increasing flow of radon-

containing soil air into the house and an increasing radon content indoors. This had happened in 2 houses.

Changes in air pressure difference have been a contributory cause of increasing radon levels in at least 8 houses (beyond the 2 ones above) remedied by installing a mechanical ventilation, both exhaust ventilation and supply and exhaust ventilation, and by improving the natural draught. In all the houses the radon was coming from the soil. In 2 houses, remedied by improving the natural draught, the radon contents in 1991 were 4 times as big as the contents after sanitising (almost 1400 Bqm⁻³ respectively approx. 300 Bqm⁻³).

In 5 houses the remedial action was insufficient. The carried out actions were installing a sub-slab suction (2 houses), installing a radon well (2 houses) and ventilating a floor raised on joists (1 house).

Measurement effects

These 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 too high F - factor will also result in a underestimated radon gas level.

The most common method for measuring after the remedial actions have been carried out in the 91 houses was monitoring by continuously recording radon progeny meters. The measuring time has been from some hours to a few days. Of these 60 houses 28 have got more than 30% "increased" radon levels. The radon levels in the other 31 houses were measured by long-measuring detectors. In only three of those houses the radon levels had enhanced so much or more. The radon measurements in 1991 and 1994 were performed during 3 months in the period of January-April. The difference in measuring time has been a contributory effect in at least 7 houses.

After sanitising, 28 houses were measured by Working Level Monitors. For making comparisons between the radon levels after action and in 1991 respectively 1994 the radon progeny levels have been converted to radon levels by dividing by the F-factor = 0.5, which was valid for that time. By present time F-factor = 0.4 is used in Sweden. Converting with too high F-factor is estimated to be a principal reason for fictitiously increased radon levels in 8 houses and a contributory cause in most of the other 20 houses.

The third cause by which measurements have distorted the results is where sites have been confused and different rooms were measured. This has been a contributory cause in 3 houses.

5

Living related causes

3
7
1
2
1
:

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.

Reducing the number of revolutions of the fan is one of the most common contributory causes in this project; 10 of the 31 houses at the least. Probably it is the only cause in 6 houses.

2
1

Different use of the windows for airing and varying open area of intakes during measurement performances has resulted in different radon levels in at least 5 houses.

Some other causes

In 1 house the ventilating equipment had been shut off during almost all the measuring period in 1994 and therefore the radon content had increased. Defects have arisen in the ventilating equipment of two other houses during the measuring time. The air change had become lower and the balance between supply and exhaust flows had been influenced with increasing radon levels as a result.

Finally, 1 house had got a higher radon content because of an extension, which enlarged the dwelling space with 35%, without corresponding increase of the ventilating equipment.

2 URVAL AV HUS

I projektet "Radonåtgärders beständighet" (Clavensjö och Erikson, 1991) har kontrollmätningar av radonhalter utförts i 91 småhus och 14 lägenheter i flerbostadshus. Gemensamt för dem alla är att de under 1980-talet åtgärdats mot förhöjda radonhalter och att de efter dessa åtgärder hade godtagbara radon-dotterhalter.

Kontrollmätningen 1991 gav till resultat att i 26 av de 91 småhusen hade radonhalterna stigit med mer än 30% under den tid som förflutit sedan de sanerades. I 15 småhus var halterna mer än fördubblade. Vid kontrollmätningen 1994 hade ytterligare 5 småhus tillkommit med halter mer än 30% högre än vid mätningen närmast efter åtgärd. Dessa 31 småhus har medtagits i denna undersökning för att om möjligt utreda orsakerna till de ökade radonhalterna. Vid beräkning av antalet hus med mer än 30% förhöjning av radonhalterna har halter under 140 Bq/m³ höjts till denna nivå.

I tabell 2.1 redovisas samtliga 31 småhus, som ingår i detta projekt. Dessutom redovisas de radonhalter som mätts upp före och närmast efter radonsaneringen samt de vid kontrollmätningarna 1991 och 1994 erhållna värdena.

De radonsanerade småhusen har ursprungligen indelats i 10 olika grupper beroende på vilka åtgärder som har utförts. I detta projekt ingår hus från 8 av grupperna, nämligen:

Grupp 01

Ventilationen i hus med självdragssystem har ändrats till mekaniskt frånluftssystem (F-ventilation). Gruppen omfattar 5 av de ursprungligen 6 småhusen.

Grupp 02

Ventilationen i hus med självdragssystem har ändrats till mekaniskt till- och frånluftssystem med värmeväxlare (FTX-ventilation). Gruppen omfattar 7 av de ursprungligen 20 småhusen.

Grupp 04

Till denna grupp har förts hus, som i huvudsak har sanerats genom att bottenplattan har tätats mot markradon. Så är också fallet i det ena av de två hus som i grupp 04 medtagits i denna undersökning. I det andra huset är den primära saneringsåtgärden att övergolvet i en del av suterrängvåningen har försetts med ventilation. Gruppen omfattar ursprungligen 6 småhusen.

Grupp 05

Husen har försetts med övertrycksventilation i marken under huset enligt principen för luftkuddemetoden. Gruppen omfattar 1 av de ursprungligen 3 småhusen.

Tabell 2.1. Sammanställning av hustyper och radonhalter.
Type of houses and radon contents.

Objekt nr ²⁾	Hustyp	Radonkälla ¹⁾		Radonhalter Bq/m ³		Kontrollmätning	
		Mark	Byggn mtrl	Före åtgärd	Efter åtgärd	1991	1994
A	B	C	D	E	F	G	H
G.01.07	1½	X	x	430	110	380	340
G.01.08	1	X		1380	160	600	440
T.01.09	1+SV	x	X	700	140	240	250
T.01.11	1+SV	x	X	1580	470	360	590
T.01.12	1+SV	x	X	1450	260	620	610
G.02.02	1½+KV	X		920	120	310	330
N.02.09	1	X		810	60	320	350
U.02.11	1	X		1200	310	550	560
T.02.15	1+SV		X	870	140	220	210
T.02.16	1½+SV	X	x	1080	140	270	240
T.02.19	1+SV	X	X	1380	100	260	260
T.02.20	2	x	X	2380	50	130	230
G.04.02	1+SV	X		460	110	280	230
U.04.05	1+SV	X		970	100	280	340
U.05.03	1+SV	X		2810	160	820	320
N.07.02	2+KV	X		1050	120	180	590
U.07.05	1+KV	X	X	2540	400	670	370
T.07.08	1+SV	X	X	1900	150	540	520
N.09.15	1+SV	X	X	1860	180	140	280
N.09.16	1+KV	X		3500	80	270	300
U.09.17	1+SV	X	X	2630	100	990	1090
U.09.19	1+SV	X	x	1870	140	1540	470
G.10.02	1½+KV	X		2300	80	490	630
F.10.10	1½+KV	X		2300	50	170	470
N.10.13	1½+KV	X		7530	80	2150	1170
N.10.14	1½+SV	X		1550	220	850	540
U.10.15	2+KV	X		1870	50	580	180
G.11.03	1½+KV	X		1970	320	420	280
N.11.10	1½+KV	X		1710	260	1380	610
N.11.11	1+KV	X		1360	420	800	410
G.11.13	1½+KV	X		980	320	1360	840

¹⁾ Versalt X anger huvudsaklig radonkälla.

Gement x anger radonkälla av mindre betydelse.

²⁾ De två första siffrorna anger åtgärdsgrupp enligt ovan.

A House code.

B Type of house 1 = one-storey house. KV = Basement.

2 = two-storey house. SV = Semi-basement.

½ or the like indicates the size of an attic.

C,D Radon sources C = The soil. X = The main source

D = The building material. x = A source of minor importance.

E Radon content in the house before remedial action was carried out.

F Radon content in the house immediately after sanitising.

G Radon content in the house in 1991.

H Radon content in the house in 1994.

E-H The specified contents are mean values of two or more measured rooms.

Grupp 07

Ventilationen i hus med självdragssystem har ändrats till mekaniskt till- och frånluftssystem med värmeväxlare (FTX-ventilation). Dessutom har en radonsug installerats. Gruppen omfattar 3 av de ursprungligen 7 småhusen.

Grupp 09

Radonsug har installerats i 19 hus. Gruppen omfattar 4 av de ursprungligen 19 småhusen.

Grupp 10

Radonbrunn har installerats. Gruppen omfattar 5 av de ursprungligen 14 småhusen.

Grupp 11

Husens befintliga självdragsventilation har justerats och förbättrats. Gruppen omfattar 4 av de ursprungligen 13 småhusen.

De övriga 2 grupperna av småhus i projektet "Radonåtgärders beständighet" innehöll endast 1 hus vardera. Huset i grupp 3 har flyttats över till grupp 11 i detta projekt, eftersom de åtgärder som har utförts i det huset är av grupp 11 typ.

3 MÄTMETODER

I detta kapitel redovisas endast de mätmetoder som har kommit till användning vid mätning av radon- och radondotterhalter samt luftväxling i de undersökta husen.

Öppen spårfilm var den vanligaste dosimetern under första hälften av 1980-talet. De allra flesta mätningarna före radonsanering har därför utförts med denna metod. Eftersom mätningarna före åtgärd i de flesta fall har utförts innan Strålskyddsinstitutets metodbeskrivningar kom ut, uppfylls till viss del inte de däri angivna villkoren. Spårfilmsmätningarna har dock gjorts enligt Statens provningsanstalts anvisningar SP A2 601 (Statens provningsanstalt, 1980).

Vid mätningarna efter åtgärd har man däremot valt något olika metoder i kommunerna. I Gävle har kontinuerligt registrerande radondottermätare (WLM) använts i något fler hus än TLD-instrument. Det enda i projektet ingående Falu-huset har efter åtgärd mätts med koldosor. I Stockholmsförorterna Täby, Sollentuna och Upplands Väsby är WLM, d v s kontinuerligt registrerande radondottermätare, det i särklass mest använda instrumentet.

För de i kapitel 5 redovisade jämförelserna av resultaten från olika radon- och radondottermätningar har samtliga angivna och uppmätta radondotterhalter omräknats till radonhalter. Härvid har F-faktorn 0.5 använts för omräkning då mätningen utförts med spårfilm, koldosor och IRMA. Detta motiveras av att det vid dessa mätmetoder är radonhalten som uppmätts och sedan omräknats till radondotterhalt med F-faktorn 0.5. Vid WLM- och filtermätningar fås radondotterhalten direkt och har därför omräknats med $F = 0.4$, vilket är den F-faktor som gäller fr o m 1994-01-01. Före detta datum skulle F-faktorn 0.5 användas enligt Strålskyddsinstitutet. Sänkningen beror på att man under senare år funnit att F-faktorns medelvärde under längre mätningar vanligtvis ligger närmare 0.4 än 0.5 i normala bostadsmiljöer. Vid den omräkning av radondotterhalter som gjordes i projekt (Clavensjö och Erikson, 1993) för jämförelse mellan resultaten från mätningen efter saneringen och kontrollmätningen 1991 användes $F = 0.5$. Eftersom den jämförelsen ligger till grund för urvalet av småhus till det här projektet redovisas i kapitel 5 radonhalter framräknade med såväl $F = 0.5$ som $F = 0.4$. Detta gäller dock endast för de WLM-mätningar efter åtgärd vars radondotterhalt angetts som resultat av radonsaneringen.

3.1 Spårfilm

Spårfilmsdetektorer finns i två versioner, öppna respektive med filter. Den öppna påverkas av såväl radonet som av dess sönderfallsprodukter i rumsluften. Detta ger en större onoggrannhet i mätningen beroende på variationerna i F-faktorn. Den filterförsedda spårfilmen registrerar däremot endast radongasen beroende på att radondöttrarna inte kan diffundera in i själva detektorn.

Spårfilmen fungerar så att en del av de vid såväl radonets som radondöttrarnas sönderfall utstöta alfapartiklarna träffar ytskiktet på en film. Härvid bildas spår som efter etsning av filmen blir synliga och kan räknas i ett mikroskop. Antalet spår står i proportion till radonhalten i rummet och exponeringstiden. Normal mättid med spårfilm har varit tre månader.

Samtliga kontrollmätningar, som har gjorts inom det här projektets ram 1991 och 1994, har utförts med så kallade spårfilmsdosor. Filmen ligger innesluten i en liten dosa som endast tillåter radongas att diffundera in i den. Det är således endast alfapartiklar från radongas och från i dosan bildade radondöttrar som kan åstadkomma spår på filmen. Dessa spårfilmsdosor togs fram av Strålskyddsinstitutet inför den stora radonepidemiologiska undersökningen 1988.

3.2 IRMA (Integrating Radon Monitor)

IRMA är en integrerande mätmetod som mäter halten av radongas. Metoden har framtagits av Strålskyddsinstitutet. Radonmätaren består bland annat av en mätkammare där radongasen sönderfaller. Radondöttrarna, som därvid bildas, dras med hjälp av ett elektriskt fält till en TL-dosimeter. I denna lagras under mät-tiden energi från radondöttrarna. TL-dosimetern avläses sedan i ett speciellt laboratorieinstrument. Mätningen påverkas endast av radongashalten i rums-luften eftersom radondöttrarna hindras med hjälp av ett filter att diffundera in i mätkammaren.

Normal mättid är cirka 14 dagar, men även den dubbla tiden förekommer emellanåt. Härvid har oftast endast en IRMA använts och flyttats mellan de båda mätplatserna. Separata radonhalter för mätplatserna kan alltså inte erhållas i dessa fall.

(TL = termoluminiscens).

3.3 Kol

Koldosorna består av aktiverat kol i en plastburk. När koldosan öppnas diffunderar radon in i burken och adsorberas på kolet. Mätningen avslutas när locket tillsluts. Den adsorberade mängden är proportionell mot radonhalten i luften i rummet och den tid som dosan har varit öppen. Genom att mäta gammastrålningen från de radondöttrar som bildas, när radonet sönderfaller, kan man bestämma den radonhalt som dosan har vistats i. Denna typ av dosa "minns" endast de 2-3 sista dagarnas radonhalt eftersom radonets halveringstid är 3,8 dygn. Enligt Strålskyddsinstitutets metodbeskrivning är därför mättiden med koldosan 3 dygn. Genom att mättiden är så kort lämpar sig koldosor dåligt för bestämning av årsmedelvärdet. Detta gäller framför allt vid mätningar där radonhalten varierar, t ex i de fall då radonet kommer från marken.

Tillverkarna har rekommenderat olika mättider (3-7 dygn) under den aktuella perioden 1982-89. Den effektiva mättiden är dock som tidigare nämnts endast tre dygn. Mätning har utförts i minst två rum med minst en koldosa per rum.

3.4 Momentan filtermetod

Filtermätaren pumpar luft genom ett filter på vilket radondöttrarna i den passerande luften stannar. Normal pumptid är 5 minuter. Radondotterhalten bestäms genom att man mäter alfastrålningen från radondöttrarna på filtret. Metoden benämns också Kusnetz' metod.

3.5 Kontinuerligt registrerande radondottermätare

Kontinuerligt registrerande radondottermätare typ WLM fungerar på i princip samma sätt som den momentana mätaren enligt kapitel 3.4. Luft pumpas kontinuerligt med ett känt luftflöde genom ett filter. Alfa-detektor är placerad på ett sådant sätt att den fortlöpande kan detektera alfasonderfallen på filtret. Mätaren ger såväl integrerande radondotterhalter för perioder av valfri längd som medelvärde från start. Minsta mättid enligt Strålskyddsinstitutets metodbeskrivning är 24 timmar per mätplats och minst två mätplatser. Mätningar i projektets småhus har pågått från några timmar till 100-150 timmar.

3.6 Gammastrålning

För mätning av gammastrålning från byggnadsmaterialet har använts ett handburet instrument typ Scintrex BGS4. Det innehåller en kristall av natriumjodid (NaI), som har förmåga att scintillera, d v s 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. Resultatet erhålls direkt på en display på instrumentet.

Gammamätningen utfördes genom att instrumentet placerades direkt mot en fri väggyta eller bjälklagsyta. Mätningen ger ett mått på gammastrålningsnivån, men säger inget om vare sig radonhalt eller vilka ämnen som orsakar gammastrålningen. Den uppmätta strålningen från exempelvis alunskifferbaserad lättbetong, "blåbetong", ger dock ett besked om radiumhalten i lättbetongen. Detta kan användas för att överslagsmässigt beräkna radonhalten i ett rum där "blåbetong" ingår i väggarna och eventuellt i bjälklagen, om man känner till hur mycket lättbetong det finns och luftomsättningen.

3.7 Luftväxlingsmätningar

Vid kontrollmätningarna 1991 och 1994 har radonhalterna i ett antal utvalda hus mätts under cirka tre månader. För att kunna mäta luftväxlingen under motsvarande period har inom projektet använts en ny metod för dessa mätningar. Metoden är amerikansk och kallas AIM. Den möjliggör mätningar av den totala luftväxlingen under längre perioder, 1 vecka till 5 månader.

AIM använder PFT-gaser (PerFluorocarbon Tracer) för att kontrollera luftflödena. Utöver traditionell luftväxlingsmätning har genom att använda flera PFT-gaser olika mätningar kunnat utföras på flera ställen i huset samtidigt. Exempelvis har undersökts hur mycket luft som går från källarvåningen till bottenvåningen och omvänt. Detta är till stor hjälp då man vill ta reda på hur inläckande radonhaltig jordluft förflyttas genom huset. Metoden presenteras närmare i (Clavensjö och Erikson, 1993).

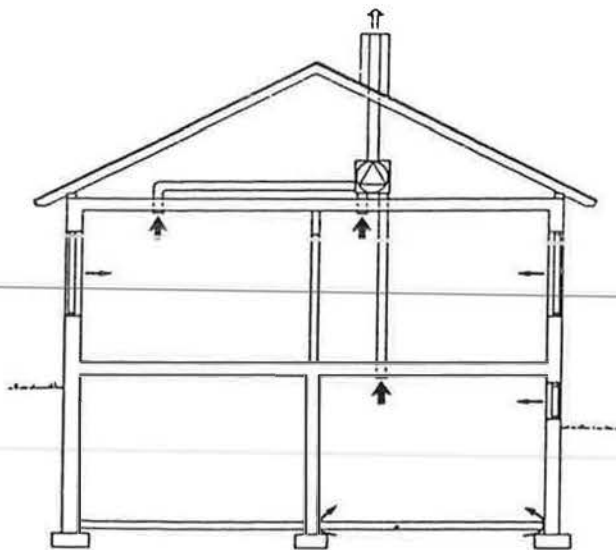
4 BESKRIVNING AV RADONÅTGÄRDER

4.1. Installation av F-system

I många småhus kan ett befintligt självdragssystem (S-system) relativt enkelt ändras till mekaniskt frånluftssystem (F-system) genom att frånluftskanaler dras samman till en punkt eller kanal och kompletteras med en fläkt som ger erforderlig sugkraft. Om en sammandragning är förenad med svårigheter kan varje ventilationsskorsten förses med en egen frånluftsfläkt. Befintliga frånluftsventiler bör bytas ut mot moderna frånluftsdon med större tryckfall än de som finns i självdragssystemet. En förutsättning för ett sådant byte och att de nya skall kunna fungera på avsett sätt är emellertid att frånluftskanaler är tillräckligt täta i väggar och skarvar.

Genom komplettering med fläkt och byte av frånluftsdon erhålls en ventilationsanläggning som kan justeras in till önskad luftväxling i huset som helhet. Detta gäller under förutsättning att tillräcklig mängd ersättningsluft kan komma in genom ventiler och otätlieter. Det kan dock vara svårt att få önskad omsättning i varje enskilt rum.

Vid självdragsventilation kan en eller annan frånluftskanal fungera som tillufts-kanal, t ex då den mynnar på en lägre nivå ovan yttertaket än andra kanaler. Om



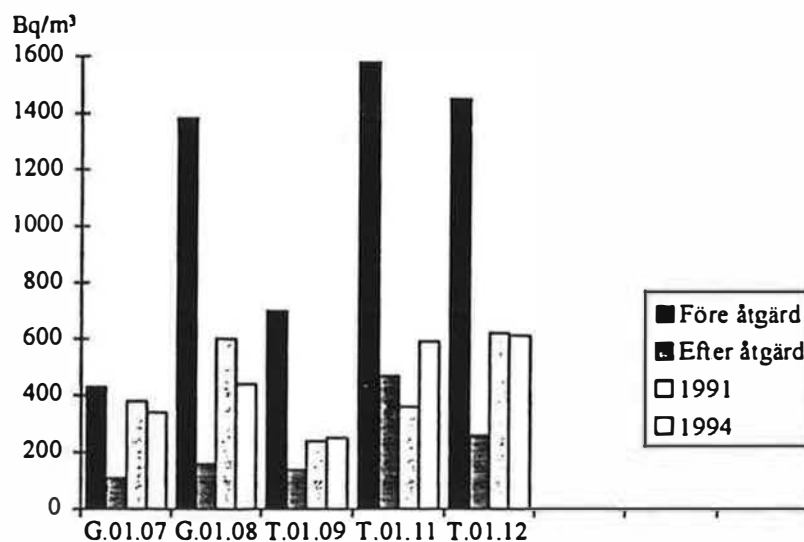
Figur 4.1. Mekanisk frånluftsventilation. Luftväxlingen bestäms i första hand av fläktens kapacitet att suga ut luft och av möjligheten för luft att komma in i huset, d v s genom otätlieter i husets skal inkl uteluftsdon. Vindpåverkan och termiska stigitkrafter kan också påverka luftväxlingen och lufttrycket i byggnaden.

så är fallet kan ombyggnad av ett S-system till F-system resultera i att inläckaget av jordluft ökar. Detta kan ge en kraftig förhöjning av radonhalten i huset såvida inte tillräcklig mängd uteluft erhålls genom nyinsatta uteluftsdon i ytterväggar.

Genom att luftväxlingen ökas sugs mera luft okontrollerat in genom de otätheter som finns i bland annat ytterväggarna. Detta kan ge upphov till att huset känns mera dragigt. En övergång till F-ventilation bör alltså även av denna anledning åtföljas av en installation av uteluftsdon. Om det är radon från marken som är den största orsaken till de förhöjda radonhalterna inomhus, bör huset över huvud taget inte åtgärdas genom att konverteras till F-ventilation.

En ökning av luftväxlingen i huset innebär också att mera energi behövs för uppvärmning. Denna ökning kan hållas nere genom att t ex en värmepump installeras. Med hjälp av värmepumpen kan man utnyttja en del av energin i frånluften till att värma tappvarmvattnet eller vattnet i centralvärmesystemet.

Dörrar till bad, wc och andra hygienutrymmen med frånluftsdon står normalt stängda och måste därför vara försedda med rejäla ventilationsspringor för att ventilationen skall fungera. Detsamma gäller också dörrar till andra utrymmen med frånluftsdon liksom dörrar till rum med uteluftsdon, om dessa dörrar står stängda under längre stunder under dygnet. Ett alternativ till ventilationsspringor i dörrar är så kallade överluftsdon, som normalt placeras alldeles ovanför dörren.

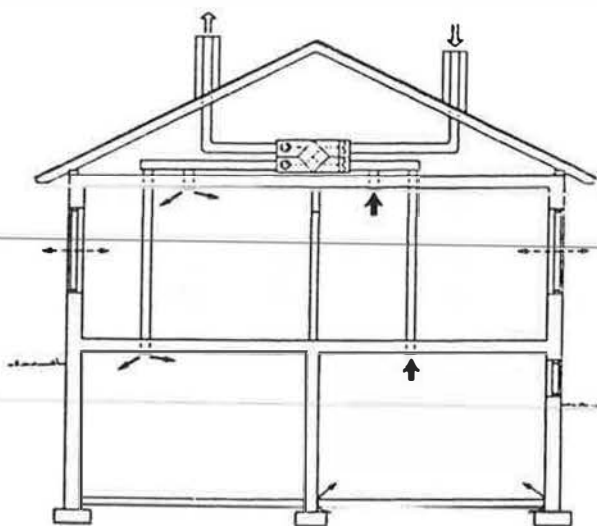


Figur 4.2. Radonhalter i hus som radonsanerats genom installation av mekaniskt frånluftssystem.

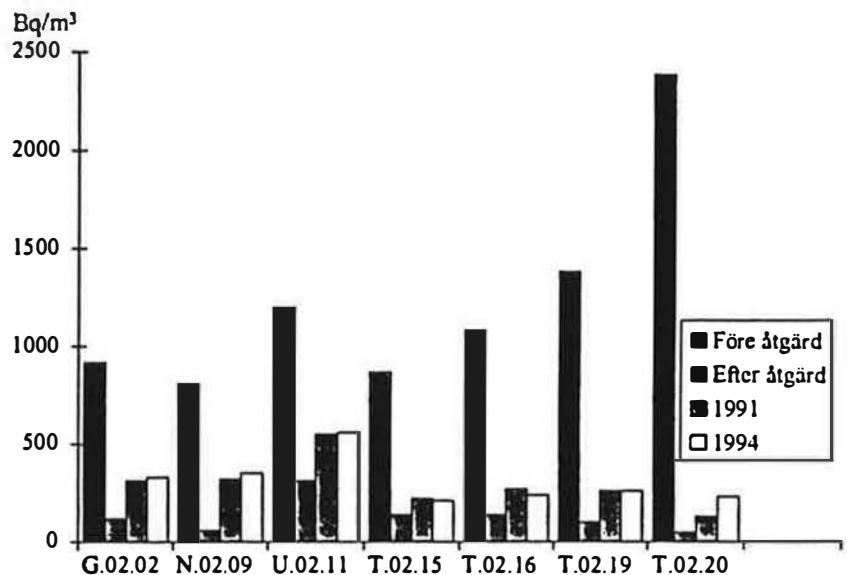
4.2. Installation av FTX-system

Om radon från byggnadsmaterialet är den huvudsakliga anledningen till radonproblemet kan en installation av FT-ventilation, d v s ett system där både frånlufts- och tilluftsflödena drivs med fläktar, ge en god effekt. Radonavgången från väggar och bjälklag är i stort sett konstant, vilket innebär att, ifall man ökar luftväxlingen, späds radongasen ut i mera luft och radonhalten blir följaktligen lägre. Det kan vara önskvärt att i vissa hus öka luftväxlingen till 0.8-1.0 oms/h för att radonhalten skall bli acceptabelt låg. FT-systemet medger en sådan luftväxling utan att det upplevs som dragigt. Dessutom kan luftväxlingen i varje enskilt rum kontrolleras på ett betydligt säkrare sätt än med S- och F-systemet.

I hus där det inströmmande markradonet ger en stor del av den förhöjda radonhalten inomhus bör man sträva efter att minska undertrycket i huset visavi marken och att öka omsättningen av frisk luft i huset. Undertrycket minskas dock inte nämnvärt genom att ett FT-system installeras. Detta beror på att den termiska stignakraften, orsakad av temperaturskillnaden ute-inne, påverkas endast obetydligt av FT-systemet i ett normalt otätt hus. Eftersom den termiska stignakraften även är beroende av den uppvärmda volymens höjd i huset bör FT-systemet ge bättre effekt i ett lågt enplanshus än i ett 1½-plans hus med källarvåning. Är radon från marken den huvudsakliga radonkällan gör åtgärder som radonsug och radonbrunn betydligt större nytta och är dessutom både enklare och billigare att installera.



Figur 4.3. *Mekanisk till- och frånluftsventilation. Luftväxlingen bestäms i första hand av till- och frånluftsflödenas storlek. Eftersom FTX-systemet endast skapar ett svagt undertryck är lufttrycket i huset känsligt för vindpåverkan och termiska stignakfter, vilka även kan påverka luftväxlingen.*



Figur 4.4. Radonhalter i hus som radonsanerats genom installation av mekaniskt till- och frånluftssystem.

En väl injusterad FT-ventilation i en tät byggnad ger ett minimalt undertryck, men kräver också att anläggningen rengörs och underhålls regelbundet så att balansen mellan flödena inte förändras. Det är också viktigt att tilluftsdonen och eventuellt tillkommande frånluftsdon placeras på ett sådant sätt att tilluften verkligen blandar sig med så stor del som möjligt av luften i rummet. Tilluften får inte ta närmaste väg till ett frånluftsdon, för då går naturligtvis en del av anläggningens inverkan på radonhalten förlorad. Vidare måste man, liksom vid S- och F-ventilation, tillse att inte ventilationsluftens väg genom huset hindras av stängda dörrar. Om detta är fallet, kan en ventilationsspringa fräsas upp i dörrkarmens övre del, karmöverstycket, eller tröskeln tas bort eller ett överluftsdon monteras in i den aktuella väggen.

Vid val mellan olika värmexchangers bör man beakta risken för återföring av radon och andra luftföroreningar. Återföringen kan bero på läckage i kanalväggarna mellan de olika luftströmmarna eller genom att en del av frånluften återgår på en ändrad luftriktning i växlarpaketet. Koppla inte en kanal från marken (exempelvis en variant av radonsug) till värmexchangen, eftersom relativt stora mängder radon då kan överföras till tilluften.

Dragning av kanaler mellan olika utrymmen, t ex bostad och garage i småhus och mellan lägenheter i flerbostadshus, måste utföras i enlighet med kraven på brandskydd i byggnadsbestämmelserna. Kanalen från utrymmet över köksspisen, imkanalen, är rensningspliktig och skall också utföras enligt gällande krav.

4.3. Tätning av platta mot mark

I byggnadsdelar mot marken förekommer otätheter, som kan vara någorlunda lätta att tätta, vanligtvis vid golvluckor över rensbrunnar för avlopp, vid inkommande el- och telekablar samt vid vatten- och avloppsledningar. Genomgående sprickor i konstruktionen och springor mellan källarväggar och golv är andra ställen där mycket markluft kan sugas in, men de kan vara betydligt mera svåråtkomliga för åtgärd.

Tätningar vid genomföringar av främst vatten- och avloppsrör i betonggolv måste kunna tåla en viss rörelse hos röret. Mellan ett rör eller kabel och dess skyddsrör kan man tätta med exempelvis fogmassa, men först måste man bottna runt röret eller kabeln med en bottningslist eller mineralull innan fogmassan appliceras. Man får dock inte använda en fogmassa som kan påverka själva skyddshöljet på elledningen.

En lucka över en rensbrunn tätas lämpligen med en tunn list av neopren eller silikon. Tätningslistan placeras på ramen och geras ihop i hörnen, varefter luckan läggs på och skruvas fast.

Ett hus i denna grupp har åtgärdats genom att utrymmet mellan betongplattan och övergolvet i en del av suterrangvåningen försetts med en enklare typ av ventilation. Syftet med ventilationen av detta utrymme är att den inläckande jordluften skall länkas av och följa med frånluften ut från huset och inte fortsätta in i rummet. Se vidare beskrivningen av hus G.04.02. i kapitel 5.3.

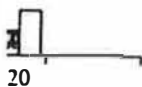
Radonhalterna i de hus som åtgärdats enligt detta avsnitt redovisas i figur 4.6.

4.4. Installation av luftkuddesystem

Som namnet anger går metoden ut på att genom nedtryckning av luft från byggnaden skapa en luftkudde under huset där öka lufttrycket i marken. Härigenom trycks den radonhaltiga jordluften närmast under husets bottenplatta till viss del undan. Dessutom ventileras dräneringslagret med inneluft vilket gör att radonhalten i jordluften under huset sjunker kraftigt. Det gör därför inte så mycket att luftflödet från marken till huset ökar något.

En principskiss över installationen visas i figur 4.5. En del av husets frånluft trycks via ett kanalsystem ner under husets bottenplatta i en eller ett par punkter, där ett relativt kraftigt övertryck uppstår. Detta tryck skall sedan fortplantas i marken ut under hela huset. Nerdragna grundmurar och låg luftgenomsläpplighet i jordmaterialet under dessa kan därvid utgöra svåra hinder. Antalet tryckpunkter måste då ökas. Jämför funktionen hos radonsugen. Innan den permanenta installationen utförs görs en provtryckning med mätning av lufttrycket i marken i olika punkter över husets byggnadsyta.

I Före åtgärd
I Efter åtgärd
I 1991
I 1994



stallation av

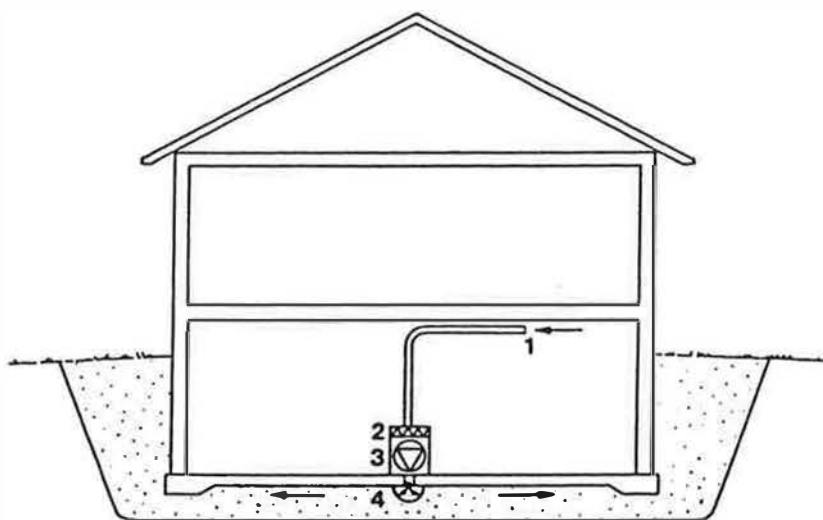
t undertryck,
bundet så att
luftsdonen och
att tilluften
net. Tilluften
vis en del av
n, liksom vid
set hindras av
s upp i dörr-
överluftsdon

ring av radon
analväggarna
återgår p g a
en (exempel-
ora mängder

age i småhus
ed kraven på
r köksspis,
e krav.

Luftkuddemetoden höjer temperaturen i marken under huset och eliminerar därmed alla risker med frost. Den har normalt också en positiv inverkan på fuktförhållandena i marken, eftersom förhållandevis torr inneluft blåses ner. Den relativa luftfuktigheten i marken sjunker. En viss risk finns dock för omfördelning av fukt från golvet centrala del till ytterkanterna där det är kallare. Vid golv på mark kan det också vara risk för att luft pressas upp genom kantisolering av lättklinker och vidare in i ytterväggen med fuktskador som följd. På grund av risken för fuktskador vid felaktig användning av luftkuddemetoden bör installation av sådan utrustning göras av fackman.

Radonhalterna i det hus som åtgärdats enligt detta avsnitt redovisas i figur 4.6.



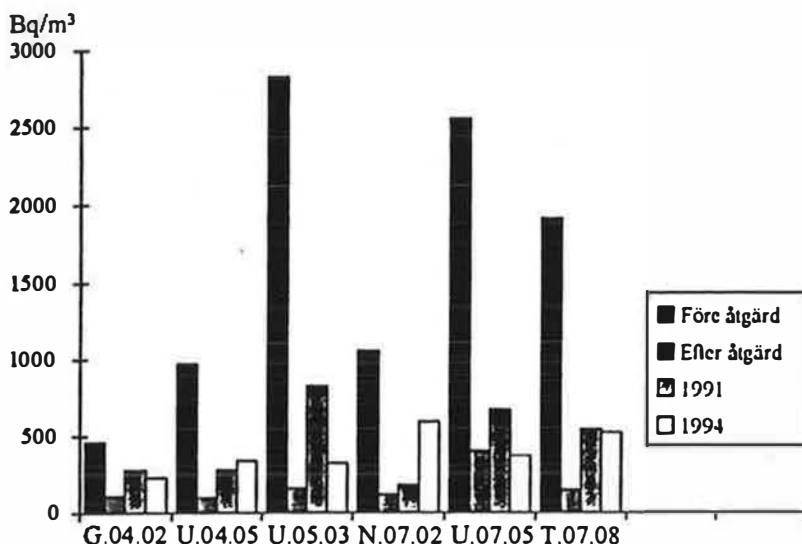
Figur 4.5. Principskiss över luftkuddemetoden.

- 1 En del av husets frånluft sugas in i anläggningen.
- 2 Luften passerar ett dammfilter för att förhindra att damm och andra partiklar sätter igen passagevägarna i marken.
- 3 Fläkten dimensioneras för det tryck som erfordras enligt provtryckningen.
- 4 Tryckfördelningsgrop.

4.5 Installation av FTX-system och radonsug

I två hus har två olika saneringsåtgärder utförts. Dels har ett FTX-system enligt kapitel 4.2 installerats för att öka luftväxlingen inomhus, dels har en radonsug monterats för att förhindra radonhaltig jordluft att transporteras in i huset. Radonsugen beskrivs i kapitel 4.6. I det ena huset har båda installationerna utförts samtidigt. I det andra installerades först radonsugen för att året efter

följas av en installation av ett FTX-system trots att radonsugen gav ett mycket bra resultat (hus N.07.02).



Figur 4.6. Radonhalter i hus som radonsanerats genom tätning av bottenbjälklag (04), installation av luftkuddesystem (05) eller installation av FTX-system kombinerat med radonsug (07).

4.6 Installation av radonsug

En radonsug är en anläggning som avses sänka lufttrycket i marken under huset så att radonhaltig jordluft inte sugas in i detta. Trycksänkningen skapas med hjälp av en fläkt som suger luft från en eller flera punkter under betonggolvet. Undertrycket skall fortplantas ut under hela huset eller åtminstone under den del av huset där det finns otätheter i golvet. Mark- och grundläggningsförhållandena är ofta okända, varför det kan vara svårt att förutse resultatet. Slutresultatet brukar dock bli gott.

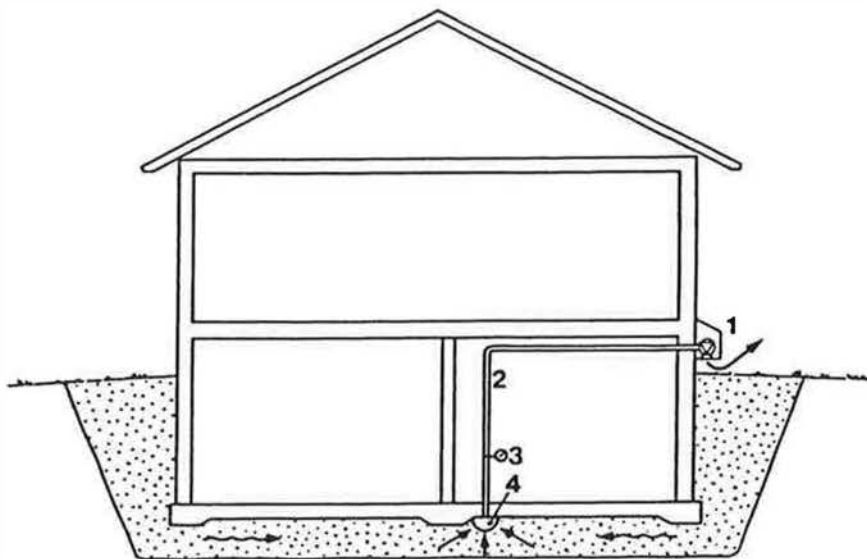
Installationen visas i figur 4.7. Antal sugpunkter och lägen för dessa väljs med hänsyn till grundläggningssätt och marktyp. Om endast en sugpunkt väljs, vilket i gynnsamma fall kan vara tillräckligt, bör denna placeras så centralt som möjligt i huset. I suterränghus bör den dock förskjutas något mot biutrymmesdelen. Vid flera sugpunkter sammankopplas kanalerna före fläkten.

Kanalerna utgörs lämpligen av PVC-rör (avloppsrör) med gummiringstättade fogar eller spiralfalsade plåtrör. Diametern på samlingskanalen bör vara minst 110 mm och på kanalerna mellan denna och själva sugpunkterna cirka 75 mm.

Fläkten placeras helst utanför huset, vilket eliminerar risken för att radonhaltig jordluft trycks ut inne i huset genom otäta kanaler. Vidare får inte utloppet placeras så att jordluft kan komma in i huset igen, t ex genom fönster eller ventil. Avluftskanalen kondensisoleras, där så erfordras. Fläktens infästning i husets stomme isoleras så att inte ljud överförs från fläkten.

Vid sugstället under golvet urschaktas en liten grop med radien ca 30 cm för att sugkraften lättare fördelas i marken. Hålet i betongplattan måste tätas omsorgsfullt mot röret. Läckage här medför att luft sugs ner från huset och en del av sugkraften i marken går förlorad.

En manometer bör monteras på ventilationskanalen mellan golv och fläkt. Med dess hjälp kan tryckdifferensen mellan markluften (vid sugstället) och inneluften fortlöpande mätas. Lufttrycksskillnaden avläses vid radonmätningen och antecknas. Nya avläsningar görs regelbundet, t ex ett par gånger om året, och jämförs med värdet från första avläsningen. Har tryckskillnaden förändrats, har förmodligen också förutsättningarna för radonsugens goda funktion förändrats. Detta kan betyda att radonhalten i inomhusluften ha ökat. Å andra sidan finns det ingen

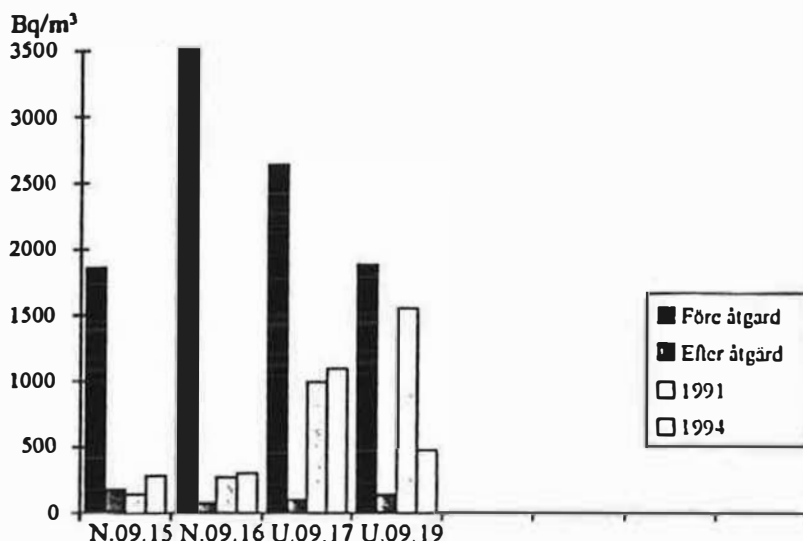


Figur 4.7. Principskiss för radonsug.

- 1 Kanalfläkt.
- 2 Rund kanal av förzinkad plåt eller PVC med 70-110 mm diameter. Kanalen bör kondensisoleras.
- 3 Manometer för fortlöpande kontroll av tryckdifferensen.
- 4 Suggrop.

garanti för att radonhalten inte förändras, om tryckskillnaden är konstant. Därför bör kontrollmätningar av radonhalten utföras med jämna mellanrum.

Radonsugen sänker lufttrycket i marken närmast under huset. Risk finns därför att kall uteluft vintertid kan sugas in under huset och ge upphov till kalla golv. Vid tjälbenägen mark kan i värsta fall tjälskador uppstå på huset. Dessa risker är störst för hus som är grundlagda med platta på mark samt för suterränghus.



Figur 4.8. Radonhalter i hus som radonsanerats genom installation av radonsug.

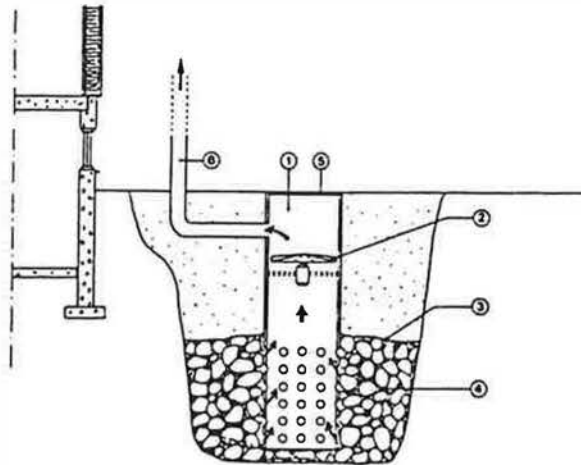
4.7 Installation av radonbrunn

Radonbrunnen är avsedd att i första hand användas i luftgenomsläpplig mark typ grusåsar. Med radonbrunnen sänks lufttrycket i en stor markvolym, varför anläggningen i sin helhet kan placeras utomhus och något ingrepp inte behöver göras i byggnaderna. Radonbrunnen finns i olika storlekar och kan betjäna från ett enstaka småhus till en grupp småhus eller radhus per anläggning.

Radonbrunnen placeras 3-4 m utanför huset och helt under markytan. Den kan täckas med grus eller gräsmatta om så önskas.

Radonbrunnen består av en cylinder med 40-100 cm diameter och 350-400 cm längd. Materialet är glasfiberarmerad plast eller annat som motstår marksyror och det fuktiga klimat som råder i marken. Nedre delen av cylindern är försedd med ett antal hål som möjliggör sugning av jordluft på stor yta. I brunnen finns

en relativt kraftig fläkt vars effekt är avpassad för de aktuella förhållandena. Här finns också plats för en ljuddämpare om en sådan skulle behövas. Avluftskanalen förläggs i mark från brunnen fram till någon plats där det är lämpligt att draga



Figur 4.9. Principskiss för radonbrunn.

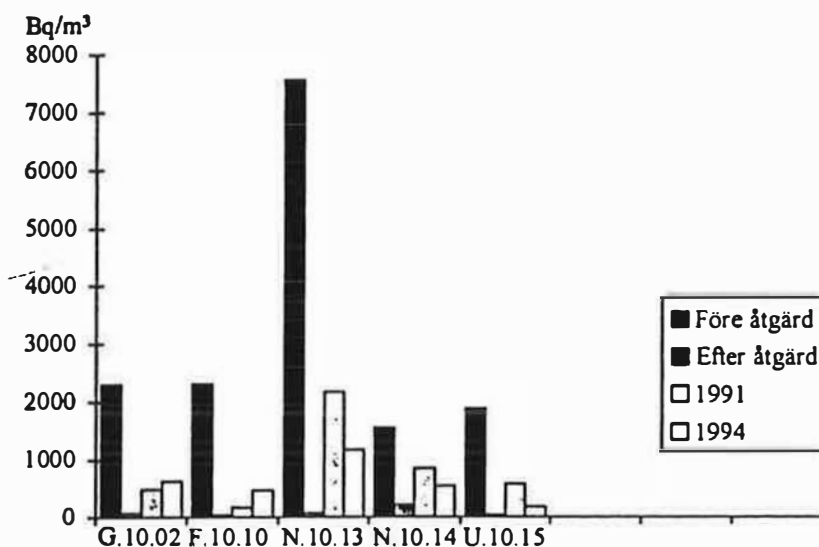
- 1 Rör 400-1 000 mm diameter. Rörets nedre del är försett med hål. Diameter och längd (djup) bestäms från fall till fall.
- 2 Fläkt, som dimensioneras för önskad sugkraft.
- 3 Tätningplast.
- 4 Sugkammare.
- 5 Lock, som dimensioneras för de laster vilka enligt gällande bestämmelser kan uppstå på den plats där brunnen placeras.
- 6 Avluftskanal framdrages till lämplig plats för utsläpp av jordluften.

upp den 2-3 m över mark, t ex på väggen till garaget eller annan sidobyggnad. Här gäller liksom för radonsugen att utloppet inte får placeras så att den radonhaltiga jordluften kan tränga in i bostadshuset genom fönster, ventil eller dylikt.

Radonbrunnen är avsedd för luftgenomsläpplig mark, där grundvattenytan ligger på några meters djup eller djupare. Denna mark är normalt dränerande och därmed inte tjälningsbenägen. Någon risk för tjälskador bör därför inte finnas. Brunnens placering ett stycke från närmaste hus gör att luftströmningen under huset inte blir lika koncentrerad som vid golvsugen, vilket måste vara en fördel med tanke på risken för frostsprängning och kalla golv jämfört med golvsugen.

Radonbrunnen kräver en grop som är 1.5-3 m djupare än byggnadens grundläggningsnivå. För att undvika att gruset under husets grundmur rasar ut och under-

minerar denna måste avståndet mellan radonbrunnen och huset vara minst ca 3 m vid normal källarvåning och 4-5 m vid platta på mark.

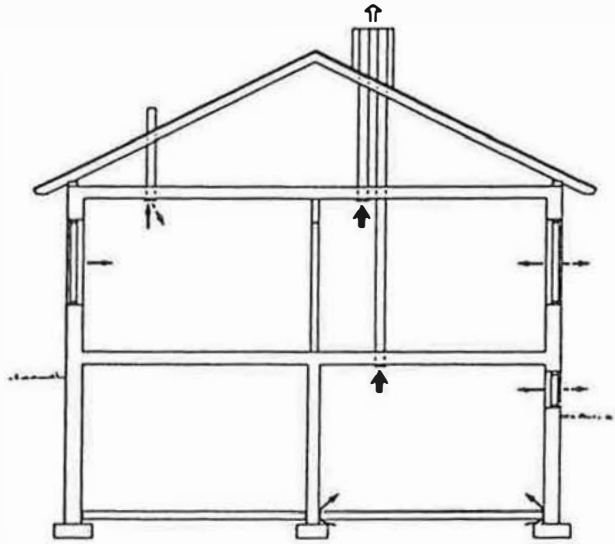


Figur 4.10. Radonhalter i hus som radonsanerats genom installation av radonbrunn.

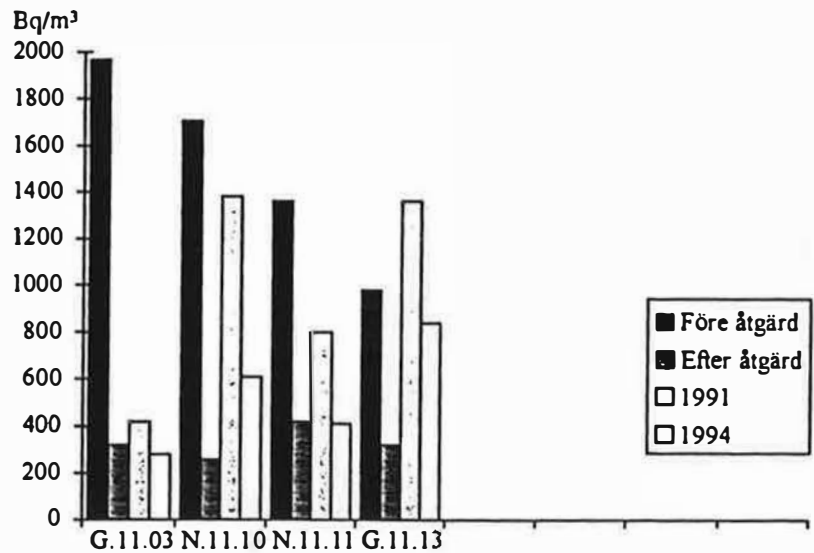
4.8 Förbättrad självdragsventilation

Ett självdragssystemets funktion är beroende av temperaturskillnaden inne-ute, vindförhållanden m m. Det är omöjligt att reglera in så att de olika rummen i en bostad får önskad luftväxling. Vintertid kan systemet ge god ventilation, ibland alltför riklig, sommartid ingen alls, om man inte vädrar genom att öppna fönster.

Många hus kan få en bättre luftväxling efter en översyn av ventilationssystemet. Kanaler kan vara mer eller mindre igensatta av damm och fett eller av utifrån kommande löv och kvistar och mycket annat, varför en rensning kan ge ett gott resultat. Befintliga uteluftsdon skall hållas öppna och vara i sådant skick att de släpper in luft i huset. I småhus är det vanligt att det endast finns uteluftsdon, typ tallriksventil, i något eller några få utrymmen i källarvåningen. Dessa ventiler skall givetvis vara öppna eller på glänt även när det är som kallast ute. För en bra ventilation är det också nödvändigt att luften kan komma vidare in i huset för att så småningom sugas ut genom befintliga frånluftskanaler. Detta förutsätter att det finns springor vid dörrarna eller särskilda överluftsdon, om dörrarna ofta står stängda.



Figur 4.11. Självdragsventilation. (S-system). Luftväxlingen bestäms i första hand av termiska stigraster och av möjligheten för luft att komma in i huset, d v s genom otätheter i husets skal inkl uteluftsdon. Vindpåverkan kan också orsaka en relativt stor luftväxling särskilt i hus med för vind utsatt läge.



Figur 4.12. Radonhalter i hus som radonsanerats genom förbättring av befintligt självdragssystem.

Luftväxlingen i en bostad eller i ett rum kan inte vara bättre än vad den mängd luft som kommer in i bostaden eller rummet tillåter. Är rummets yttervägg lufttät även runt fönsterkarmen och fönstret försett med nya, effektiva tätningslister blir luftväxlingen mycket låg. Tillförseln av uteluft underlättas då genom att man exempelvis monterar in s k springventiler, som bör placeras i fönsterkarmens eller fönsterbågens överstycke i de rum där man i första hand vill höja luftväxlingen.

rsia

av

5 UTFÖRDA RADONSANERINGAR

I detta kapitel redovisas byggnadsdata, radonmätningar och saneringsåtgärder för varje objekt samt troliga orsaker till de förhöjda radonhalterna. En sammanställning av hustyper, åtgärdsmetoder och radonhalter före och efter åtgärd samt vid kontrollmätningarna 1991 och 1994 finns i tabell 2.1 i kapitel 2.

I nedanstående tabeller har samtliga kända radonhalter medtagits. De halter som fastighetsägaren uppgivit som radonhalter före och närmast efter radonsaneringen markeras med fet stil, liksom resultaten från kontrollmätningarna 1991 och 1994. En tidskala i varje tabell visar den relativa tidsrymden mellan den första radonsaneringen och efterföljande radonmätningar samt eventuella kompletterande radonåtgärder.

En stor del av mätningarna i objekten har gjorts med kontinuerligt registrerande radondottermätare. De därvid erhållna halterna har omräknats till radonhalter med användande av F-faktorn 0.4. I de fall då den beräknade radonhalten har använts för jämförelse av halter efter åtgärd med halter uppmätta vid kontrollmätningarna har omräkning gjorts med F-faktor 0.5. Detta beror på att när urvalet av objekt för detta projekt gjordes var det den F-faktorn som var den gällande. Tidigare beräknades radondotterhaltens årsmedelvärde genom att det högsta mätvärdet räknades dubbelt. För att få en med senare mätningar jämförbar radonhalt har det aritmetiska medelvärdet beräknats och använts. Se även kapitel 3.

Gammastrålningen från exempelvis en "blåbetong"-vägg är normalt varierande över väggytan. De i detta kapitel angivna värdena är högstavärden. De har mätts upp från väggarnas respektive bjälklagens mittpartier och med scintillometern mot eller alldeles intill byggnadsmaterialet.

För korttidsmätningar har den under mätperioden högsta och lägsta utomhus-temperaturen angetts. Temperaturangivelserna har hämtats från Meteorologiska institutionen i Uppsala och gäller alltså Uppsalaförhållanden. Det kan därför vara en viss skillnad mellan dessa värden och de lokala, faktiska värdena. Temperaturen är angiven i °C.

5.1 INSTALLATION AV F-SYSTEM

HUS G.01.07

Byggnad: 1½-plans byggnad med platta på mark.

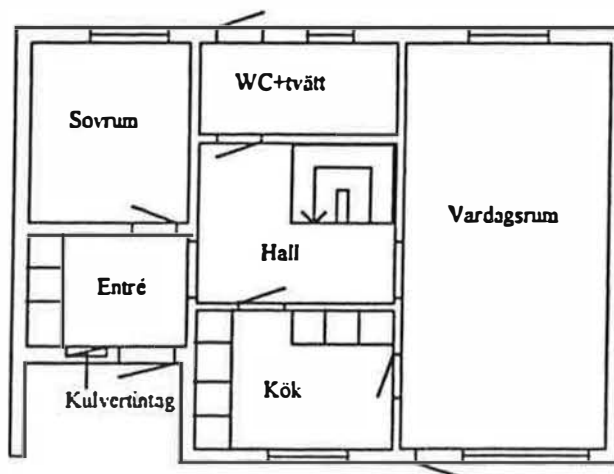
Radonkälla: Till större delen marken och till mindre del byggnadsmaterialet.

Radonåtgärd: Installation av F-ventilation m m.

Byggnad

Huset, som byggdes 1974, är ett 1½-plans radhus ingående i ett större grupphusområde i Gävle. Området klassificeras som normalriskmark på kommunens radonriskkarta, men med en kommentar om att förhöjda markradonhalter kan förekomma i områdets närhet. Huset är grundlagt med betongplatta på mark. Plattans kanter är värmeisolerade med grundblock av lättklinker. Ett lager lös lättklinker finns också som värmeisolering under betongplattan. Ytterväggar och bärande innerväggar i bottenvåningen består av alunskifferbaserade lättbetongblock, mellanbjälklaget av sandbaserad lättbetong. Gammastrålningen från lättbetongen i väggarna är måttliga 0.30-0.45 $\mu\text{Sv/h}$ inklusive bakgrundsstrålning.

Huset var ursprungligen försett med spisfläkt i kök samt självdragssystem. Rör från fjärrvärmesystemet, inkommande vattenledningar m m är forlagda till en rörkulvert som mynnar intill entrén i respektive bostad enligt figur 5.1.



Figur 5.1. Plan över bottenvåningen. Rörkulverten mynnar vid ytterväggen mellan garderoben och entrén.

Tabell 5.1. Radonhalter inomhus. Radondotterhalter har omräknats till radonhalter dels med $F=0.4$, dels med $F=0.5$ angivna inom ().

Rum	Våning	Radonhalter Bq/m ³		WLM 30 1989:1	WLM 30 1989:2	Kontrollmätning	
		IRMA 1988:1	WLM 30 1988:2			1991	1994
Vardagsrum	BV	786	(422) 528	485	(140) 175	406	402
Arbetsrum	ÖV	706	(438) 548	618	(60) 75	348	268
Sovrum	ÖV			640	(140) 175		
Medelvärde		750	(430) 540	580	(110) 140	380	340
Radonsanering				S1	S2		S3
Luftväxling oms/h						0.71	0.53

Tidskala ¹⁾	1989:1	S1	S2	1989:2	S3	1991	1994
	↓				↓		

¹⁾ Tidskalan visar den relativa tidsrymden mellan åtgärder och mätningar.

Radonsanering:

S1 = Montering av uteluftsdon 1989.

S2 = Installation av F-system 1989.

S3 = Tätning av kulvertintag 1993.

Radonmätning:

1988:1 Radondottermätning med IRMA 1988-02-26–03-08. Utetemperatur +3° - -15°.

1988:2 Radondottermätning med WLM 30 1988-04-27–28. Total mättid 27 timmar varav 17 timmar i vardagsrummet. Utetemperatur +15° - -3°. Figur G.01.07.1 i bilaga 1.

1989:1 Radondottermätning med WLM 30 1989-03-01–06. Total mättid 114 timmar med förhållandevis jämn fördelning mellan rummen. Utetemperatur +6° - -3°. Figur G.01.07.2 i bilaga 1.

1989:2 Radondottermätning med WLM 30 1989-11-13–15. Total mättid 46 timmar med förhållandevis jämn fördelning mellan rummen. Utetemperatur +8° - -1°. Figur G.01.07.3 i bilaga 1.

1991 Kontrollmätning med spårfilm 1990-12-11–1991-03-18.

1994 Kontrollmätning med spårfilm 1994-01-19–04-27.

Saneringsåtgärd

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.

Orsaker till förändrade radonhalter

Vardagsrummets omslutande "blåbetong"-väggar har en area av 57 m² inklusive fönster och dörrar. Rummets volym är 70 m³. Radonexhalationen från väggarna kan antas vara i storleksordningen 60 Bq/m²h. Radonhalten i rummet blir då 100 Bq/m³ vid luftväxlingen 0.5 oms/h. Vid denna överslagsberäkning bortses från betongplattans och bjälklagets ringa bidrag, eftersom ingen reduktion av arean görs för fönster- och dörröppningar i väggarna. Är luftväxlingen endast 0.25 oms/h, blir radonhalten dubbelt så hög, dvs 200 Bq/m³. Under radonmätningen 1991 var luftväxlingen 0.71 oms/h, vilket innebär att den byggmaterialrelaterade radonhalten skulle kunna vara ca 70 Bq/m³ i vardagsrummet. Vid kontrollmätningen 1994 var luftväxlingen i genomsnitt i huset ca 0.5 oms/h. Trots denna 30%-iga minskning var radonhalten i vardagsrummet lika som vid 1991 års mätning. I den övre våningen finns inga byggnadsmaterial som avger nämnvärd mängd radon. Källan till radonproblemet i byggnaden måste alltså i huvudsak vara marken.

Husets grundkonstruktion är vanskelig med tanke på inläckage av radonhaltig jordluft. Om grundblockens överyta inte är tätad med ett lufttätt och sprickfritt skikt av cementbruk eller dylikt, kan det finnas öppna kanaler för jordluften under betongplattan att förflyttas in i huset. De 30 cm tjocka ytterväggarna överbryggar emellertid helt lättklinkerblocken, vilket avsevärt minskar denna risk. Under trösklar vid ytterdörr och vid terrassdörrar finns det dock ingen sådan täckning med lättbetong. Vid en okulär besiktning av eventuellt luftläckage vid tröskeln till terrassdörren i vardagsrummet kunde man med hjälp av rök iaktta en viss inläckning av luft. Radonhalten i denna luft uppmättes till 2 kBq/m³, vilket är betydligt mindre än den verkliga halten, eftersom även rumsluft sögs in i radonmätaren vid provtagningen.

Läckage av jordluft har också konstaterats vid rörkulvertens anslutning till byggnaden. Jordluften kommer upp i entrén och sprids sedan i huset, främst upp till övervåningen genom den öppna trappan. Vardagsrummet ligger däremot litet mer skyddat mot denna luftström. Kulvertintaget tätades med polyuretanskum efter kontrollmätningen 1991. Tätningen var dock inte tillfyllest eller har till viss del åter blivit otät. Jordluft med en radonhalt på 3-4 kBq/m³ strömmar nämligen fortfarande upp genom kulvertbrunnen. Det kommer troligtvis in en mindre mängd jordluft per tidsenhet efter tätningen än vad det gjorde dessförinnan. Åtminstone var det en betydligt mindre luftström från kulvertintaget i detta hus vid besiktningen 1994 än vad det var i ett par likadana hus i samma område, vilka besiktigades av Bjerking Ingenjörbyrå i ett annat projekt 1990. Radonhalten i den från kulverten inströmmade luften i dessa hus var 6-7 kBq/m³. Efter tätning

av kulvertintagen sjönk radonhalten i husen från 700 Bq/m³ till 140 Bq/m³ respektive från 600 Bq/m³ till 180 Bq/m³.

Tätningen av kulvertintaget efter kontrollmätningen 1991 är troligen orsaken till sänkningen av övervåningens radonhalt 1994, medan radonhalten i vardagsrummet var oförändrad.

Den förhöjda radonhalten i huset orsakas till största delen av radon från marken. Att i ett sådant hus sänka radonhalten med hjälp av en mekanisk frånluftsventilation är vanskligt. Detta beror på att tryckskillnaden mellan hus och mark ökar och därmed sugs mera jordluft in i huset. Visserligen späds jordluften ut i mera inneluft eftersom luftväxlingen ökar, men minskar inte det procentuella bidraget av jordluft i den totala tilluftsmängden sjunker inte heller radonhalten. De utförda radonmätningarna visar med ett undantag en viss sänkning av radonhalten. Undantaget är den relativt korta WLM-mätningen efter F-systemets installation, vilken gav betydligt lägre värden. Radonåtgärderna är dock sådana, att man kan förvänta sig den successiva sänkningen av uppmätta radonhalter, men knappast resultatet från radondottermätningen 1989:2. Orsaken till den "ökade" radonhalten skulle därför vara av mätteknisk natur.

Sammanfattning

Radonsanering: Montering av uteluftsdon samt installation av mekanisk frånluftsventilation.

Orsak till förhöjda radonhalter: Den uppmätta radondotterhalten efter åtgärd är inte representativ för radonhaltens årsmedelvärde beroende på dels kort mättid, dels omräkning med för hög F-faktor.

HUS G.01.08

Byggnad: Enplanshus med platta på mark.

Radonkälla: Marken.

Radonåtgärd: Installation av F-ventilation.

Byggnad

Detta objekt byggdes 1972 och är ett styckebyggt enplanshus i norra Gävle. Området klassificeras som normalriskmark på kommunens radonriskkarta. Förhöjda markradonhalter kan förekomma i området enligt kartan. Huset är grundlagt med betongplatta på mark. Plattans kanter är troligen värmeisolerade med grundblock av lättklinker. Ytterväggar och bärande innerväggar består av lättbetong med en något förhöjd radiumhalt. Gammastrålningen från lättbetongen är nämligen upp till 0.19 $\mu\text{Sv/h}$. Yttertaget är ett s k sargtak med svag lutning och minimalt vindsutrymme.

Huset var ursprungligen försett med mekanisk frånluftsventilation med fläkten placerad i ventilationskorstenen på yttertaget. Uteluft erhöles 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 yttertaget ur funktion. Den hade tidigare sugit frånluft inte bara från köket utan även från våtutrymmena i huset. Luftväxlingen blev efter dessa åtgärder mycket liten och problem uppstod med fuktig luft inomhus, bl a imma på fönster vid lägre utetemperaturer.

Saneringsåtgärd

Radonsanering utfördes i direkt anslutning till radonmätningarna i januari 1989. Saneringen 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.

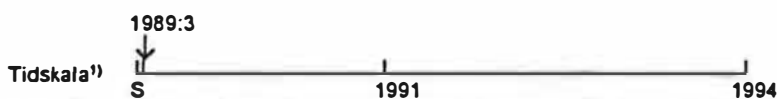
Orsaker till förändrade radonhalter

Husets bärande väggar består av stenmaterial med en något förhöjd gammastrålning. Radonavgången från byggnadskonstruktionen är liten och kan endast ge upphov till några tiotal becquerel per kubikmeter i radonhalt vid 0.5 oms/h i luftväxling. Marken är således även i detta objekt den huvudsakliga radonkällan.

De två första radondottermätningarna gjordes i ett hus med mycket dålig ventilation. eftersom den ursprungliga ventilationssystemet hade satts ur funktion. Den första mätningen i vardagsrummet pågick under nästan 1.5 dygn med måttlig till stark vind. Vid den andra mätningen i samma rum drygt ett dygn senare var vinden något svagare enligt mätprotokollet. Trots detta, vilket borde ge en högre radonhalt i huset, var radondotterhalten betydligt lägre i vardagsrummet vid den andra mätningen. Sett över hela mätperioden var radonhalten dock kontinuerligt avtagande. Figur G.01.08.1 i bilaga 1.

Tabell 5.2. Radonhalter inomhus. Radondotterhalter har omräknats till radonhalter dels med $F=0.4$, dels med $F=0.5$ angivna inom ().

Rum	Våning	Radonhalter Bq/m ³			Kontrollmätning	
		WLM 30 1989:1	WLM 30 1989:2	WLM 30 1989:3	1991	1994
Vardagsrum	BV	(1602) 2002	1222	(160) 200	546	264
Sovrum 2	BV	(1148) 1435			658	624
Medelvärde		(1380) 1720	1220	(160) 200	600	440
Radonsanering		S				
Luftväxling oms/h					0.38	0.42



¹⁾ Tidskalan visar den relativa tidsrymden mellan åtgärder och mätningar.

Radonsanering:

S = Istandsättning av husets F-system 1989.

Radonmätning.

1989:1 Radondottermätning med WLM 30 1989-01-13-16. Total mättid 62 timmar varav 33 timmar i vardagsrummet. Figur G.01.08.1 i bilaga 1. Utemperatur 5^o - 1^o enligt radonprotokoll.

1989:2 Radondottermätning med WLM 30 1989-01-16-17. Total mättid 18 timmar. Figur G.01.08.1 i bilaga 1. Utemperatur 3^o - -1^o enligt radonprotokoll.

1989:3 Radondottermätning med WLM 30 1989-01-28-29. Total mättid 34. Figur G.01.08.2 i bilaga 1. Utemperatur 9^o - 1^o.

1991 Kontrollmätning med spårfilm 1990-12-10-1991-03-17.

1994 Kontrollmätning med spårfilm 1994-01-24-04-27.

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 den 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.

WLM-mätningen 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 , d v s $100 - 290 \text{ Bq/m}^3$ 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.



Figur 5.2. Plan över bottenvåningen.

Kontrollmätningen 1994 uppvisar så gott som lika radonhalt i sovrummet som 1991 års mätning. Radonhalten i vardagsrummet var däremot lägre än halva värdet 1991 och inte så mycket högre än vid WLM-mätningen. Detta rum, vars area är $8.4 \times 4.1 \text{ m}^2$, har fönster utmed nästan hela ena långsidan. I motstående vägg finns det breda dörröppningar dels mot kök, dels mot kapprum med entrédörr alldeles intill vardagsrumsdörren. Dessutom finns det både öppen spis

och terrassdörr i vardagsrummet. Om man ökar luftväxlingen i huset genom att släppa in mer uteluft påverkas luftväxlingen betydligt mer i vardagsrummet än i ett mindre och mera tillstängt sovrum, där vädringsluckan hålls stängd. Luftomsättningsmätningen visar en ökning på ca 10% 1994 jämfört med 1991. Tre av de fyra sändarna har emellertid varit placerade i tre sovrum, vilket troligen ger en något skev bild av förändringen i luftväxlingen.

Huset har fått en annan ägare mellan mätningen efter åtgärd och kontrollmätningen 1991. I vad mån detta har påverkat radonhalterna i vardagsrummet är inte känt, men man kan misstänka att det spelar en ganska stor roll. Radonhalten i detta rum är i stort sett densamma vid kontrollmätningen 1994 som vid mätningen efter åtgärd. Fastighetsägaren kände vid kontrollmätningen 1994 till det förhöjda radonvärdet 1991. Öppna vädringsluckor ger ett stort tillflöde av uteluft och minskar undertrycket, vilket resulterar i att mindre mängd jordluft sugas in och att den späds ut i större omfattning. Stängda luckor ger motsatt effekt.

Sammanfattning

Radonsanering: Iståndsättning av ursprunglig F-ventilation.

Orsak till förhöjda radonhalter: Variationerna i radonhalterna är dels boendelaterade, dels en effekt av kort mättid vid mätning efter åtgärd, då också endast ett rum mättes.

HUS T.01.09

Byggnad: Enplanshus med suterrängvåning.

Radonkälla: I huvudsak byggnadsmaterialet

Radonåtgärd: Installation av F-ventilation.

Byggnad

Detta enplanshus med suterrängvåning uppfördes 1974 inom ett normalriskområde i Täby kommun. Det är grundlagt med en kantförstyvad betongplatta. Samtliga väggar i suterrängvåningen och gavelväggar i bottenvåningen består av alunskifferbaserad lättbetong, mellanbjälklaget av sandbaserad lättbetong. Övriga byggnadsdelar är av trä. Gammastrålningen från lättbetongen i suterrängvåningens väggar är maximalt 0.70 $\mu\text{Sv/h}$ samt från lättbetongen i bottenvåningen 0.55 $\mu\text{Sv/h}$.

Byggnaden hade före radonsaneringen självdragsventilation kompletterat med en spisfläkt i kök. I suterrängvåningen fanns 5 uteluftsventiler typ tallriksventiler. I bottenvåningen erhöles uteluft genom vädringsluckor i fönster i sovrummen.

Saneringsåtgärd

Radonsanerande åtgärder vidtogs 1982 och bestod i installation av ett mekaniskt frånluftssystem av fabrikat Elektrostandard typ Aqua ES 280. 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 fönstersnicke-rierna på bottenvåningen.

Funktionen hos F-systemet kontrollerades en tid efter installation genom en sk spårgasmätning av luftväxlingen. Mätningen visade att luftväxlingen var 0.42 oms/h vid detta tillfälle. Luftväxlingen har även mätts genom långtidsmätningar med AIMS i samband med radonmätningarna 1991 och 1994. Medelvärdena för de härvid uppmätta luftväxlingarna anges i tabell 5.3. Luftväxlingen var lika stor vid de båda kontrollmätningarna, men ca 25% lägre än momentanmätningen.

Orsaker till förändrade radonhalter

En beräkning av radonexhalationen från "blåbetong"-väggarna i suterrängvåningens sovrums ger vid handen att den måste vara ca 85 Bq/m²h för att den vid kontrollmätningarna uppmätta radonhalten skall erhållas. Detta förutsätter

att luftväxlingen i rummet är densamma som medelvärdet för huset, d v s 0.33 oms/h. En radonexhalation på 85 Bq/m²h är rimlig med tanke på den relativt höga gammastrålningen och därmed halten av radioaktiva ämnen i lättbetongen. Radonhalten i rummet skulle således helt kunna orsakas av radon från byggnadsmaterialet. Ser man däremot på huset i sin helhet är det mera tveksamt om det endast rör sig om byggmaterialradon. Ett mindre bidrag av markradon är mera troligt. De relativt stora variationerna i radonhalten över dygnet tyder också på att så skulle vara fallet.

Tabell 5.3. Radonhalter inomhus. Radondotterhalter har omräknats till radonhalter dels med $F=0.4$, dels med $F=0.5$ angivna inom ().

Rum	Våning	Radonhalter Bq/m ³			Kontrollmätning	
		Film 1981:1	WLM 300 1981:2	WLM 300 1982	1991	1994
Sovrum	SV	734	355	(132) 165	288	272
Arbetsrum	SV	756	192	(216) 270		
Stora rummet	SV		185			
Entré	SV		295	(66) 82		
Sovrum	BV	608	336		208	218
Vardagsrum	BV		222			
Medelvärde		700	260	(140) 170	240	250
Radonsanering		S				
Luftväxling oms/h		0.33 0.34				
Tidskala ¹⁾						

¹⁾ Tidskalan visar den relativa tidsrymden mellan åtgärder och mätningar.

Radonsanering

S = Installation av F-system 1982.

Radonmätning:

1981:1 Radonmätning med öppen spårfilm typ Track Etch 1981-02-10-05-10.

1981:2 Radondottermätning med WLM 300 1981-12-23-28. Total mättid 118 timmar varav 47 timmar i entrén, 22 timmar i stora sovrummet och resterande relativt jämnt fördelade på de övriga rummen. Figur T.01.09.1 i bilaga 1. Utetemperatur -2° - -12°.

1982 Radondottermätning med WLM 300 1982-11-18-22. Total mättid 82 timmar, varav 10 timmar i arbetsrummet, 31 timmar i det nedre sovrummet och 41 timmar i entrén. Figur T.01.09.2 i bilaga 1. Utetemperatur 6° - -2°.

1991 Kontrollmätning med spårfilm 1991-02-04-04-24.

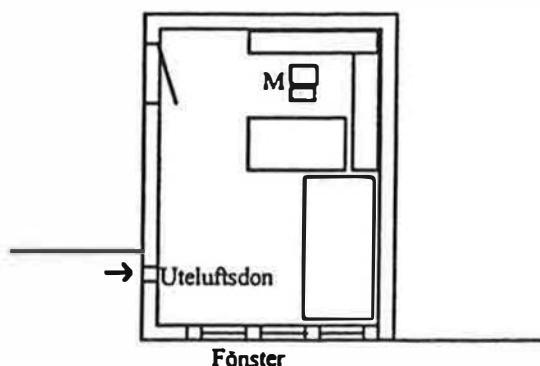
1994 Kontrollmätning med spårfilm 1994-01-28-04-26.

En mekanisk ventilationsanläggning kan med tiden ge en lägre luftväxling p g a bland annat igensättning av filter. Detta skulle kunna förklara skillnaden i luftväxling och radonhalter närmast efter radonsaneringen och kontrollmätningen 1991. Kontrollmätningarna uppvisar dock mycket stabila förhållanden på både radonhalter och luftväxling, vilket tyder på att igensättning av filter eller något annat, som har med skötseln att göra, inte skulle vara orsaken till förändringarna. Skillnaderna beror troligen på olika mätmetoder och mättider för både radon och luftväxling vid respektive tillfällen.

De samtidiga mätningarna av såväl radonhalt som radondotterhalt som företogs i slutet av augusti 1994 visar att halterna kan vara betydligt högre än vad som erhållits vid någon annan mätning efter saneringen, se figur 5.4. Då uppmättes under 72 timmar en medelradonhalt på 450 Bq/m^3 . Radondotterhalten var under samma tid i genomsnitt 170 Bq/m^3 , vilket ger en F-faktor = 0.38. Båda mätarna stod fritt i rummet en liten bit från det vägghörn som är längst bort från fönster, uteluftsdon och dörr, figur 5.3. Mätarnas placering motsvarar i stort spårfilmsdosornas plats i rummet. Rummet utformning med både uteluftsdon och dörr i samma vägg vinkelrätt mot fönsterväggen gör att luftväxlingen kan vara olika i skilda delar av rummet. Man kan därför misstänka att WLM-instrumentet vid mätningen efter åtgärd befann sig nära luftströmmen från uteluftsdonet/fönstret till dörren. Detta skulle kunna förklara skillnaderna i de uppmätta radonhalterna.

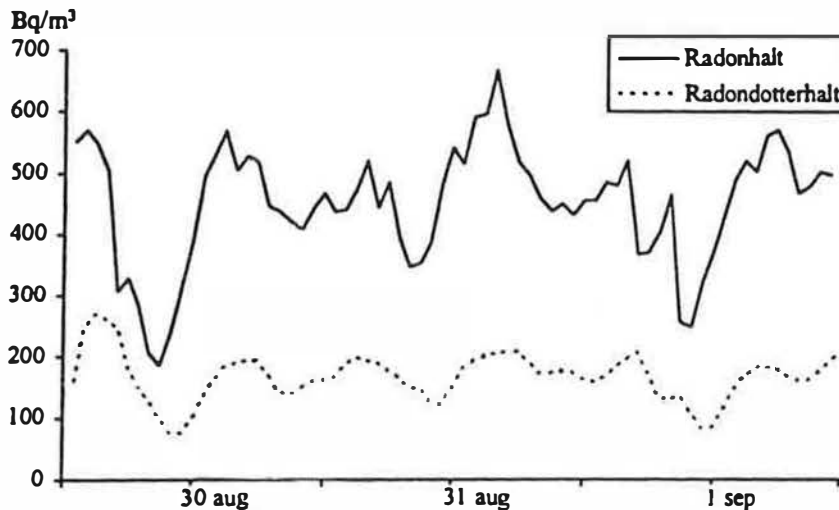
Om den vid eftermätningen erhållna radondotterhalten i kontoret, 108 Bq/m^3 , räknas om till radonhalt med F-faktorn 0.4 erhålls 270 Bq/m^3 , d v s samma värde som erhöles i intilliggande gästrum vid de båda kontrollmätningarna.

Radondotterhaltens medelvärde vid WLM-mätningen påverkas kraftigt nedåt av den låga halten i entrén. Eftersom entrén normalt får sin luft i huvudsak från de angränsande rummen, som vid mätningen hade betydligt högre radonhalter, måste en tidvis öppen ytterdörr vara orsaken till den låga radondotterhalten.



Figur 5.3. Skiss över sovrum i suterrängvåningen. "M" markerar placeringen av radonmätare och radondottermätare vid mätningen i augusti 1994.

Den utförda radonsanerande åtgärden har varit verkningsfull. En större luftväxling hade dock sänkt radonhalten ytterligare. Tyvärr räcker inte ventilationsanläggningen till för att åstadkomma detta.



Figur 5.4. Radonhalter och radondotterhalter uppmätta under 72 timmar med mätstart 1994-08-29. Mätningarna utförda med Atmos 12 respektive WLM 30. Radonhaltens medelvärde är 450 Bq/m³ och radondotterhaltens 170 Bq/m³, vilket ger F-faktorn 0.38.

Sammanfattning

Radonsanering: Installation av mekaniskt frånluftssystem samt borttagning av delar av tätninglistor i fönster.

Orsak till förhöjda radonhalter: Radonhaltens medelvärde vid mätningen närmast efter åtgärd dras ner av ett mätvärde i en entréhall som inte mättes vid kontrollmätningarna 1991 och 1994. Radonhalten var i det utrymmet extremt låg under drygt halva mättiden. Omräkning av radondotterhalt efter åtgärd till radonhalt med $F = 0.5$ ger också 20-25% för lågt radonvärde.

HUS T.01.11

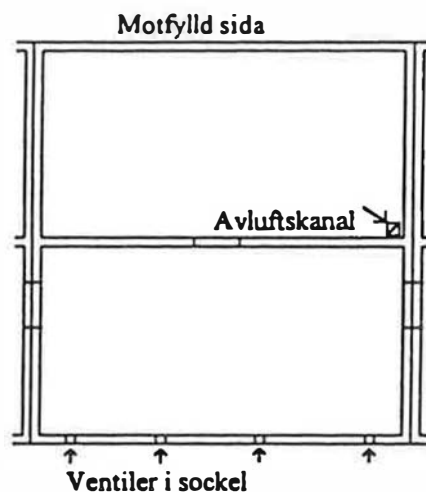
Byggnad: Enplanshus med suterrängvåning.

Radonkälla: Till större delen byggnadsmaterialet.

Radonåtgärd: Installation av F-ventilation.

Byggnad

Objektet är ett mellanradhus i en radhuslänga i norra delen av Täby. Marken är klassad som normalriskområde. Byggnadsåret är 1969. Huset består av bottenvåning och suterrängvåning. Det är grundlagt på en uteluftsventilerad kryppgrund trots att det är ett slutningshus. Krypputrymmet är uppdelat i två fack med en grundmur under husets hjärtvägg som mellanvägg. Ventilerna finns i det ena fackets yttergrundmur, medan en frånluftskanal går från det andra fackets inre hörn upp över yttertaket. Förbindelsen mellan de båda facken utgörs av en någon meter bred öppning i mitten av innergrundmuren, se figur 5.5 nedan.



Figur 5.5. Skiss över ventilation av kryppgrund.

Materialet i samtliga väggar och bjälklag med undantag av vindsbjälklaget är alunskifferbaserad lättbetong. Gammastrålningen från lättbetongen i suterrängplanet är hög, upp till $0.90 \mu\text{Sv/h}$. I bottenvåningen är den något lägre, max $0.70 \mu\text{Sv/h}$.

Huset var ursprungligen försett med självdragsventilation samt spisfläkt i kök. Uteluftsdon, tallriksventiler, monterades vid husets uppförande endast i förråd och badrum i suterrängvåning och i skafferiet i bottenvåningen.

Tabell 5.4. Radonhalter inomhus. Radondotterhalter har omräknats till radonhalter dels med $F=0.4$, dels med $F=0.5$ angivna inom ().

Rum	Våning	Radonhalter Bq/m ³		Kontrollmätning		System 30 1995
		Spårfilm 1981	WLM 300 1989	1991	1994	
Sovrum	SV	1274	(514) 640	412	673	440
Vardagsrum	SV	2654				
Sovrum	BV	1334	(428) 535	292	497	
TV-rum	BV	1040				
Medelvärde		1580	(470) 590	360	590	440
Radonsanering		S1		S2		
Luftväxling oms/h				0.45	0.44	

Tidskala ¹⁾	S1	1989	1991	1994	1995
				S2	

¹⁾ Tidskalan visar den relativa tidsrymden mellan åtgärder och mätningar.

Radonsanering:

S1 = Installation av F-system 1982.

S2 = Utbyte av fönstersnickerier mot nya med uteluftsdon 1995.

Radonmätning:

1981 Radonmätning med spårfilm 1981-02-04-05-03.

1989 Radondottermätning med WLM 300 1989-04-19-21. Total mättid 48 timmar med ungefär lika lång mättid i vardera rummet. Utetemperatur 12° - 10°.

1991 Kontrollmätning med spårfilm 1991-02-04-04-24.

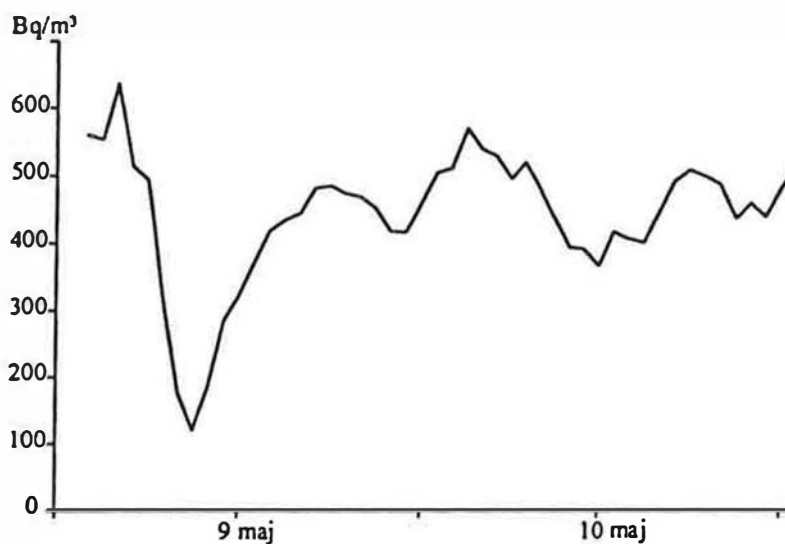
1994 Kontrollmätning med spårfilm 1994-01-31-04-27.

1995 Radonmätning med System 30 1995-05-08-10 enligt figur 5.6.

Saneringsåtgärd

För att öka luftväxlingen och därmed sänka den höga radonhalten i huset installerades 1982 ett mekaniskt frånluftssystem, Parcarex 250B, som placerades i tvättstugan i suterrängplanet. Frånluftsläkten är kopplad över en varvtalsregulator med 4 hastighetslägen. Spisfläkt och imkanal behölls i ursprungligt skick och anslöts således inte till F-aggregatet. Någon komplettering av uteluftsdon gjordes inte. De befintliga donen hålls dock öppna. I samband med starten av 1991 års kontrollmätning togs 10-15 cm långa bitar av tätningslisterna bort på flera ställen i så gott som samtliga fönster.

Efter kontrollmätningen 1994 har samtliga fönster bytts ut. Runt de nya fönster-snickerierna har tätats med polyuretanskum. Uteluftsdon av typen springventiler är monterade i karmöverstycke.



Figur 5.6. Radonhalter i sovrum i suterrängvåning efter utbyte av fönster och inmontering av uteluftsdon. Mätningen utförd med System 30 under tiden 1995-05-08-10.

Orsaker till förändrade radonhalter

Detta radhus är granne till T.01.12 i samma radhusbyggnad. De är därför byggnadstekniskt lika med undantag av att T.01.12 är gavelradhus och detta objekt är nästa radhus i längan. Orsaksbeskrivningen för objekt T.01.12 gäller i princip även för detta hus.

Huset hade vid kontrollmätningen 1991 en lägre radonhalt än vid mätningen efter åtgärd (april 1989). Det har emellertid medtagits i denna undersökning på grund av att radonhalten vid 1994 års kontrollmätning var drygt 60% högre än vid motsvarande mätning 1991.

Inför kontrollmätningen 1991 hade dåvarande ägaren skurit bort 10-20 cm långa bitar av tätninglisterna upptill i fönstren. Han har vidare uppgivit att familjen, bestående av två vuxna och två barn, sov med fönstren på glänt i tre rum under mätperioden.

Huset fick en ny ägare under tiden mellan de båda kontrollmätningarna. Den nya familjen hade inte något fönster öppet på natten. Under dagtid på vardagar fanns

inte någon hemma. Radonhalten vid kontrollmätningen 1994 blev följdriktigt betydligt högre än 1991. Jämför den nya radonhalten med WLM-mätningen 1989 och de uppmätta radonhalterna 1991 och 1994 i objekt T.01.12.

Luftväxlingsmätningen visar i stort sett samma värde på omsättningen vid de båda kontrollmätningarna trots de nattetid öppna fönstren 1991. Detta beror troligen på att F-systemet får den luftmängd det förmår att suga oavsett om fönstren står på glänt eller är stängda. Enda skillnaden är att när fönstren är något öppna kommer luften lättare in direkt utifrån, och när de är stängda kommer den in genom otätheter. Härvid sugs en del av luften in från krypgrunden genom otätheter i bjälklaget. Eftersom denna luft har en betydligt högre radonhalt än utomhusluften ökar radonkoncentrationen inomhus.

Efter kontrollmätningen 1994 har samtliga fönster bytts ut mot nya med fabriksmonterade springventiler. Dessutom har någon enstaka mellanvägg av "blåbetong" tagits bort. Radonhalten vid korttidsmätningen 1995 har också sjunkit med 25%, men uppvisar stora variationer.

Sammanfattning

Radonsanering: Installation av mekaniskt frånluftssystem samt borttagning av delar av tätningslister i fönster. I ett senare skede har fönstren bytts ut.

Orsak till förhöjda radonhalter: Orsaken till de förändrade radonhalterna är främst boenderelaterad. Olika vädrings- och ventilationsförhållanden (uteluftsdon) har gett olika halter.

HUS T.01.12

Byggnad: Enplanshus med suterrängvåning.

Radonkälla: Till större delen byggnadsmaterialet.

Radonåtgärd: Installation av F-ventilation.

Byggnad

Objektet är gavelradhuset i den radhuslänga som även innehåller hus T.01.11. Bygg- och ventilationstekniskt är de båda objekten således lika. Gammastrålningen från lättbetongen är dock något högre i det här huset än i föregående. I suterrängvåningen är den upp till 0.95 $\mu\text{Sv/h}$ och i bottenvåningen upp till 0.75 $\mu\text{Sv/h}$.

Saneringsåtgärd

För att öka luftväxlingen och därmed sänka den höga radonhalten i huset installerades 1981 ett mekaniskt frånluftssystem, Parcarex 250B, som placerades i tvättstugan i suterrängplanet. Spisfläkt och imkanal behölls i ursprungligt skick och anslöts således inte till F-aggregatet. Någon komplettering av utluftsdon gjordes inte. De befintliga donen hålls dock öppna. Däremot använder man inte fönstren, eftersom husägaren vid installationen av F-aggregatet fick beskedet att dessa skulle vara stängda för att radonsaneringen skulle vara effektiv. Frånluftsläkten är kopplad över en varvtalsregulator med 4 hastighetslägen.

Normalt körs frånluftsläkten på läge 3, men vid kontrollmätningen 1994 användes läge 4.

Orsaker till förändrade radonhalter

Husets inre area är 8.0*8.4 m² i varje plan. Väggarean i suterrängvåningen är ca 213 m² och bjälklagsarean 134 m². Antag att radonexhalationen från väggmaterialet är 120 Bq/m²h och från bjälklagen 60 Bq/m²h. Vid luftväxlingen 0.45 oms/h skulle radon från byggnadsmaterialet orsaka en radonhalt på 440 Bq/m³, vilket innebär att de vid kontrollerarna 1991 och 1994 uppmätta halterna bör orsakas av radon från byggnadsmaterialet till cirka två tredjedelar och resterande del från marken.

Radonhalten i jordluften på 70 cm djup strax utanför byggnaden har med en radonmätare typ Markus 10 i ett par punkter uppmätts till 70-90 kBq/m³.

Bjälklaget över kryprummet består av lättbetongelement, som vid belastning skall samverka med varandra genom fogutformningen. På grund av brister i utförandet så är detta inte fallet i det här huset. Fastighetsägaren har varit tvungen att flera år efter husets färdigställande förstärka bäringen av elementen genom nya bärlinor som pallats upp under bjälklaget. Bristerna i fogningen av elementen innebär att bjälklaget är otätare än vanligt, varför luft från kryprummet diffust kan läcka upp i suterrängvåningen. Mera påtagliga inläckage av luft från krypprunden har konstaterats i stora rummet vid golvsöcket på yttervägg, vid golvvinkel i klädkammare samt vid golvsöcket i förråd. Radonhalten i denna luft har uppmätts till cirka 2000 Bq/m³. För att uppnå de vid kontrollmätningarna uppmätta radonhalterna skall 16-20 m³/h komma från kryprummet, vilket inte är

Tabell 5.5. Radonhalter inomhus. Radondotterhalter har omräknats till radonhalter dels med $F=0.4$, dels med $F=0.5$ angivna inom ().

Rum	Våning	Radonhalter Bq/m ³				Kontrollmätning	
		Spårfilm 1981	WLM 300 1982:1	WLM 30 1982:2	WLM 30 1983	1991	1994
Sovrum	SV	1522				786	672
Vardagsrum	SV	1616					
Sovrum	BV	1110				458	546
TV-rum	BV	1560	(260) 320	545	210		
Medelvärde		1450	(260) 320	545	210	620	610
Radonsanering		S					
Luftväxling oms/h						0.45	0.42

Tidskala ¹⁾	1982:1	1982:2	1983	1991	1994
	S				

¹⁾ Tidskalan visar den relativa tidsrymden mellan åtgärder och mätningar.

Radonsanering:

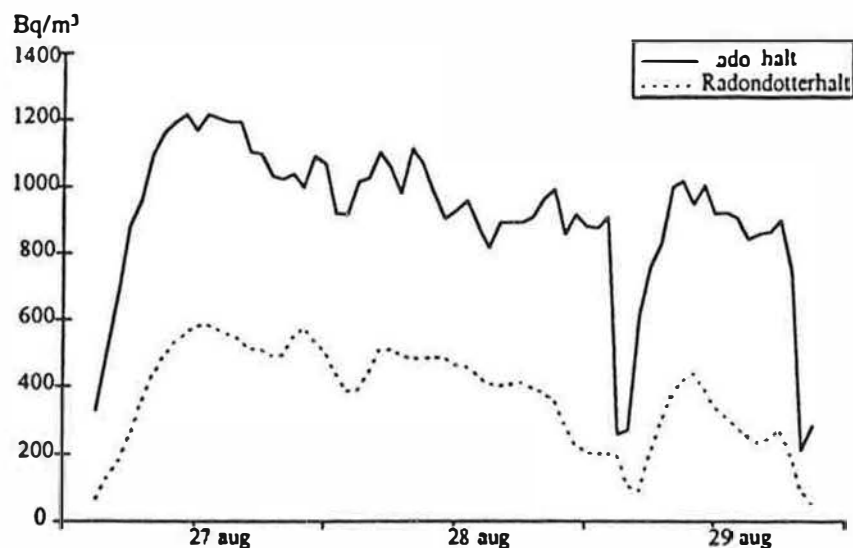
S = Installation av F-system 1981.

Följande radonmätningar har utförts:

- 1981 Radonmätning med öppen spårfilm typ Track Etch 1981-02-04-04-30.
- 1982:1 Radondottermätning med WLM 300 1982-01-13-14. Total mättid 24 timmar. Ute temperatur 2^o - -12^o.
- 1982:2 Radondottermätning med WLM 30 1982-11-30-12-01. Total mättid 25 timmar. Figur T.01.12.1 i bilaga 1. Ute temperatur -4^o - -4^o.
- 1983 Radondottermätning med WLM 30 1983-01-09-10. Total mättid 19 timmar. Figur T.01.12.2 i bilaga 1. Ute temperatur -4^o - -2^o.
- 1991 Kontrollmätning med spårfilm 1991-02-04-04-24.
- 1994 Kontrollmätning med spårfilm 1994-01-28-04-26.

orealistiskt. På grund av bjälklagets otätheter i kombination med ytterväggarnas relativt goda täthet bör en ganska stor del av uteluftsflödet in i huset komma genom kryputrymmet. Huset saknar ju så gott som uteluftsdon. De två ventiler som släpper in luft i suterrängvåningen är belägna i badrum och förråd och påverkar knappast luftväxlingen i våningens bostadsrum.

En kontroll av F-faktorn i stora rummet i suterrängvåningen gjordes under tiden 1994-08-26--29. Radondotterhalten mättes med en WLM 30 och radonhalten med en Atmos 12. Instrumenten placerades fritt i rummet med cirka 30 cm avstånd mellan luftintagen. Huset bebos av två icke rökande personer, men stod tomt fram till eftermiddagen den 28 augusti, d v s tiden för det första kraftiga raset i radonhalten enligt figur 5.7. Radonhaltens medelvärde var 910 Bq/m^3 och radondotterhaltens 370 Bq/m^3 , vilket ger $F = 0.41$. Radondotterhaltens kraftiga sänkning under den tredje mät dagen beror sannolikt på ökningen i vindhastigheten, som då ägde rum. Ventilationen i kryprummet ökar varvid radonhalten i utrymmet minskar. Vindökningen kan också försäkra en ökad luftväxling inomhus resulterande i en lägre radonhalt framför allt vid sydlig vind.



Figur 5.7. Samtidig mätning av radonhalter och radondotterhalter för kontroll av F-faktorn i stora sovrummet i suterrängvåningen. Mätstart 1994-08-26 kl 15.00. Total mättid 68 timmar.

Den valda åtgärden för radonsaneringen är inte den allra bästa i detta hus med radon från såväl byggnadsmaterial som från mark. Visserligen ökas luftväxlingen i huset, varvid radon som avgår från byggnadsmaterialet späds ut i mera luft och koncentrationen minskar. Men på grund av det lägre lufttrycket inomhus, som frånluftsfälkten orsakar, suggs mer radonhaltig luft in från kryppgrunden och begränsar resultatet av åtgärden.

De tre WLM-mätningarna efter åtgärd är samtliga mycket korta mätningar (max 25 timmar) och utförda i endast ett rum, som inte har mätts vid kontrollmätningarna. Radonhalten i rummet bör dock inte vara så olik halten i intilliggande sovrum. Radondotterhaltens medelvärde vid mätningen 1982:2 är i paritet med kontrollmätningarnas värde för sovrummet på samma plan. De två andra WLM-mätningarna har lägre medelvärden, men med högstvärden nära medelvärdet 1991. Variationerna är sannolikt följden av skillnader i vindförhållandena, som påverkar luftväxling och lufttryck såväl inomhus som i kryputrymmet. Detta får stort genomslag vid så här korta mätningar, jämför mätningen i augusti 1994 enligt figur 5.7.

Sammanfattning

Radonsanering: Installation av mekaniskt frånluftssystem.

Orsak till förhöjda radonhalter: Den främsta orsaken till att radonhalten har "ökat" är att mätningen efter åtgärd är en korttidsmätning av radondotterhalt. Omräkning av den uppmätta radondotterhalten till radonhalt med F-faktorn 0.5 ger cirka 20% för lågt värde jämfört med kontrollmätningarnas radonhalter. Dessutom har radondottermätningen påverkats av yttre förhållanden, troligen variationer i vindbelastningen på huset.

5.2 INSTALLATION AV FTX-SYSTEM

HUS G.02.02

Byggnad: 1¼-plansbyggnad med delvis källare, delvis torpargrund.

Radonkälla: Marken.

Radonåtgärd: Installation av FTX-ventilation.

Byggnad

Byggnaden är ett äldre trähus i 1¼-plan, byggt i slutet av 1920-talet och tillbyggt 1989. Det är beläget på sluttningen av en rullstensås i norra Gävle. Under en mindre del av huset finns det en källare med betongväggar, under den resterande delen samt tillbyggnaden är det kryppgrund. Gammastrålningen från byggnads-materialen är ej förhöjd.

Ursprungligen var huset försett med självdragsventilation med två uteluftsdon av typen tallriksventiler i källaren.

Saneringsåtgärd

Som ett första steg i radonsaneringen installerades ett Lossnay ventilationsaggregat typ VL-1200 U-C i källarvåningen. Aggregatets kapacitet var 60 m³/h. Dessutom monterades en 11 W frånluftsfläkt i grundmuren för att förbättra luftväxlingen i torpargrunden. Effekten av åtgärderna kontrollerades genom en ny radonmätning, varvid man prövade inverkan av olika fläkthastigheter och fläktkombinationer. Resultatet redovisas i figur 5.8. Radondotterhalterna snarare ökade än minskade i huset.

Lossnay-aggregatet avlägsnades från källaren och ett mekaniskt till- och frånluftssystem med värmeåtervinning (FTX-system) installerades i början av år 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 och körs kontinuerligt. Den efterföljande WLM-mätningen (mätstart 1989-03-28) visade ett mycket gott resultat i husets våningsplan, men i källarvåningen var radondotterhalten fortfarande hög.

Under sommaren 1989 byggdes huset till med ca 25 m² bostadsyta i vardera bottenvåning och övervåning. I samband härmed installerades en uteluftsvärme-pump av typen Toshiba RAS-22EKHV. Inomhusdelen placerades på yttervägg i trappan mellan våningsplanen. Den har ett maximalt luftflöde på 600 m³, 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 ineluften sker inte.

FTX-systemet kompletterades med en tilluftskanal till källaren, men är i övrigt inte justerat med avseende på den tillkommande bostadsvolymen. Någon ny radonmätning utfördes inte förrän detta projekts kontrollmätning 1991.

Tabell 5.6. Radonhalter inomhus. Radondotterhalter har omräknats till radonhalter dels med $F=0.4$, dels med $F=0.5$ angivna inom ().

Rum	Våning	Radonhalter Bq/m ³			Kontrollmätning	
		IRMA 1984	WLM 30 1988	WLM 30 1989	1991	1994
Hall	KV		1432	(960) 1200		
Hall	BV	904	1295	(140) 175		
Vardagsrum	BV				320	344
Sovrum	ÖV	932	1498	(100) 125	298	324
Medelvärde (KVe jnräknad)		920	1400	(120) 150	310	330
Radonsanering			S1	S2		
Luftväxling oms/h					1.22	0.73
Tidskala ¹⁾						
<p>The timeline shows a horizontal axis with vertical tick marks. An arrow labeled 'S2' points down to a tick mark in 1989. A tick mark labeled 'S1' is also in 1989, to the left of S2. Further right, there are tick marks for 1991 and 1994.</p>						

¹⁾ Tidskalan visar den relativa tidsrymden mellan åtgärder och mätningar.

Radonsanering:

S1 = Installation av FTX-system 1989.

S2 = Installation av ventilerande värmepumpsaggregat samt tillbyggnad av hus 1989.

Radonmätning:

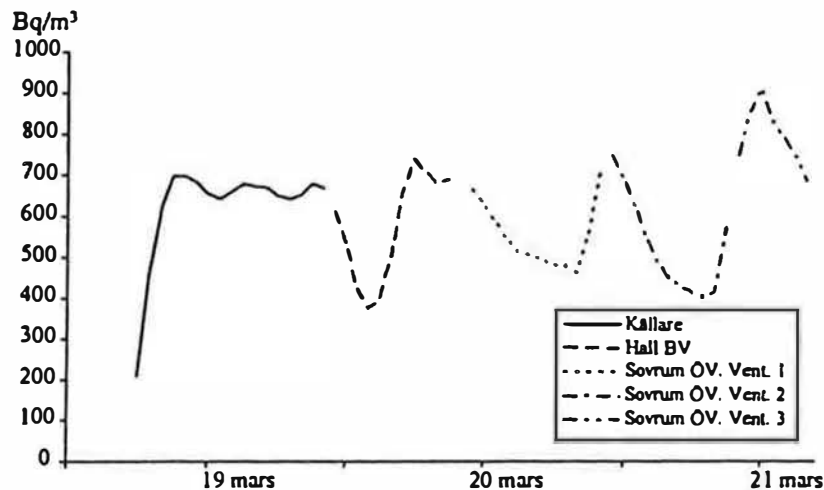
1984 Radonmätning med IRMA 1984-10-11-23. Utetemperatur 13° - 0°.

1988 Radondottermätning med WLM 30 1988-03-14-16. Total mättid 39 timmar med relativt jämn fördelning mellan rummen. Figur G.02.02.1 i bilaga 1. Utetemperatur -1° - -16°.

1989 Radondottermätning med WLM 30 1989-03-28-30. Total mättid 62 timmar med relativt jämn fördelning mellan de båda rummen samt 11 timmar i hallen i källarvåningen. Figur G.02.02.2 i bilaga 1. Utetemperatur 11° - -2°.

1991 Kontrollmätning med spårfilm 1990-12-10-1991-03-17.

1994 Kontrollmätning med spårfilm 1994-01-19-04-27.



Figur 5.8. Radonhalter uppmätta med WLM 30 under tiden 1988-03-18-21 efter provisorisk montering av ventilationsaggregat i källarvåningen samt fläkt i grundmur för utsugning av luft i kryppgrund. Högsta utetemperaturer var under dessa dagar mellan -1.7° och -1.0° , och lägsta -1.3° - -11.6° C.
 Vent. 1 = Ventilationsaggregat i KV på maximal kapacitet
 Vent. 2 = Lika vent. 1 plus frånluftsfläkt i kryppgrund
 Vent. 3 = Lika vent. 2, men halv fart på ventilationsaggregatet.

Orsaker till förändrade radonhalter

Ett FTX-system kan justeras 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 pass högt hus kan de termiska stigningarna, som orsakas av skillnaden i inne- och utetemperatur, variera relativt mycket. Detta medför stora förändringar i lufttrycksdifferensen över källargolvet. Även vindpåverkan (vindriktning och vindstyrka) på byggnaden bidrar till förändringen, liksom termiska stigningar i själva grusåsen. Husets läge ett stycke ner på åsslutningen gör dock att de senare inte är så uttalade i detta hus som i ett hus beläget på toppen av åsen. Lufttrycksförändringar förekommer även över bjälklaget över kryplådan, men i något mindre omfattning. Utan att åstadkomma ett övertryck i byggnaden är det därför omöjligt att med ventilationens hjälp förhindra att radonhaltig jordluft sugas in. Hur mycket jordluft som vid olika tidpunkter strömmar in i

huset beror på lufttrycksdifferensen. Radonhalten kan således variera i huset trots att luftväxlingen är jämn.

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 ca 3 månaders mättid, dels har huset byggts till och ventilationen förändrats avsevärt. Däremot är det förvånansvärt att de vid kontrollmätningarna 1991 respektive 1994 uppmätta radonhalterna är så lika.

Sammanfattning

Radonsanering: Installation av mekaniskt till- och frånluftssystem. Dessutom monterades en fläkt i grundmur för ventilation av torpargrunden.

Orsak till förhöjda radonhalter: Radondotternätningen efter åtgärd visar att markradon även då kom upp i huset, högsta uppmätta radonhalt var 250 Bq/m³ (F = 0.4). Saneringsåtgärden ger en god luftväxling i huset, men kan inte förhindra att markradon sugts in. Ventilationssystemet skapar ett svagt och relativt konstant undertryck inomhus medan bland annat de termiska stignakterna ger variationer i mängden inläckande jordluft framför allt i en så här hög byggnad. Dessutom har huset byggts till mellan mätningen efter radonsaneringen och kontrollmätningen 1991 utan att ventilationssystemet har justerats.

HUS N.02.09

Byggnad: Enplansbyggnad med platta på mark.

Radonkälla: Marken.

Radonåtgärd: Installation av FTX-ventilation.

Byggnad

Huset är ett enplans trähus grundlagt med platta på mark i Sollentuna. Byggnadsåret är 1968. Undergrunden består av morän, men det finns en grusås klassad som högriskområde i husets närhet. Det kan därför inte uteslutas att jordluft transporteras fram till huset från denna ås, eventuellt genom ledningsgravar. Gammastrålningen från byggnadsmaterialet är ej förhöjd.

Ursprunglig ventilation var av typen självdrag med spisfläkt. Uteluftsdon saknades. Flera fönster är ej öppningsbara, vilket ytterligare bidrar till husets täthet.

Saneringsåtgärd

Den radonsanerande åtgärden, som utfördes 1988, bestod av installation av ett mekaniskt till- och frånluftssystem med värmeåtervinning typ Fläkt RDAA-1-4-1 med fläktpaketet placerat på yttertak. Fläktarna är kopplade över en varvtalsregulator. De kördes vid kontrollmätningarna på lägsta varvtal, men det är osäkert hur inställningen var vid WLM-mätningen.

Orsaker till förändrade radonhalter

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 radonhalter. Variationerna i radonhalter var dock stora, upp till 400%. Båda kontrollmätningarna har gjorts över en mycket längre tidsperiod med betydligt lägre dygnsmedeltemperatur utomhus. Även om de termiska krafterna är måttliga är de betydligt starkare under dessa perioder än vid eftermätningen i maj. Större

mängd radonhaltig jordluft sögs därför in vid kontrollmätningarna och orsakade högre radonhalter. Mätningen i mars-april 1995 enligt figur 5.9 visar också på stora svängningar, men radonhaltens medelvärde är betydligt lägre än vid kontrollmätningarna.

De båda kontrollmätningarna uppvisar mycket lika resultat för såväl radon som luftväxling. Fläktarna var under dessa mätningar inställda på lägsta varvtalet. Vid mätningen 1995 kördes de med medelhastighet, varvid radonhalten var litet lägre. Varvtalet vid mätningen 1989 är okänt, men man kan anta att fläktarna då kördes på högsta hastighet med tanke på den relativt höga radonhalten före

Tabell 5.7. Radonhalter inomhus. Radondotterhalter har omräknats till radonhalter dels med $F=0.4$, dels med $F=0.5$ angivna inom ().

Rum	Våning	Radonhalter Bq/m ³		Kontrollmätning		System 30 1995
		Spårfilm 1983	WLM 30 1989	1991	1994	
Sovrum 1	BV	844	(60) 75			
Sovrum 2	BV		(60) 75	286	317	110
Sovrum 3	BV		(60) 75			
TV-rum	BV	782	(80) 100	334	389	
Vardagsrum	BV		(40) 50			190
Medelvärde		810	(60) 80	320	350	150
Radonsanering		S				
Luftväxling oms/h				0.55	0.58	

Tidskala¹⁾ 

1) Tidskalan visar den relativa tidsrymden mellan åtgärder och mätningar.

Radonsanering:

S = Installation av FTX-system 1988.

Radonmätning:

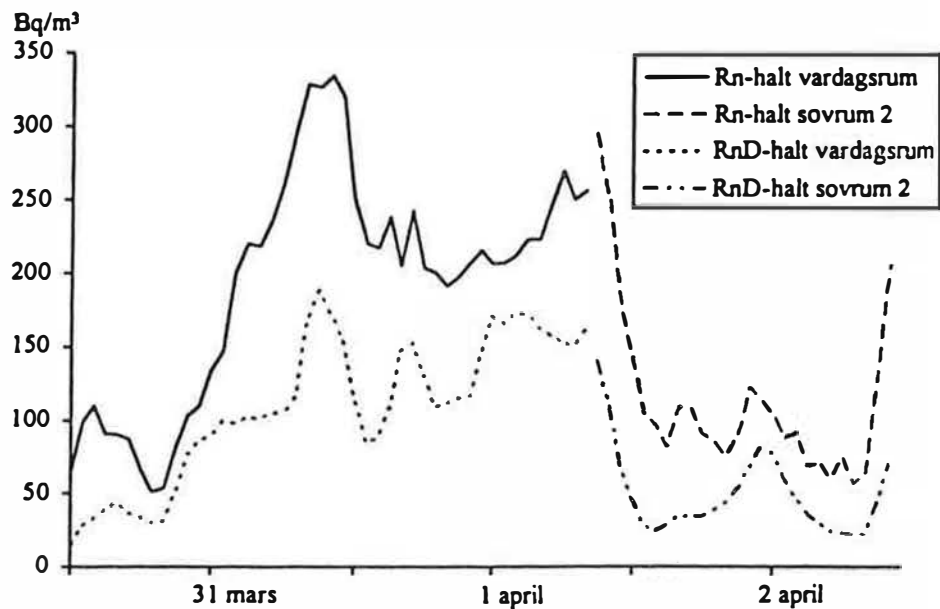
1983 Radonmätning med öppen spårfilm typ Track Etch 1983-01-02-04-01.

1989 Radondottermätning med WLM 30 1989-05-03-08. Total mättid 114 timmar varav i sovrum 2 10 timmar, vardagsrum 12 timmar och i de övriga rummen 24-27 timmar, figur N.02.09.1 i bilaga 1. Ute-temperatur 21^o - 2^o.

1991 Kontrollmätning med spårfilm 1991-02-05-04-26.

1994 Kontrollmätning med spårfilm 1994-01-26-04-26.

1995 Radonmätning med System 30 1995-03-30-04-02. Total mättid 71 timmar varav 45 timmar i vardagsrum och 26 timmar i sovrum 2 enligt figur 5.9. Ute-temperatur 10^o - -5^o.



Figur 5.9. Radon- och radondotterhalter uppmätta med System 30 under tiden 1995-03-30–04-02. F-faktor 0.25-0.81, snitt 0.50. Fläktarna var under mätningen inställda på medelhastighet.

radonsaneringen. Detta tillsammans med den förhållandevis höga utetemperaturen under mätningen 1989 förklarar de låga radonhalterna vid denna mätning.

Sammanfattning

Radonsanering: Installation av mekanisk till- och frånluftsventilation.

Orsak till förhöjda radonhalter: Orsakerna till förändringen i radonhalterna är olika varvtal hos fläktarna under mätperioderna samt att mätningen efter åtgärd gjordes vid en förhållandevis hög utetemperatur.

HUS U.02.11

Byggnad: Enplansbyggnad med platta på mark.

Radonkälla: Marken.

Radonåtgärd: Installation av FTX-ventilation.

Byggnad

Detta är en byggnad som till såväl byggnadskonstruktion som funktion liknar föregående objekt N.02.09. Hustypen är enplanshus med platta på mark. Byggnadsåret är 1976 och fastigheten är belägen inom ett högriskområde i Upplands Väsby. Marken under byggnaden utgörs av morän. Gammastrålningen från byggnadsmaterialet är inte förhöjd.

Ursprunglig ventilation var av typen självdrag med spisfläkt.

Saneringsåtgärd

Radonsaneringen utfördes 1983 och bestod i att ett mekaniskt till- och frånluftssystem med värmeåtervinning (Bahco Minimaster) installerades. Fläktaggregatet placerades i ett skåp över spisen i köket. Fläktarnas varvtal kan regleras i sex steg och körs normalt på läge 3, vilket har varit fallet vid de båda kontrollmätningarna. Det är dock okänt vilken fläkthastighet som använts vid de övriga radonmätningarna.

Orsaker till förändrade radonhalter

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

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

Den första radonmätningen efter saneringen ägde rum i januari 1984. Mätningen gjordes med en WLM 300 under knappt ett dygn. Den mekaniska ventilationen var avstängd under första delen av mättiden och i funktion under resterande tid, då den kördes på högsta varvtal. Resultatet redovisas i figur 5.10. Utan fläkt-

ventilationen måste luftväxlingen vara mycket låg beroende på husets ringa höjd och att frånluftskanalerna är försedda med luftdon, som har ett relativt stort tryckfall. Även om dessa förhållanden bidrar till att flödet av jordluft in i huset blir litet är utspädningen i huset liten p g a den låga luftväxlingen. Radonhalten är följaktligen hög vid självdragsventilationen. Tyvärr börjar kurvan sjunka några timmar innan fläktarna startas, varför det är svårt att direkt se fläktventilationens effekt på radondotterhalten. Halten sjunker till en mycket låg nivå och ligger kvar på denna nivå under de återstående timmarna av mätningen, vilket kan tyda på en god funktion hos ventilationssystemet, men sänkningen kan möjligen också orsakas av yttre förhållanden.

Tabell 5.8. Radonhalter inomhus. Radondotterhalter har omräknats till radonhalter dels med $F=0.4$, dels med $F=0.5$ angivna inom ().

Rum	Våning	Radonhalter Bq/m ³					
		Spårfilm 1982	WLM 300 1984	Kol 1987	WLM 30 1990	Kontrollmätning 1991 1994	
Kök	BV	1154			(360) 450		
Vardagsrum	BV			1086	(200) 250	498	545
Sovrum 1	BV	1254		690	(380) 475	594	568
Medelvärde		1200	¹⁾	890	(310) 390	550	560
Radonsanering		S					
Luftväxling oms/h						0.48	0.42
Tidskala ¹⁾							

¹⁾ WLM 300-mätning enligt figur 5.10.

²⁾ Tidskalan visar den relativa tidsrymden mellan åtgärder och mätningar.

Radonsanering:

S = Installation av FTX-system 1983.

Radonmätning:

1982 Radonmätning med spårfilm 1982-02-18-06-07.

1984 Radondottermätning med WLM 300 1984-01-25-26. Total mättid 21 timmar varav 11 timmar utan och 10 timmar med fläktventilation enligt figur 5.10. Utetemperatur 14° - -1°.

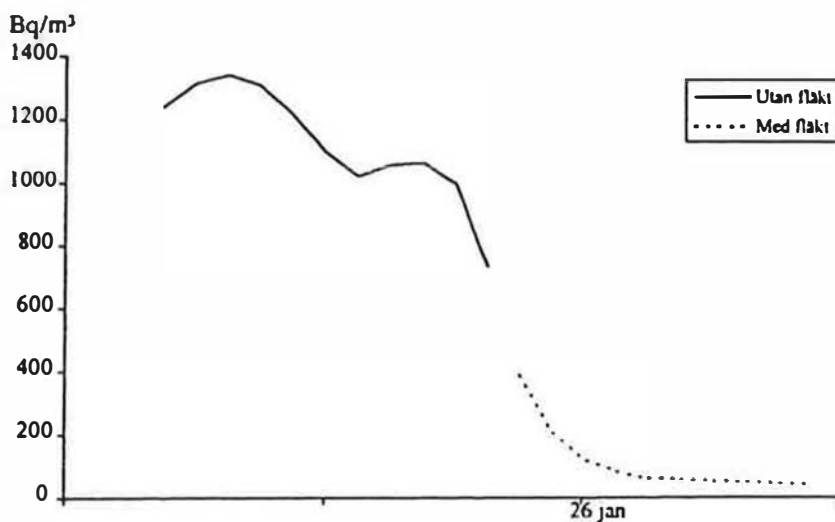
1987 Radonmätning med koldosor och gammaspektrometri 1987-12-14-21. Utetemperatur 2° - -12°.

1990 Radondottermätning med WLM 30 1990-01-10-12. Total mättid 45 timmar med förhållandevis jämn fördelning mellan rummen. Figur U.02.11.1 i bilaga 1. Utetemperatur 5° - -2°.

1991 Kontrollmätning med spårfilm 1991-01-30-04-26.

1994 Kontrollmätning med spårfilm 1994-01-28-04-27.

Koldosemätningen 1987 visar förhållandevis höga radonhalter trots att ventilationssystemet då var i funktion. Utetemperaturen var under mätningen låg, ner till -12°C . Vid WLM-mätningen 1990 var radondotterhalterna också relativt höga trots att utetemperaturen då var mera normal för mätsäsongen. Medelvärdet dras ner något av en förhållandevis låg radondotterhalt i vardagsrummet. I de övriga två rummen är halten nästan i nivå med kontrollmätningarnas resultat.



Figur 5.10. Radondotterhalter uppmätta med WLM 300 under 21 timmar med start 1984-01-25. Helldragen linje markerar radondotterhalter vid avstängd ventilation, streckad linje vid FTX-systemet i funktion.

Tidsrymden mellan FTX-systemets installation och WLM 30-mätningen 1990, vilken ligger till grund för det uppgivna radonvärdet efter åtgärd, är minst 6 år. Mellan denna mätning och första kontrollmätningen 1991 är det 1 år och mellan de båda kontrollmätningarna 3 år. Risken för att förändringar i FTX-systemets kapacitet, exempelvis genom nedsmutsning, skulle påverka radonhalterna borde därför vara betydligt större innan WLM 30-mätningen utfördes än mellan denna och första kontrollmätningen. Mellan kontrollmätningarna är det 3 gånger så lång tid som mellan de två första mätningarna efter åtgärd. Ändå är variationerna i radonhalter vid de båda kontrollmätningarna mindre än 10%.

Den största orsaken till variationerna i uppmätta radonhalter 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 radon-

halter. 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. Om den i sovrummet uppmätta radondotterhalten 190 Bq/m³ räknas om till radonhalt med hjälp av F-faktorn 0.35 erhålls 540 Bq/m³, alltså ett värde som ligger helt i paritet med de radonhalter som har mätts vid kontrollmätningarna.

Ett par andra orsaker till förändringarna kan vara olika varvtal på fläktarna vid mätningen 1990 och kontrollmätningarna samt tillfälliga väderförhållanden (vind) vid korttidsmätningen. Den relativt stora skillnaden i resultatet från mätningarna i vardagsrummet kan möjligen även bero på ändrade förhållanden i luftväxlingen mellan olika rum, t ex på grund av ändrad inställning av tilluftsdon. Detta är dock mindre troligt och har inte kunnat konstateras vara fallet.

Sammanfattning

Radonsanering: Installation av mekanisk till- och frånluftsventilation med värmeåtervinning.

Orsak till förhöjda radonhalter: Den största anledningen till en synes förhöjd radonhalt är att den faktiska F-faktorn för omräkning av de vid mätningen efter åtgärd erhållna radondotterhalterna till radonhalter inte varit den antagna 0.5 utan betydligt lägre. Det kan också vara en effekt av kort mättid vid mätning efter åtgärd. Yttre förhållanden (vindpåverkan) kan ha gett en något låg radondotterhalt vid WLM-mätningen 1990.

HUS T.02.15

Byggnad: Enplansbyggnad med suterrängvåning.

Radonkälla: Byggnadsmaterialet.

Radonåtgärd: Installation av FTX-ventilation.

Byggnad

Objektet är ett friliggande enplanshus med suterrängvåning i Täby. Byggnadsåret är 1974. Huset är grundlagt på en kantförstyvad betongplatta. Väggarna i suterrängvåningen består av alunskifferbaserad lättbetong med gammastrålning upp till $0.70 \mu\text{Sv/h}$. Bjälklaget över suterrängplanet och byggnadsdelarna däröver är av trä.

Huset var ursprungligen försett med självdragsventilation kompletterat med spisfläkt i kök.

Saneringsåtgärd

År 1989 installerades ett mekaniskt till- och frånluftssystem med värmeåtervinning (FTX-system) av typ SeboVex. Aggregatet har ett flödesområde från $100 \text{ m}^3/\text{h}$ till $300 \text{ m}^3/\text{h}$. Fläktarna kopplades till en varvtalsregulator som medger två olika hastigheter utöver 0-läget. Normalt körs fläktarna på högsta effekt, vilket har varit fallet vid de båda kontrollmätningarna. Troligen var det samma hastighet även vid eftermätningen 1990.

Orsaker till förändrade radonhalter

Radonexhalationen från lättbetongväggarna i undervåningens sovrum bedöms vara ca $100 \text{ Bq}/\text{m}^2\text{h}$ med tanke på gammastrålningen från och ytbehandlingen på väggarna (Pettersson m fl, 1982). Den beräknade radonhalten blir då $260 \text{ Bq}/\text{m}^3$ i detta rum vid en luftväxling på 0.5 oms/h . Detta är ett något högre värde än den radonhalt ($200 \text{ Bq}/\text{m}^3$) som erhålls, om man räknar om radondotterhalten från eftermätningen 1990 med $F = 0.4$. De vid kontrollmätningarna erhållna halterna i sovrummet är 10-20% högre än den teoretiskt beräknade halten.

Radonhalterna i sovrummet i bottenvåningen har varit på ungefär samma låga nivå vid alla tre mätningarna efter åtgärd.

Den största orsaken till variationerna i radonhalter är antagligen att den verkliga F-faktorn för omräkning av radondotterhalter till radonhalter inte varit den antagna 0.5 utan betydligt lägre. Dessutom kan förändringar i luftväxlingen i suterrängvåningens sovrum ge en faktisk förändring av radonhalten i rummet.

Luftväxlingen i rummet påverkas om dörren till rummet hålls stängd eller är öppen. De i tabell 5.9 angivna luftväxlingstalen är medelvärden för flera rum och speglar därför inte förhållandet i enbart det aktuella sovrummet. En viss skillnad i radonhalt erhålls också genom olika mätmetoders onoggrannhet.

Tabell 5.9. Radonhalter inomhus. Radondotterhalter har omräknats till radonhalter dels med $F=0.4$, dels med $F=0.5$ angivna inom ().

Rum	Våning	Radonhalter Bq/m ³		Kontrollmätning	
		Spårfilm 1981	WLM 30 1990	1991	1994
Sovrum	SV	952	(160) 200	290	314
Sovrum	BV		(120) 150	144	112
Vardagsrum	BV	780			
Medelvärde		870	(140) 180	220	210
Radonsanering		S			
Luftväxling oms/h				0.52	0.47

Tidskala ¹⁾	S	1990	1991	1994

¹⁾ Tidskalan visar den relativa tidsrymden mellan åtgärder och mätningar.

Radonsanering:

S = Installation av FTX-system 1989.

Radonmätning:

1981 Radonmätning med öppen spårfilm typ Track Etch 1981-02-01-05-01.

1990 Radondottermätning med WLM 30 1990-03-26-28. Total mättid 46 timmar med halva tiden i vardera rummet. Figur T.02.15.1 i bilaga I. Utetemperatur 10° - -4°.

1991 Kontrollmätning med spårfilm 1991-02-05-04-24.

1994 Kontrollmätning med spårfilm 1994-01-31-05-05.

Sammanfattning

Radonsanering: Installation av mekanisk till- och frånluftsventilation.

Orsak till förhöjda radonhalter: Den uppmätta radondotterhalten efter åtgärd är inte representativ för radonhaltens medelvärde beroende på att den valda F-faktorn för omräkningen var högre än den faktiska.

HUS T.02.16

Byggnad: 1½-plans byggnad med suterrängvåning.

Radonkälla: Till större delen marken och till mindre del byggnadsmaterialet.

Radonåtgärd: Installation av FTX-ventilation.

Byggnad

Byggnaden är uppförd 1952 i 1½-plan plus suterrängvåning i Täby kommun. Ytterväggarna i suterrängvåningen samt såväl ytter- som innerväggarna i bottenvåningen och gavelspetsarna består av alunskifferbaserad lättbetong. Suterrängvåningens golv och tak är gjutna i betong medan de övriga bjälklagen är av trä. Gammastrålningen från byggnadsmaterialet är måttligt förhöjd, $<0.40 \mu\text{Sv/h}$ i suterrängvåningen och något lägre i de båda övriga planen.

Huset var ursprungligen försedd med självdragsventilation kompletterad med spisfläkt i kök.

Saneringsåtgärd

För att radonsanera huset installerades under våren 1982 ett mekaniskt till- och frånluftssystem med värmeåtervinning (FTX-system) av typen Rexovent RDAA 2-4-1. Fläktarna kopplades över en tyristor för varvtalsreglering. På tyristorn har gjorts ett märke för "normalt" varvtal. Vid åtminstone de båda kontrollmatningarna har den varit inställd på detta märke. Anläggningen injusterades efter montage så att tilluftsflödet blev 320 m^3 och frånluftsflödet 325 m^3 , vilket är mycket nära de tillgängliga maximala flödena. De injusterade flödena motsvarar ungefär 0.5 oms/h , eftersom husets inre volym är 625 m^3 .

Under hösten 1982 lades dräneringsledningarna om runt huset. Dagvattenssystemet 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.


Orsaker till förändrade radonhalter

Även om det finns alunskifferbaserad lättbetong i samtliga våningar, så är det en ganska begränsad mängd sådant material i förhållande till husets volym. Den har dessutom en mycket måttligt förhöjd gammastrålning. 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. Även förhållandet att radonhalten var högst i det nedersta planet vid mätningen 1991, då huset var självdragsventilerat, tyder på detta.

Tabell 5.10. Radonhalter inomhus. Radondotterhalter har omräknats till radonhalter dels med $F=0.4$, dels med $F=0.5$ angivna inom ().

Rum	Våning	Radonhalter Bq/m ³		WLM 30 1990	Kontrollmätning	
		Spårfilm 1981	IRMA 1982		1991	1994
Sovrum	SV	1284		(120) 150	286	267
Vardagsrum	BV	868		(160) 200	262	218
Medelvärde		1080	200	(140) 180	270	240
Radonsanering		S				
Luftväxling oms/h					0.56	0.63

Tidskala¹⁾ 

¹⁾ Tidskalan visar den relativa tidsrymden mellan åtgärder och mätningar.

Radonsanering

S = Installation av FTX-system 1982.

Radonmätning:

1981 Radonmätning med öppen spårfilm typ Track Etch 1981-02-21-05-15.

1982 Radonmätning med IRMA 1982-05-03-31. Utetemperatur 27° - 0°.

1990 Radondottermätning med WLM 30 1990-11-19-21. Total mättid 46 timmar med relativt jämn fördelning mellan rummen. Figur T.02.16.1 i bilaga 1. Utetemperatur 1° - -9°.

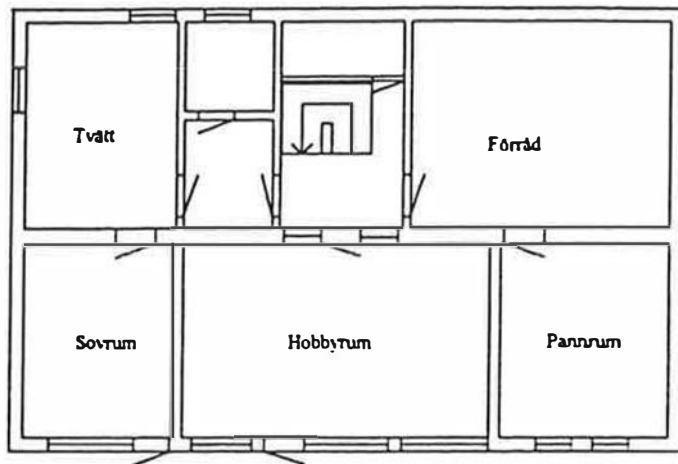
1991 Kontrollmätning med spårfilm 1991-02-05-04-24.

1994 Kontrollmätning med spårfilm 1994-02-03-04-27.

Radonmätningen 1982 har utförts under maj månad då utetemperaturer upp till 27°C uppmättes i Uppsala. Ventilationssystemet var nyligen injusterat med så gott som lika tillufts- som frånluftsflöden. Detta innebär att luftväxlingen var god och undertrycket inomhus minimalt. Trots detta uppmättes i genomsnitt 200 Bq/m³, vilket visar att även under sådana omständigheter kan det komma in en mindre mängd jordluft i byggnaden. Eftersom endast en radonmätare har använts och flyttats mellan rummen kan inget mätvärde anges för respektive rum. De aktuella rummen är dock desamma som mätts vid de övriga mätomgångarna.

WLM-mätningen i vardagsrummet visar en större förändring i radondotterkoncentrationen med betydligt högre högstavärde i vardagsrummet än i det nedre rummet. Radondotterhalten i vardagsrummet varierar nämligen mellan 76

Bq/m³ (190 Bq/m³ i radonhalt) och 127 Bq/m³ (318 Bq/m³), medan halten i sovrummet i suterrängvåningen svänger mellan 46 Bq/m³ (115 Bq/m³) och 73 Bq/m³ (182 Bq/m³). Högsta värdet i sovrummet är alltså lägre än lägsta värdet i vardagsrummet. Sovrummet ligger litet vid sidan om i suterrängvåningen och har ingen direkt förbindelse med hallen och trappan upp till bottenvåningen, se figur 5.11. Man kan därför misstänka att vissa andra utrymmen i det nedersta våningsplanet är mera utsatta för markradon än sovrummet.



Figur 5.11. Plan över suterrängvåning. Radonhalten har mätts i sovrummet till vänster på skissen.

En omräkning av radondotterhalterna från 1990 till radonhalter med den mera troliga F-faktorn för huset 0.4 ger halter i nivå med medelvärdet från IRMA-mätningen 1992 och 30-50% under kontrollmätningarnas radonhalter.

Tidsrymden mellan FTX-systemets installation och första radonmätningen är liksom i objekt U.02.04 mycket lång, ungefär 8.5 år. Mellan första radonmätningen efter åtgärd och den första kontrollmätningen 1991 är det endast 2.5 månader och mellan de båda kontrollmätningarna 3 år. Ändå är radonhaltens medelvärde vid spårfilmsmätningen 1991 dubbelt så hög som vid WLM-mätningen, medan skillnaden endast är 14% mellan kontrollmätningarna. Detta måste med största sannolikhet orsakas av olikheter i mätmetoderna, främst mättid och F-faktor.

Eftersom källan till radonproblemet till en betydande del är markradon kan radonhalten inomhus variera avsevärt över tiden även om luftväxlingen är relativt stabil. En så kort mättid som knappt två dygn är alldeles för litet för att ett rättvisande medelvärde skall erhållas. Observera också att vid WLM-mätningen hade rummet i nedre planet hela tiden en lägre radondotterhalt än rummet i

våningsplanet däröver. Vid båda kontrollmätningarna var förhållandet det omvända, vilket är mera naturligt i hus med markradon.

De vid kontrollmätningarna 1991 och 1994 uppmätta radonhalterna orsakas av uppskattningsvis av 30% radon från byggnadsmaterialet och 70% radon från marken. Installation av FTX-ventilation är därför inte den optimalt bästa lösningen för radonsanering av huset. Termiska stigkrafter kan på grund av byggnadens höjd, i princip tre våningar, ge stora variationer i tryckdifferensen över bottenplattan och därmed i inflödet av markradon. Detta är troligen förklaringen till skillnader i mätresultat vid korttids- och långtidsmätningarna.

Ovanstående resonemang ger vid handen att radonhalten i huset kan variera från tid till tid på grund av yttre omständigheter såsom temperatur och vindbelastning. En korttidsmätning är därför vanskelig och kan ge avsevärda skillnader i radonhalter jämfört med en långtidsmätning. I detta fall är skillnaden dock relativt liten. Dessutom bedöms skillnaden i radonhalter mellan mätning efter åtgärd (1990) och kontrollmätningarna till icke ringa del bero på att en för hög F-faktor använts vid omräkning av radondotterhalt till radonhalt.

Sammanfattning

Radonsanering: Installation av mekanisk till- och frånluftsventilation med värmeåtervinning.

Orsak till förhöjda radonhalter: Den uppmätta radondotterhalten efter åtgärd är inte representativ för radonhaltens medelvärde beroende på dels kort mättid, dels att den valda F-faktorn för omräkning var högre än den faktiska.

HUS T.02.19

Byggnad: Enplansbyggnad med suterrångvåning.

Radonkälla: Marken och byggnadsmaterialet till ungefär lika delar.

Radonsåtgärd: Installation av FTX-ventilation.

Byggnad

T.02.19 är ett enplanshus med suterrångvåning byggt 1971 i Täby kommun. Fastigheten ligger inom normalriskområde, men på mark som är på gränsen att klassas som högradonmark. Undergrunden utgörs av sprängstensfyllning. Samtliga väggar i suterrångvåningen är uppförda i alunskifferbaserad lättbetong, nedersta plattan och mellanbjälklaget av betong. Övriga byggnadsdelar är av trä. Gammastrålningen från lättbetongen i suterrångvåningens ytterväggar är maximalt $0.90 \mu\text{Sv/h}$, något lägre från innerväggarna.

Byggnaden hade före radonsaneringen självdragsventilation kompletterad med spisfläkt i kök.

Saneringsåtgärd

Radonsanerande åtgärder vidtogs 1982 och bestod av att ett mekaniskt till- och frånluftssystem med värmeväxlare (FTX-system) av fabrikat Kantherm installerades. Fläkten är kopplad över en varvtalsregulator med två fläkthastigheter. Normalt används "min-läge", men det råder delade meningar om systemet kördes på max- eller min-läge vid mätningen närmast efter saneringen.

Orsaker till förändrade radonhalter

"Blåbetong" finns endast i suterrångvåningens väggar. Vid en luftväxling på 0.5 oms/h bör radon från byggnadsmaterialet ge i storleksordningen 170 Bq/m^3 i detta plan. De vid kontrollmätningarna erhållna radonhalterna är dubbelt så höga, vilket innebär att marken bör bidra med ungefär lika mycket radon som byggnadsmaterialet.

Radondottermätningen 1982 gav betydligt lägre värden än vad kontrollmätningarna har gjort även om radondotterhalterna räknas om till radonhalter med F-faktor 0.4. Mätningen har dock ett par max-värden på 240 och 325 Bq/m^3 . Vid de samtidigt utförda radon- och radondottermätningarna i april 1995 erhöles för sovrummet emellertid en så pass låg F-faktor som 0.17. Räknas radondotterhalten från 1982 års mätning i sovrummet om med denna F-faktor erhålls 325

Bq/m³ i radonhalt, alltså en halt i nivå med kontrollmätningarnas radonhalt i arbetsrummet på samma våningsplan.

Tabell 5.11. Radonhalter inomhus. Radondotterhalter har omräknats till radonhalter dels med $F=0.4$, dels med $F=0.5$ angivna inom ().

Rum	Våning	Radonhalter Bq/m ³			Kontrollmätning		System 30 1995
		Filter 1981	WLM 300 1982	Fläkt	1991	1994	
Sovrum	SV	1520	(110) 138	Min	350	337	520
Arbetsrum	SV						
Hall	BV						
Sovrum	BV	1250	(90) 112	Max	178	181	
Medelvärde		1380	(100) 120		260	260	400
Radonsanering		S					
Luftväxling oms/h						0.48	
Tidskala ¹⁾		S 1982			1991	1994	1995

¹⁾ Tidskalan visar den relativa tidsrymden mellan åtgärder och mätningar.

Radonsanering:

S = Installation av FTX-system 1982.

Radonmätning:

1981 Momentan radondottermätning enligt Kusnetz' metod 1981-10-09.

Utetemperatur 12° - 2°.

1982 Radondottermätning med WLM 300 1982-06-10-14. Total mättid 87 timmar enligt figur 5.12. Utetemperatur 15° - 1°.

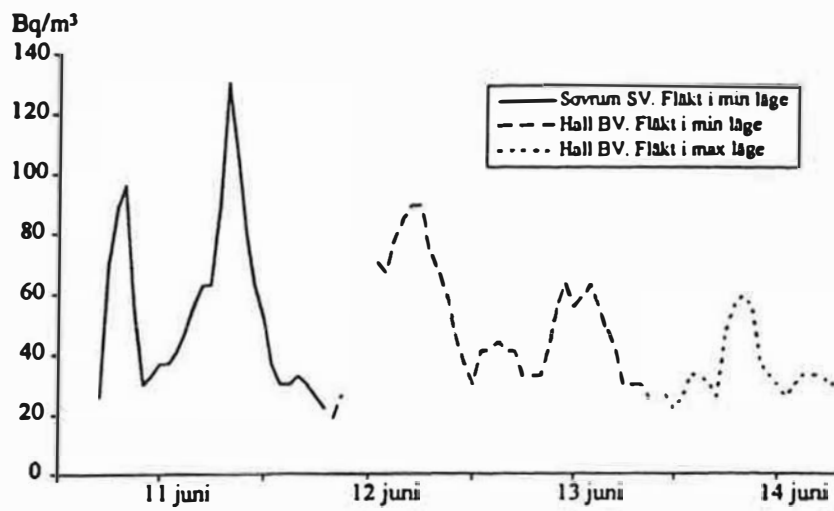
1991 Kontrollmätning med spårfilm 1991-02-05-04-24.

1994 Kontrollmätning med spårfilm 1994-01-28-04-27.

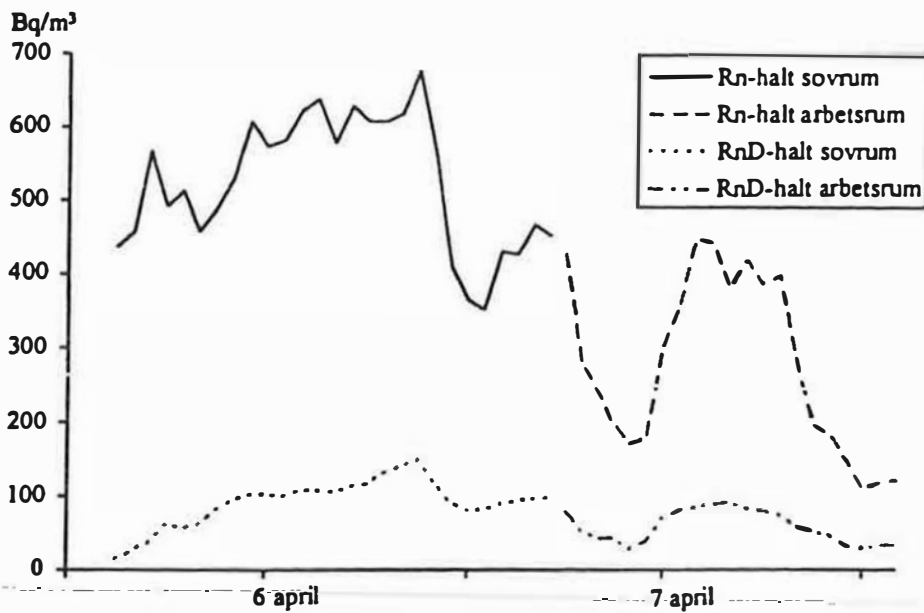
1995 Radondottermätning med System 30 1995-04-05-07. Total mättid 48 timmar enligt figur 5.13. Utetemperatur 7° - -3°.

Mätningen med System 30 i april 1995 gav under första dygnet en relativt hög radonhalt i sovrummet, medan halten i arbetsrummet under det andra dygnet endast var drygt hälften så hög. Radonhaltens dygnsvariationer var ganska karakteristiska för rum med markradon.

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 sugas in i varierande mängd. Omräkning med en vald för hög



Figur 5.12. Radondotterhalter efter radonsanering uppmätta med WLM 300 under tiden 1982-06-10-14.



Figur 5.13. Radon- och radondotterhalter uppmätta med System 30 under tiden 1995-04-05-07. F-faktor 0.12-0.28, snitt 0.20.

F-faktor har också bidragit till att mätningen efter åtgärd visar ett för lågt värde jämfört med kontrollmätningarnas radonhalter.

Sammanfattning

Radonsanering: Installation av mekanisk till- och frånluftsventilation.

Orsak till förhöjda radonhalter: Den uppmätta radondotterhalten efter åtgärd är inte representativ för radonhaltens medelvärde beroende på dels kort mättid med något hög utetemperatur, dels att den valda F-faktorn för omräkning var större än den faktiska.

HUS T.02.20

Byggnad: Tvåplansbyggnad med platta på mark.

Radonkälla: Till största delen byggnadsmaterialet i bottenvåningen.

Radonåtgärd: Installation av FTX-ventilation.

Byggnad

Huset är ett tvåplanshus med platta på mark byggt 1968. Det är beläget inom normalriskområde i Täby kommun. Samtliga väggar i bottenvåningen består av alunskifferbaserad lättbetong, bjälklaget däröver är av trä liksom huset i övrigt. Gammastrålningen från lättbetongen i bottenvåningens ytterväggar är maximalt 0.45 $\mu\text{Sv/h}$ och från innerväggarna 0.50 $\mu\text{Sv/h}$.

Byggnaden hade före radonsaneringen självdragsventilation kompletterad med spisfläkt i kök.

Saneringsåtgärd

Byggnaden radonsanerades 1989 genom att en mekanisk till- och frånluftsventilation med värmeåtervinning av fabrikat Kantherm installerades. Fläktaggregatet placerades i ett utrymme i suterrängvåningen. 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 riktningförändringen finns i växlarpaketet sugts därför tillbaka in i huset.

Orsaker till förändrade radonhalter

Huset är byggt med "blåbetong" i det nedre våningsplanets väggar. Gammastrålningen är relativt låg och väggarnas ytskikt är i god kondition. Radonbidraget från väggarna bedöms därför vara ringa vid en normal luftväxling i rummen.

Radonhalten var före åtgärd mycket hög i bottenvåningen. WLM-mätningen i slutet av juni 1987 gav radondottervärden på 940-1440 Bq/m³. Troligen var luftväxlingen liten under mätningen beroende på dåligt fungerande självdragsventilation föranledd av en förhållandevis hög utetemperatur och stängda dörrar till mät rummen. Radonbidraget från byggnadsmaterialet kan därför vara stort vid detta tillfälle. Den mekaniska ventilationen har gett en mycket stor reduktion av radonhalten, vilket också stöder ovanstående resonemang.

Vid WLM-mätningen 1989, omedelbart efter installationen av FTX-anläggningen, kördes denna på högsta hastighet, vilket gav en mycket låg radondotterhalt. Vid kontrollmätningen 1991 var hastigheten däremot reducerad till minimifart. Radonhalten blev därmed något högre än vid mätningen efter åtgärd.

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

Tabell 5.12. Radonhalter inomhus. Radondotterhalter har omräknats till radonhalter dels med $F=0.4$, dels med $F=0.5$, värden inom ().

Rum	Våning	Radonhalter Bq/m ³		WLM 30 1989	Kontrollmätning	
		Spårfilm 1981	WLM 300 1987		1991	1994
Vardagsrum	BV			(76) 95	182	272
Gästtrum	BV		(1884) 2355			
Sovrum	BV		(2880) 3600	(70) 90		
Arbetsrum	ÖV	946				
Sovrum	ÖV	1104		(18) 22	80	179
Medelvärde		1020	(2380) 2980	(50) 70	130	230
Radonsanering				S		
Luftväxling oms/h					0.99	

Tidskala¹⁾

¹⁾ Tidskalan visar den relativa tidsrymden mellan åtgärder och mätningar.

Radonsanering:

S = Installation av FTX-system 1989.

Radonmätning:

1981 Radonmätning med öppen spårfilm typ Track Etch 1981-01-30-04-27.

1987 Radondottermätning med WLM 300 1987-06-23-25. Total mättid 47 timmar med jämn fördelning mellan rummen. Figur T.02.20.1 i bilaga 1. Utetemperatur 18° - 9°.

1989 Radondottermätning med WLM 30 1989-01-13-16. Total mättid 71 timmar med förhållandevis jämn fördelning mellan rummen. Figur T.02.20.2 i bilaga 1. Utetemperatur +6° - -3°.

1991 Kontrollmätning med spårfilm 1991-02-05-04-24.

1994 Kontrollmätning med spårfilm 1994-01-31-04-27.

Sammanfattning

Radonsanering: Installation av mekanisk till- och frånluftsventilation med värmeåtervinning.

Orsak till förhöjda radonhalter: Orsaken till den vid kontrollmätningen 1994 förhöjda radonhalten i förhållande till 1991 års mätning är en krånglande fläkt motor. Den marginella förhöjningen i radonhalt mellan mätningen efter åtgärd och kontrollmätningen 1991 är en följd av dels en något lägre luftväxling 1991, dels en vald något för hög F-faktor för omräkning av radondotterhalter till radonhalter.

5.3 TÄTNING AV PLATTA MOT MARK

HUS G.04.02

Byggnad: Enplanshus med suterrängvåning.

Radonkälla: Marken.


Radonåtgärd: Tätning av platta på mark och luftning av övergolv.

Byggnad

Objektet är ett enplanshus med suterrängvåning byggt 1959. Det är beläget på en rullstensås i norra delen av Gävle. Golvet i och bjälklaget över suterrängvåningen består av betong, väggarna i detta plan av sandbaserad lättbetong. Huset i övrigt är uppfört i trä. Gammastrålningen från byggnadsmaterialet är ej förhöjd.

Tabell 5.13. Radonhalter inomhus. Radondotterhalter har omräknats till radonhalter dels med $F=0.4$, dels med $F=0.5$ angivna inom ().

Rum	Våning	Radonhalter Bq/m ³		Kontrollmätning	
		IRMA 1984	WLM 30 1988	1991	1994
Sovrum	SV	592	(126) 158	304	236
Hall	BV	318	(104) 130		
Vardagsrum	BV			256	222
Medelvärde		460	(110) 140	280	230
Radonsanering		S			

Tidskala¹⁾ 

¹⁾ Tidskalan visar den relativa tidsrymden mellan åtgärder och mätningar.

Radonsanering:

S = Ventilation av övergolv 1988.

Radonmätning:

1981 Radonmätning med IRMA 1984-10-11-23. Utetemperatur 13° - 0°.

1988 Radondottermätning med WLM 30 1988-10-24-26. Total mättid 47 timmar med jämn fördelning mellan rummen. Figur G.04.02.1 i bilaga I. Utetemperatur 5° - -5°.

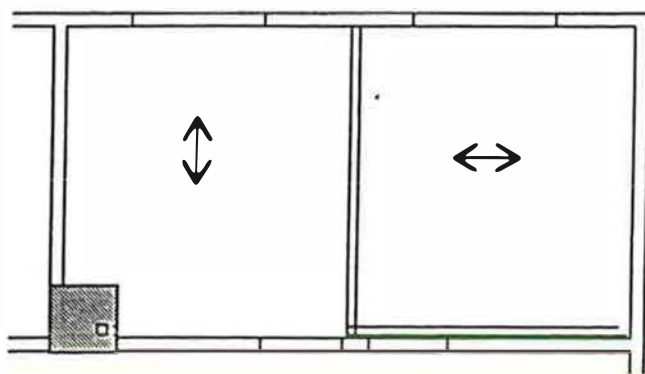
1991 Kontrollmätning med spårfilm 1990-12-10-1991-03-20.

1994 Kontrollmätning med spårfilm 1994-01-19-04-27.

Ventilationen är av typen självdrag med spisfläkt. I nedersta våningsplanet finns en springventil i ett av de båda bostadsrummen. I övrigt finns inga uteluftsdon i huset med undantag av pannrummet. Centralvärme från oljeeldad panna försedd med elpatron.

Saneringsåtgärd

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 sugts ner vid golvvinkeln längs den motstående väggen. I det högra rummet enligt figur 5.14 placerades det perforerade röret längs den högra väggen och kopplades till det perforerade röret i det vänstra rummet medelst ett operforerat rör längs husets hjärtvägg. Det hela anslöts till en kanal i den murade skorstensstocken. Erforderlig sugkraft ansågs uppstå genom termiska stigkrafter i den vertikala kanalen i skorstenen.



- ↔ Träreglarnas riktning i övergolv
- Perforerad kanal
- == Operforerad kanal

Figur 5.14. Skiss över luftningskanal i övergolv på betongplatta under suterrängvåningen.

Orsaker till förändrade radonhalter

Radonproblemet i byggnaden orsakas av radon från marken. Med tanke på att huset ligger på en grusås var emellertid den ursprungliga radonhalten i huset inte speciellt hög.

Den utförda radonåtgärden hade en god effekt trots att den berörde bara en mindre del av byggnadsarean. Skillnaden i uppmätta radonhalter vid WLM-mätningen å ena sidan och spårfilmsmätningarna å den andra kan bero på, utöver skillnader i mätmetoder och -tider, att man har värmt huset genom oljeeldning vid WLM-mätningen och med el vid kontrollmätningen 1991. Luftväxlingen i golvet måste påverkas till det bättre när pannan eldas med olja eftersom skorstenen då blir varmare och stigkrafterna i kanalema i skorstenen därmed ökar. Fastighetsägaren minns inte hur fallet var vid WLM-mätningen, men håller för troligt att olja användes vid WLM-mätningen och el vid kontrollmätningen 1991.

Vintern 1994 var ovanligt kall, varför oljeeldning var aktuell under två av de tre månaderna för kontrollmätningen 1994. Radonhalten 1994 var också marginellt lägre än under mätningen 1991, men inte så låg som vid WLM-mätningen. Det generellt större undertrycket i suterrängvåningen under mätperioden 1994 än under motsvarande period 1991, orsakat av temperaturskillnaden inne-ute, kan orsaka ett större läckage av jordluft i andra delar av huskonstruktionen mot marken. Detta minskar den effekt på radonhalten som golventilationen ger trots att oljeeldningen indirekt skapar en bättre sugkraft i rören under golven.

Sammanfattning

Radonsanering: Förbättrad ventilation av luftspalt i golv i två rum utgörande cirka hälften av byggnadsytan. Luftspalten har anslutits till kanal i skorstenen.

Orsak till förhöjda radonhalter: Effekten av åtgärden är beroende av dels om huset värms med olja eller el, dels lufttrycksdifferensen över husets bottenplatta.

HUS U.04.05

Byggnad: Enplans radhus med suterrängvåning.

Radonkälla: Marken.

Radonåtgärd: Tätning av platta på mark.

Byggnad

Objektet är ett yttre radhus i en radhuslänga i Upplands Väsby. Området, där fastigheten är belägen, är klassat som högriskområde. Huset består av bottenvåning och en suterrängvåning. Byggnadsåret är 1972. Byggnaden är troligen grundlagd på längsgående betongplattor. Motfyllda grundmurar, lägenhetsskiljande väggar, bottenplatta och mellanbjälklag utgörs av platsgjuten betong medan övriga väggar och vindsbjälklag består av träkonstruktion. Gammastrålningen från byggnadsmaterialet är inte förhöjd.

Byggnaden är försedd med självdragsventilation med uteluftsdon i fönsterkarmar i bottenvåningen. Däremot saknas uteluftsdon i suterrängplanet. Uppvärmningen är direktverkande elvärme.

Saneringsåtgärd

Fastigheten har ingått i ett BFR-projekt (Ericson, Nilsson och Schmied 1988), vars syfte var att prova och utvärdera olika byggnads- och ventilationstekniska åtgärder för radonsanering. Vid den undersökning som ingick i projektet uppmärksammades att luftväxlingen var mycket låg, uppskattningsvis 0.1-0.2 oms/h. Vidare konstaterade man att jordluft läckte in vid en durkplåtslucka över en betongbrunn innehållande dels en renslucka på spillvattenledning, dels inkommande vattenservis förlagd i ett dräneringsrör under huset. Radonhalten i den inläckande jordluften uppmättes till 28 500 Bq/m³.

Radonsaneringen utfördes 1983 och bestod i att förhindra inläckage av jordluft vid durkplåtsluckan genom att luckan försågs med tätningsslistor. Dessutom tätade man runt servisledningens genomföring genom luckan.

Luftväxlingen förbättrades något genom att 2 uteluftsdon monterades in i gillestugan samt ytterligare 6 i övriga delar av suterrängplanet.

Orsaker till förändrade radonhalter

Den förhöjda radonhalten orsakas till största delen av radon från marken. I suterrängvåningen kan radonhalten till viss del påverkas även av radon från byggnadsmaterialet.

Strax före och efter radonsaneringen gjordes radonmätningar med IRMA. Utetemperaturen var ungefär densamma under de båda mätperioderna.

Tabell 5.14 Radonhalter inomhus. Radondotterhalter har omräknats till radonhalter dels med $F=0.4$, dels med $F=0.5$ angivna inom ().

Rum	Våning	Radonhalter Bq/m ³				Kontrollmätning	
		Spårfilm 1982	IRMA 1983:1	IRMA 1983:2	WLM 300 1983:3	1991	1994
TV-rum	SV					312	350
Hall	SV	950	1037	130	(70) 90		
Vardagsrum	BV	984	511	83	(130) 160	240	323
Medelvärde		970	770	110	(100) 120	280	340
Radonsanering		S					



¹⁾ Tidskalan visar den relativa tidsrymden mellan åtgärder och mätningar.

Radonsanering:

S = Tätning 1983.

Radonmätning:

1982 Radonmätning med öppen spårfilm typ Track Etch 1982-12-22–1983-03-22.

1983:1 Radonmätning med IRMA 1983-05-22–06-11. Utetemperatur 22° - 4°.

1983:2 Radonmätning med IRMA 1983-09-07–10-17. Utetemperatur 19° - 0°.

1983:3 Radondottermätning med WLM 300 1983-09-29–30. Total mättid 23 timmar med relativt jämn fördelning mellan rummen. Figur U.04.05.1 i bilaga 1. Utetemperatur 10° - 0°.

1991 Kontrollmätning med spårfilm 1991-01-30–04-26.

1994 Kontrollmätning med spårfilm 1994-01-27–04-27.

Mätningarna visar att radonsaneringen var lyckosam, radonhalten sjönk med ca 85%. WLM-mätningen gjordes under ett dygn ungefär mitt i den andra IRMA-mätningen och gav också låga radondotterhalter. Men WLM-mätningen visar, i motsats till IRMA-mätningen, ett nästan dubbelt så högt värde i bottenvåningen som i suterrängvåningen. Diagrammet över WLM-mätningen visar också att

radonhalterens max-värde var drygt 80 Bq/m³, alltså drygt 200 Bq/m³ i radonhalt. Detta är nästan i nivå med mätvärdet i samma rum under kontrollmätningen 1991.

Vid vår besiktning av byggnaden upptäcktes läckage av jordluft vid golvvinklar i sovrum 2, TV-rum och hall. 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 utemperaturen sjunker, ökar jordluftandelen 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.

Sammanfattning

Radonsanering: Tätning av luftläckor vid durkplåtslucka i golv.

Orsak till förhöjda radonhalter: Orsaken till radonhaltens variation i huset är skillnader i lufttrycksdifferensen mellan hus och mark, vilket i sin tur beror på temperaturskillnader inne-ute och vindbelastning.

5.4 INSTALLATION AV LUFTKUDESYSTEM

HUS U.05.03

Byggnad: Enplansbyggnad med suterrängvåning.

Radonkälla: Marken.

Radonåtgärd: Installation av luftkuddesystem.

Byggnad

Objektet är en enplansbyggnad med suterrängvåning. Huset byggdes 1951 och tillbyggdes 1965. Det är beläget inom ett högriskområde i Upplands Väsby. Bottenplattan och bjälklaget över suterrängvåningen är platsgjutna. Ytterväggar och bärande innerväggar i nedre planet består av betonghålstén, övriga väggar samt vindsbjälklaget av trä. Gammastrålningen från byggnadsmaterialet är inte förhöjd.

Byggnaden är försedd med självdragsventilation förstärkt med spisfläkt i kök och en mindre frånluftsfäkt i duschrum. Tilluft erhålls genom 6 uteluftsdon i suterrängvåningen och 9 stycken i bottenvåningen. Fönstren är tätade med yllelister, som dock inte sluter helt tätt. Uppvärmning sker genom vattenburen elvärme.

Saneringsåtgärd

Huset radonsanerades 1987 genom att en anläggning enligt den s k luftkuddemetoden installerades. Anläggningen består bland annat av en 29 W kanalfäkt som genom en kanal trycker ner inneluft i en punkt under husets bottenplatta. Tryckpunkten är belägen cirka 0.5 m innanför husets ena långfasad.

Fläkten är varvtalsreglerad med hjälp av en tyristor. Vid kontrollmätningen 1991 kördes den med tyristor inställd på cirka 35%, vid kontrollmätningen 1994 på 50%.

Anläggningen var vid 1991 års besiktning försedd med ett relativt grovt dammfilter för filtrering av luften innan den trycktes ner i marken. Vid den förnyade besiktningen 1994, föranledd av detta projekt, saknades dammfilter helt.

Orsaker till förändrade radonhalter

Vid kontrollmätningen 1994 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.

Tabell 5.15. Radonhalter inomhus. Radondotterhalter har omräknats till radonhalter dels med $F=0.4$, dels med $F=0.5$ angivna inom ().

Rum	Våning	Radonhalter Bq/m ³		WLM 300 1988	Kontrollmätning	
		Spårfilm 1982	Kol 1986		1991	1994
Arbetsrum	SV		3912	(140) 175	1064 ²⁾	373
H:s rum	BV	1020				
TV-rum	BV	1082				
Hall	BV		1710	(185) 231		
Sovrum	BV				576 ²⁾	269
Medelvärde		1050	2810	(160) 200	820	320
Radonsanering			S			
Luftväxling oms/h					0.34	0.45

Tidskala¹⁾

S 1988 1991 1994

¹⁾ Tidskalan visar den relativa tidsrymden mellan åtgärder och mätningar.

²⁾ Enligt fastighetsägarens uppgifter på blankett till SGAB Radon skall dessa två resultat byta plats, d v s det högre värdet skall gälla för sovrummet i bottenvåningen och det lägre i arbetsrummet i suterrängvåningen. Enligt våra anteckningar från utplaceringen av spårfilmsdosorna skall det dock vara enligt tabellen. Detta verkar också mera troligt dels beroende på att radonet kommer från marken, dels vid jämförelse med resultatet från 1994 års kontrollmätning.

Radonsanering:

S = installation av luftutslagsystem 1987.

Radonmätning:

1982 Radonmätning med öppen spårfilm typ Track Etch 1982-02-01-05-06.

1986 Radonmätning med aktivt kol och gammasppektrometri 1986-10-21-28.

1988 Radondottermätning med WLM 300 1988-01-14-15. Total mättid 23 timmar med relativt jämn fördelning mellan rummen. Utetemperatur 5° - 0°.

1991 Kontrollmätning med spårfilm 1991-02-04-04-29.

1994 Kontrollmätning med spårfilm 1994-01-28-04-27.

Mätningen efter radonsaneringen gjordes under endast 23 timmar vid en för årstiden något hög utetemperatur, 0-5 plusgrader. Detta är ungefär 6° över medeltemperaturen för januari. Även om man jämför utemperaturen under

WLM-mätningen med medeltemperaturen under kontrollmätningperioderna finner man att den är ett par grader högre. Detta kan ha bidragit till att tryckdifferensen över husets bottenplatta var något mindre vid WLM-mätningen än vid kontrollmätningen, men knappast förklara hela skillnaden i uppmätta radonhalter.

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.

Vid vår besiktning av huset 1994 konstaterades att radonhaltig jordluft läckte in genom otätheter vid bl a elservisledningens genomförande genom bottenplattan, vid flera golvvinklar och vid lucka i garagegolvet. Dessutom läckte det vid genomföringen av tryckröret från luftkuddefläkten, vilket försämrar systemets möjlighet att skapa en luftkudde under hela huset.

Sammanfattning

Radonsanering: Anordnande av övertryck under suterrängvåningens golv enligt luftkuddemetoden.

Orsak till förhöjda radonhalter: Den i luftkuddeanläggningen ingående fläkten har körts med olika varvtal vid radonmätning efter åtgärd och vid kontrollmätningarna. Detta påverkar inte bara inläckaget av radonhaltig jordluft utan även luftväxlingen inne i huset.

5.5 INSTALLATION AV FTX-VENTILATION SAMT RADONSUG

HUS N.07.02

Byggnad: Tvåplanshus med källarvåning samt enplans tillbyggnad med krypgrund.

Radonkälla: Marken.

Radonåtgärd: Installation av FTX-ventilation och radonsug.

Byggnad

Objektet är en friliggande tvåplansvilla med källarvåning i Sollentuna, uppförd 1939. Huset kompletterades 1980 med en tillbyggnad i ett plan. Denna del grundlades på krypgrund. Huset är grundlagt med längsgående betongplattor på slutningen av en grusås. Grundmurarna är murade i betongsten. Samtliga väggar och bjälklag i våningsplanen är av trä. Gammastrålningen från byggnadsmaterialet är inte förhöjd.

Huset var före radonsaneringen försett med självdragsventilation kompletterad med spisfläkt i kök.

Saneringsåtgärd

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 av typen Bahco Minimaster. Endast källarvåningen i den äldre husdelen och bottenvåningen i tillbyggnaden anslöts till systemet.

Orsaker till förändrade radonhalter

De förhöjda radonhalterna i huset orsakas av radon från marken. Något byggnadsmaterial med förhöjd radioaktivitet finns inte i byggnaden.

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

Tabell 5.16. Radonhalter inomhus. Radondotterhalter har omräknats till radonhalter dels med $F=0.4$, dels med $F=0.5$ angivna inom ().

Rum	Våning	Radonhalter Bq/m ³		WLM 300 1984	Kontrollmätning		
		Spärfilm 1982	WLM 300 1983		1991	1994	
Gillestuga	KV	1700		(440) 550		872	
Sovrum	BV	396		(60) 75		312	
Sovrum	BV			(30) 40			
TV-rum	BV		(150) 190	(40) 50	238		
Sovrum	ÖV		(80) 100		134		
Medelvärde		1050	(120) 150	(140) 180	180	590	
Radonsanering		S1		S2			
Luftväxling oms/h						0.27	

Tidskala¹⁾

¹⁾ Tidskalan visar den relativa tidsrymden mellan åtgärder och mätningar.

Radonsanering:

S1 = Installation av radonsug 1983.

S2 = Installation av FTX-system 1984.

Radonmätning:

1982 Radonmätning med öppen spärfilm typ Track Etch enligt mätprotokoll daterat 1982-07-16.

1983 Radondottermätning med WLM 300 1983-05-10-11. Total mättid 23 timmar med relativt jämn fördelning mellan rummen. Ute temperatur enligt mätprotokoll 15° - 10°.

1984 Radondottermätning med WLM 300 1984-04-25-26. Total mättid 23 timmar med relativt jämn fördelning mellan rummen. Ute temperatur 14° - 10°.

1991 Kontrollmätning med spärfilm 1991-02-05-04-26.

1994 Kontrollmätning med spärfilm 1994-01-24-05-30.

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 rum i huset.

Den andra orsaken till de förhöjda radonhalterna 1994 är att ventilationssystemet var avstängt under nästan hela denna mätperiod.

Sammanfattning

Radonsanering: Montering av radonsug med två sugpunkter under källargolv men utan fläkt (självdreg). Tätning av sprickor i källargolv. Montering av frånluftsfläkt i grundmur till kryppgrund. Installation av mekaniskt till- och frånluftssystem med värmeåtervinning i delar av huset.

Orsak till förhöjda radonhalter: Radonmätningen 1994 har skett i andra rum och våningsplan än de övriga mätningarna, vilket resulterat i ett högre medelvärde för huset. Dessutom var FTX-ventilationen avstängd under en stor del av mätperioden 1994.

HUS U.07.05

Byggnad: Enplanshus med källarvåning.

Radonkälla: Marken och byggnadsmaterialet.

Radonåtgärd: Installation av FTX-ventilation och radonsug.

Byggnad

Objektet är ett friliggande enplanshus med källarvåning beläget inom ett normalriskområde i Upplands Väsby. Huset byggdes 1970. Det är grundlagt på långsgående betongplattor på sprängsten. Samtliga väggar i husets båda våningar består av alunskifferbaserad lättbetong. Gammastrålningen är från källarvåningens ytterväggar maximalt 0.70 $\mu\text{Sv/h}$ och innerväggar 0.50 $\mu\text{Sv/h}$, från ytter- och innerväggarna i bottenvåningen 0.45 $\mu\text{Sv/h}$ respektive 0.35 $\mu\text{Sv/h}$. Bjälklaget över källarplanet är av sandbaserad lättbetong.

Huset var ursprungligen försett med självdragsventilation samt spisfläkt i kök. Direktverkande el.

Saneringsåtgärd

Byggnaden radonsanerades 1983 genom att både en mekanisk ventilation och en radonsug installerades. Ventilationssystemet är av typen mekaniskt drivna till- och frånluftsflöden med värmeåtervinning (Rexovent). Anläggningen injusterades i samband med installationen till att ge en luftväxling motsvarande 0.5 oms/h vid full hastighet. Fläktarna är tyristorreglerade, men körs alltid på den högsta hastigheten.

Radonsugen består bl a av en fläkt typ LHG K-100 med 32W märkeffekt. Det finns endast ett sugställe, vilket är placerat relativt centralt i huset. Även radonsugen är tyristorreglerad. Under kontrollmätningen 1991 kördes den med tyristorn inställd på 50%, medan den under mätningen 1994 var inställd på maximalt varvtal.

Orsaker till förändrade radonhalter

Huset är byggt av "blåbetong". Materialets radiumhalt är emellertid inte speciellt hög. De före saneringen uppmätta radonhalterna tyder på att marken är en väl så stor radonkälla som byggnadsmaterialet.

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

Tabell 5.17 Radonhalter inomhus. Radondotterhalter har omräknats till radonhalter dels med $F=0.4$, dels med $F=0.5$ angivna inom ().

Rum	Vån	Radonhalter Bq/m ³				Kontr m. 1991:1	WLM 30 1991:2	Kontr m. 1994
		Spårfilm 1980	Spårfilm 1982	WLM 300 1983	WLM 30 1989			
Tvättstuga	KV						225	
Biljardrum	KV						600	
Gillestuga	KV	2828		880	(760) 950		350	
Sovrum	KV				(340) 425	1048		528
Annikas rum	BV	2248	1442	160				
Mats rum	BV			190				
Gästrum	BV			540				
Vardagsrum	BV		3034	240	(240) 300	298		208
Sovrum	BV				(240) 300		225	
Medelvärde		2540	2240	400	(400) 490	670	350	370
Radonsanering			S					
Luftväxling oms/h						0.80		0.59



¹⁾ Tidskalan visar den relativa tidsrymden mellan åtgärder och mätningar.

Radonsanering:

S = Installation av FTX-system och radonsug 1983.

Radonmätning:

- 1980 Radonmätning med öppen spårfilm typ Track Etch 1980-10-03–1981-01-06.
- 1982 Radonmätning med öppen spårfilm typ Track Etch 1982-02-06–05-06.
- 1983 Radondottermätning med WLM 300 1983-05-28–29. Total mättid 23 timmar. Fördelning av mättid mellan olika rum enligt figur U.07.05.1 i bilaga 1. Utetemperatur 17° - 9°.
- 1989 Radondottermätning med WLM 30 1989-11-28–30. Total mättid 47 timmar med relativt jämn fördelning mellan de olika rummen. Figur U.07.05.2 i bilaga 1. Utetemperatur 3° - -8°.
- 1991:1 Kontrollmätning med spårfilm 1991-02-06–04-26.
- 1991:2 Radondottermätning med WLM 30 1991-12-18–23. Total mättid 121 timmar. Fördelning av mättid mellan olika rum enligt figur U.07.05.3 i bilaga 1. Utetemperatur 5° - -6°.
- 1994 Kontrollmätning med spårfilm 1994-01-28–05-04.

har resultatet inte blivit helt lyckat. Vid första mätningen efter åtgärd uppmättes en genomsnittlig radondotterhalt av 160 Bq/m³, vilket motsvarar 400 Bq/m³ i radongashalt ($F = 0.4$). Utetemperaturen var vid objektet under mätdygnet drygt 13° i genomsnitt och vinden 4 m/s.

Radondottermätningen 1989 utfördes under två dygn med en för mätning normal utetemperatur. Varvtalsinställningen på FTX-systemet och radonsugen var densamma som vid mätningen 1983, d v s full hastighet på åtminstone FTX-systemets fläktar. Halterna blev nu cirka 25% högre än 1983. Under kontrollmätningen 1991 var radonsugens varvtal reducerat. Fläkten kördes med tyristor i läge 50%. Radonhalten i framför allt sovrummet i källarvåningen blev mer än dubbelt så hög som 1989, vilket måste bero på att mera radonhaltig jordluft strömmade in i huset. Efter denna mätning gick man tillbaka till full effekt även på radonsugen. Radonhalterna sjönk därmed åter till den nivå som framräknats från tidigare radondottermätningar.

Vid vår besiktning 1994 upptäcktes ett svagt flöde med jordluft vid golvvinkeln i ett källarum.

Sammanfattning

Radonsanering: Installation av mekaniskt till- och frånluftssystem med värmeåtervinning samt montering av radonsug med en sugpunkt.

Orsak till förhöjda radonhalter: Radonsugen räcker inte ens vid maximalt varvtal till att i erforderlig grad sänka lufttrycket i marken under huset. Vid kontrollmätningen 1991 kördes den dessutom på reducerad effekt.

HUS T.07.08

Byggnad: Enplanshus med källarvåning/suterrängvåning med en nivåskillnad i varje plan (halvplan).

Radonkälla: Både marken och byggnadsmaterialet.

Radonåtgärd: Installation av FTX-ventilation och radonsug.

Byggnad

Detta objekt är ett enplanshus med källarvåning/suterrängvåning med en nivåskillnad i varje plan (halvplan). Huset är byggt 1968 och beläget inom normalriskområde i Täby kommun. Ytter- och innerväggarna i hela det nedre planet består av alunskifferbaserad lättbetong. Gammastrålningen från denna är förhöjd, upp till 0.80 $\mu\text{Sv/h}$. Bjälklaget under bottenvåningen samt samliga väggar i detta plan är träkonstruktioner.

Huset var ursprungligen försett med självdragsventilation kompletterad med spisfläkt i kök.

Saneringsåtgärd

Radonsanerande åtgärder utfördes 1984 och bestod i att ett mekaniskt till- och frånluftssystem med värmeåtervinning (FTX-system) typ Rexovent RDAA installerades. Fläktarna kopplades över en varvtalsregulator med lägena "min-flöde" 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 lufttrycket 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.

Vid den obligatoriska ventilationskontrollen, som utfördes i december 1995, anmärkte besiktningsmannen på flera viktiga detaljer i ventilationssystemet. Bland annat antecknades lagerfel på fläkt samt för låga flöden över don och för lågt totalflöde på tilluftssidan. För att kunna justera frånluften till normala flöden, motsvarande cirka 0.5 oms/h i huset, måste anläggningen köras i forceringsläge. Mängden tilluft motsvarade då 67% av totala frånluftsflödet.

Tabell 5.18. Radonhalter inomhus. Radondotterhalter har omräknats till radonhalter dels med $F=0.4$, dels med $F=0.5$ angivna inom ().

Rum	Våning	Radonhalter Bq/m ³				Kontrollmätning	
		Spärfilm 1981	WLM 30 1982:1	WLM 30 1982:2	WLM 30 1984	1991	1994
Hobbyrum	SV	2472		(78) 98	(132) 165	580	640
Sovrum	SV	2642		(110) 138	(204) 255	508	397
TV-rum	BV		(400) 500		(122) 152		
Medelvärde		1900	(400) 500	(90) 120	(150) 190	540	520
Radonsanering					S		
Luftväxling oms/h						0.48	0.36

Tidskala¹⁾ S 1984 1991 1994

¹⁾ Tidskalan visar den relativa tidsrymden mellan åtgärder och mätningar.

Radonsanering:

S = Installation av FTX-system och radonsug 1984.

Radonmätning:

1981 Radonmätning med öppen spärfilm typ Track Etch 1981-02-07-04-27.

1982:1 Radondottermätning med WLM 300 1982-02-16-18. Total mättid 47 timmar. Figur T.07.08.1 i bilaga 1. Utetemperatur -1^o - -11^o.

1982:2 Radondottermätning med WLM 300 1982-06-10-14. Total mättid 87 timmar med förhållandevis jämn fördelning mellan rummen. Figur T.07.08.2 i bilaga 1. Utetemperatur 15^o - 1^o.

1984 Radondottermätning med WLM 300 1984-11-09-12. Total mättid 66 timmar med förhållandevis jämn fördelning mellan rummen. Figur T.07.08.3 i bilaga 1. Utetemperatur 6^o - 2^o.

1991 Kontrollmätning med spärfilm 1991-02-05-04-24.

1994 Kontrollmätning med spärfilm 1994-02-03-04-27.

Orsaker till förändrade radonhalter

Om radonavgången från "blåbetongen" i ytter- och innerväggar i det nedre planet antagas vara 120 Bq/m²h respektive 100 Bq/m²h blir den därav orsakade radonhalten vid 0.5 oms/h 270 Bq/m³ i denna våning. Med samma förutsättningar skulle radonhalten i suterrängvåningens sovrum vara 240 Bq/m³ och i det större hobbyrummet 170 Bq/m³, vilket stämmer förvånansvärt bra med de halter som uppmättes vid WLM-mätningen 1984, om omräkning görs med $F = 0.4$.

Varför var då radonhalten betydligt lägre vid mätningen i juni 1982, då s innan man hade vidtagit de radonsanerande åtgärderna? Under hela denna 87 timmar långa mätning var radondotterhalterna mycket låga förutom ett par timmar, då

halten plötsligt mer än fördubblades till ett max-värde på 130 Bq/m³ i radon-dotterhalt, motsvarande 325 Bq/m³ i radongashalt. Luftväxlingen är normalt mycket liten vid denna årstid i ett tillstängt självdragsventilerat hus. Radonhalten borde därför vara hög, åtminstone den del som orsakas av radon från byggnadsmaterialet. Den troligaste orsaken till den låga radonhalten är en omfattande vädring. Fastighetsägaren har uppgivit att man så gott som alltid sover för öppna fönster i två rum.

Radon-dottermätningen närmast efter saneringen gav halter som var nästan dubbelt så höga som vid mätningen dessförinnan. Detta trots att ventilationsanläggningen kördes på högsta hastighet och radonsugen var i funktion. De uppmätta medelvärdena stämmer väl överens med de radon-dotterhalter som radon från byggnadsmaterialet beräknas kunna ge. Kurvan över radon-dotterhalterna i sovrummet samt de maximala halterna tyder dock på att det i rummet även förekommer radon från marken. Radonsugen bedöms därför inte klara av att sänka lufttrycket i erforderlig grad under hela huset.

Vid kontrollmätningarna 1991 och 1994 har ventilationsanläggningen körts på minimivarv, vilket ger en betydligt mindre luftväxling än när de går på högsta hastighet. Vid den obligatoriska ventilationskontrollen 1995 upptäcktes stor obalans mellan tillufts- och frånluftsflöden, vilket gav ett större undertryck än normalt. De högre radonhalterna vid 1991 och 1994 års mätningar jämfört med de uppmätta radon-dotterhalterna kan därför bero på flera faktorer, såsom

- omräkning av radon-dotterhalt till radonhalt har gjorts med för hög F-faktor. Radon-dotterhalterna 1984 bör vara de i tabell 5.18 angivna värdena utan parentes eller ännu något högre
- kraftig obalans mellan tillufts- och frånluftsflöden har skapat ett större undertryck i huset och mera radonhaltig jordluft har sugits in
- luftväxlingen inomhus har minskats genom att ventilationsfläktarna har körts på läge "Min" istället för i forceringsläge, varvid radon från såväl marken som från byggnadsmaterialet har gett högre radonhalter
- skillnader i vädring i främst sovrummet.

Mätningen av luftväxlingen under samma perioder som radonmätningen utfördes gav 1991 i medeltal 0.48 oms/h och 1994 0.36 oms/h. Detta trots att ventilationsanläggningen kördes på minimivarv vid båda mättillfällena. Luftväxlingsmätningen har utförts i en större del av huset än vad som omfattas av radonmätningen. Vädringen påverkar därför luftväxlingen i sin helhet mera än radonhalterna i de enskilda mättrummen. Skillnaden i luftväxlingstal mellan 1991 och 1994 beror troligen på en minskad vädring under en stor del av tiden 1994, eftersom det då var betydligt kallare än under 1991.

Sammanfattning

Radonsanering: Installation av FTX-ventilation och radonsug.

Orsak till förhöjda radonhalter: Anledningen till de förhöjda radonhalterna är en kombination av orsaker. De största orsakerna bedöms vara felaktigheter i ventilationsanläggningen samt att den körts på för lågt varvtal. Vädring i varierande grad under mätningarna i ett par sovrum har också bidragit till ökade halter. Dessutom är det en effekt av att man valt en för hög F-faktor för omräkning av radondotterhalter till radonhalter.

5.6 INSTALLATION AV RADONSUG

HUS N.09.15

Byggnad: Enplanshus med suterrängvåning.

Radonkälla: Marken och byggnadsmaterialet.

Radonåtgärd: Installation av radonsug, tätning av golvlucka samt borttagning av delar av tätningslister i fönster.

Byggnad

N.09.15 är ett enplanshus med suterrängvåning. Det byggdes 1969 och är beläget i Sollentuna kommun. Fastigheten ligger inom en del av kommunen som klassas som högriskområde. Undergrunden utgörs delvis av sprängstensfyllning. Samtliga väggar i huset består av alunskifferbaserad lättbetong, nedersta plattan och mellanbjälklaget av betong. Gammastrålningen från lättbetongen i suterrängvåningen är maximalt 0.80 $\mu\text{Sv/h}$, i bottenvåningen är strålningen 0.50 $\mu\text{Sv/h}$ från ytterväggarna och något lägre från innerväggarna.

Byggnaden är försedd med självdragsventilation och spisfläkt i kök. Här finns rikligt med uteluftsdon, 7 tallriksventiler i suterrängvåningen och 4 i bottenvåningen.

Radonsanering

Byggnaden radonsanerades 1981 genom att en radonsug med en 94 W fläkt typ Ziehl RGE 140-28 inmonterades. Radonsugen har ett sugställe beläget i förråd i husets bakre del (källardel). Fläkten är placerad inomhus. Den är tyristorreglerad och körs normalt med tyristorn inställd på cirka 30%.

Efter radonmätningen 1985, som utfördes av Allmänna Ingenjörbyrå AB i ett BFR-projekt, och visade ånyo förhöjda radonhalter gjordes ytterligare radonsaneringsåtgärder. Delar av tätningslister i fönster togs bort för att förbättra intaget av uteluft och därmed öka luftväxlingen inomhus. Den otäta golvluckan, där jordluft med 58 300 Bq/m³ läckte upp i huset, tätades.

Orsaker till förändrade radonhalter

Den ursprungliga, förhöjda radonhalten orsakades av radon från såväl marken som från byggnadsmaterialet. Radonsugen tycks ha fungerat på avsett sätt och helt eliminerat bidraget från marken. Men det är ändå märkligt att radonhalten vid spårfilmsmätningen 1981, närmast efter monteringen av radonsugen, var så låg. Samtliga väggar i huset består av alunskifferbaserad lättbetong och luftväx-

lingen inomhus borde normalt inte vara så god i ett självdragsventilerat hus i senare delen av augusti och början av september. Enligt uppgift från fastighetsägaren sover man emellertid för öppet fönster i två sovrum, vilket bör ha bidragit till den låga radonhalten.

Tabell 5.19. Radonhalter inomhus. Radondotterhalter har omräknats till radonhalter med F=0.4.

Rum	Våning	Radonhalter Bq/m ³				Kontrollmätning	
		Spårfilm 1980	WLM 300 1981:1	Spårfilm 1981:2	Spårfilm 1985	1991	1994
Allrum	SV					150	284
Arbetsrum	SV		1438				
Sovrum	SV	1700	1474	180	460		
Sovrum	BV	2024	1256	160	380	140	281
Vardagsrum	BV		1180	200			
Medelvärde		1860	1340	180	420	140	280
Radonsanering			S1		S2		
Tidskala ¹⁾		1981:2	S2				
		S1	1985		1991		1994

¹⁾ Tidskalan visar den relativa tidsrymden mellan åtgärder och mätningar.

Radonsanering:

S1 = Installation av radonsug 1981.

S2 = Tätning av golvlucka, avlägsnande av delar av tätningslister i fönster 1985.

Radonmätning:

1980 Radonmätning med öppen spårfilm typ Track Etch 1980-09-15-12-14.

1981:1 Radondottermätning med WLM 300 1981-06-10. Mätlängd okänd.

1981:2 Radonmätning med öppen spårfilm typ Track Etch 1981-08-17-09-08.

1985 Radonmätning med öppen spårfilm typ Track Etch 1985-03-01-06-20.

1991 Kontrollmätning med spårfilm 1991-02-04-04-26.

1994 Kontrollmätning med spårfilm 1994-03-27-05-12.

Vid spårfilmsmätningen 1985 erhöles radonhalter som bedöms vara normala för huset under förutsättning att luftväxlingen inte påverkas av en alltför omfattande vädring. Det kan också vara så att under den kallare delen av mätperioden, som inföll under mars - juni, sjönk lufttrycket nedtill i huset p g a den termiska stigkraften så radonhaltig jordluft sögs in.

Efter tätning av golvluckan, där man hade konstaterat inläckage av jordluft, och med en för huset normal vädring under kontrollmätningen 1991 erhöles åter mycket låga radonhalter. Kontrollmätningen 1994 utfördes under en tid då det

periodvis var betydligt kallare väder än vad som var fallet 1991. Detta fick till följd att vädringen inte var lika omfattande under delar av mätningen 1994, vilket avspeglar sig i de högre radonhalterna. Orsaken till de dubbelt så höga radonhalterna vid 1994 års kontrollmätning jämfört med mätningen 1991 skulle alltså dels vara skillnaden i vädringsintensitet, dels ett lägre lufttryck inomhus 1994 p g a lägre utetemperaturer.

Sammanfattning

Radonsanering: Installation av radonsug, förbättring av luftväxling samt i viss mån tätning mot mark.

Orsak till förhöjda radonhalter: I huvudsak skillnader i vädring under de båda kontrollmätningsperioderna.

HUS N.09.16

Byggnad: Enplansbyggnad med källarvåning.

Radonkälla: Marken.

Radonåtgärd: Installation av radonsug, tätning av rör genomföringar, ventilation av en luftspalt i ett rums golv.

Byggnad

Objektet är ett enplanshus med källarvåning byggt 1947 och tillbyggt 1986. Det är beläget på normalradonmark, men strax nedanför en rullstensås i Sollentuna. Ytter- och innerväggarna i källarvåningen är murade med betonghållsten och putsade. Bjälklaget över källarvåning, vindsbjälklaget samt väggarna i bottenvåningen är av trä. Tillbyggnaden har en med avseende på markradon förstärkt bottenplatta av betong. Gammastrålningen från byggnadsmaterialet är ej förhöjd.

Ventilationen är självdrag med spisfläkt. Vådringsluckor i fönster i bottenvåningen. Huset har vattenburen värme från elpanna. Öppen spis finns i vardagsrummet.

Saneringsåtgärd

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 (under sovrum, pannrum, tvättstuga och garage). Sugpunkten under pannrummet utgörs av ett cirka 3 m djupt hål, som borrarats ner i marken. Hålets diameter är 30-40 mm. Radonsugens varvtal går inte att reglera.

Utrymmet mellan övergolv och betongplatta ventileras i sovrummet i källarvåningen. Rumsluft släpps ner i golvet utmed ena väggen och sugs bort från golvspalten vid motstående vägg med hjälp av en fläkt.

Rör genomföringar i källargolvets betongplatta har tätats mot inträngande jordluft.

Orsaker till förändrade radonhalter

Byggnaden hade före radonsaneringen en kraftig påverkan av markradon. Trots att radonmätningen gjordes i augusti månad uppmättes en genomsnittlig radon-dotterhalt på 1 750 Bq/m³ och med ett högsta värde av 2 527 Bq/m³.

Radonsaneringen tycks enligt WLM-mätningen 1986 ha varit lyckosam, men ett närmare studium av siffrorna visar fortfarande på ett litet tillskott av radon som kommer in från marken. Sovrummet i källarvåningen har en radondotterhalt på 47 Bq/m³ som medelvärde. Detta kan visserligen erhållas i ett rum med väggar av exempelvis betonghålstén, då luftväxlingen är dålig. Ventilationen bedöms dock vara bättre i sovrumsrummet än i ett normalt källarrum. Detta på grund av att ventilationen av golvet suger en hel del luft från rummet. I vardagsrummet i bottenvåningen, vilket helt omges av väggar och bjälklag av trä, uppmättes en radondotterhalt på nästan 50 Bq/m³ i genomsnitt. En så hög radondotterhalt i bottenvåningen kan inte orsakas av radonet som avgår från källarvåningens väggar och betonggolvet.

Tabell 5.20. Radonhalter inomhus. Radondotterhalter har omräknats till radonhalter dels med $F=0.4$, dels med $F=0.5$ angivna inom ().

Rum	Våning	Radonhalter Bq/m ³		Kontrollmätning	
		WLM 300 1984	WLM 300 1986	1991	1994
Sovrum	KV	(3420) 4280	(94) 118	320	346
Tillbyggnad	KV		(60) 75		
Vardagsrum	BV	(3570) 4460	(92) 115	218	256
Sovrum 3	BV		(54) 68		
Kök	BV		(110) 138		
Medelvärde		(3500) 4370	(80) 100	270	300
Radonsanering		S			

Tidskala ¹⁾	S	1986	1991	1994

¹⁾ Tidskalan visar den relativa tidsrymden mellan åtgärder och mätningar.

Radonsanering:

S = Installation av radonsug m m 1984.

Radonmätning:

1984 Radondottermätning med WLM 300 1984-08-16-17. Mättid okänd.

Utetemperatur 18° - 8°.

1986 Radondottermätning med WLM 300 1986-10-03-06. Total mättid 70

timmar. Utetemperatur 11° - 0°.

1991 Kontrollmätning med spårfilm 1991-02-04-04-26.

1994 Kontrollmätning med spårfilm 1994-01-28-04-27.

Under kontrollmättningsperioderna har utetemperaturen åtminstone tidvis varit betydligt lägre än vid WLM-mätningen 1986. Den termiska stigningen i ineluften skapar därvid ett lägre lufttryck över källargolvet, vilket resulterar i att små mängder jordluft sugas in och höjer radonhalten i huset.

De vid kontrollmätningarna 1991 och 1994 uppmätta radonhalterna är så gott som lika. Den lilla skillnaden kan bero på mätoslaggrannheten hos mätmetoden, men kan också vara en faktisk skillnad på grund av den lägre utetemperaturen under 1994 års mätning.

Sammanfattning

Radonsanering: Inmontering av radonsug med 4 sugpunkter samt ventilation under övergolv i en del av källarvåningen.

Orsak till förhöjda radonhalter: 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.

HUS U.09.17

Byggnad: Enplanshus med suterrängvåning.

Radonkälla: Marken, byggnadsmaterialet och i någon mån hushållsvattnet.

Radonåtgärd: Installation av radonsug.

Byggnad

Objektet är ett friliggande enplanshus med suterrängvåning inom normalriskområde väster om Upplands Väsby. Byggnadsåret är 1969. Huset är grundlagt på längsgående betongplattor på lera och morän. Direkt under och kring huset ligger ett dittransporterat fyllningslager som dels består av grovt grus under själva byggnaden, dels av sand utanför densamma. Tjockleken på fyllningen under huset uppskattas till ca 1 meter i genomsnitt. Väggarna i suterrängvåningen är murade av alunskifferbaserad lättbetong med gammastrålning upp till 0.80 $\mu\text{Sv/h}$ från ytterväggarna. Från innerväggarna i gillestugan är den också maximalt 0.80 $\mu\text{Sv/h}$, men i sovrummet endast 0.45 $\mu\text{Sv/h}$. Bjälklaget över suterrängplanet är av betong och byggnadsdelar däröver av trä.

Huset är försett med självdragsventilation kompletterad med spisfläkt i kök. I suterrängvåningen finns 3 uteluftsdon. 1 av donen hålls oftast stängt. I allrum, vardagsrum och gillestuga är fönstren inte öppningsbara. Övriga, öppningsbara fönster är försedda med tätningslister av gummi.

Byggnaden uppvärms med elradiatorer. Hushållsvattnet kommer från egen djupborrad brunn. Radonhalten i vattnet har uppmätts till 390 Bq/liter.

Saneringsåtgärd

Huset ingick i början av 1980-talet i ett forskningsprojekt vars syfte var att undersöka markens inverkan på radonhalten inomhus i ett mindre 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 för att eliminera denna transport. Radonsugen har en kanalfläkt av Östbergs tillverkning och med modellbeteckningen CK 110 A. Märkeffekten är 36 W. Varvtalet kan regleras med en tyristorregulator. Radonsugen har endast en sugpunkt och den är placerad ca 0.8 m innanför den bakre grundmuren, se figur 5.15.

Normalt körs radonsugsfläkten på full effekt utom vid kyla då ratten på 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. De boende har vid låg utetemperatur upplevt golven i suterrängvåningen kallare efter installationen av radonsugen.

Tabell 5.21. Radonhalter inomhus. Radondotterhalter har omräknats till radonhalter dels med $F=0.4$, dels med $F=0.5$ angivna inom ().

Rum	Våning	Radonhalter Bq/m ³					Kontrollmätning	
		Spårfilm 1980	IRMA 1983:1	WLM 300 1983:2	IRMA 1983:3	WLM 30 1989	1991	1994
Gillestuga	SV	3362					830	954
Sovrum	SV	1892	740	320	466	(100) 125	1152	1219
Förråd	SV		1080		346			
Vardagsrum	BV		140		74			
Medelvärde		2630	650	320	300	(100) 125	990	1090
Radonsanering			S					

Tidskala¹⁾

¹⁾ Tidskalan visar den relativa tidsrymden mellan åtgärder och mätningar.

Radonsanering:

S = Installation av radonsug 1983.

Radonmätning:

1980 Radonmätning med öppen spårfilm typ Track Etch 1980-10-06–1981-01-07.

1983:1 Radonmätning med IRMA 1983-04-14–27. Utetemperatur 16° - -5°.

1983:2 Radondottermätning med WLM 300 1983-11-09–10. Total mättid 22 timmar. Figur 5.16. Utetemperatur 8° - -2°.

1983:3 Radonmätning med IRMA 1983-11-14–28. Utetemperatur 8° - -11°.

1989 Radondottermätning med WLM 30 1989-10-25–27. Total mättid 45 timmar. Figur U.09.17.1 i bilaga 1. Utetemperatur 13° - 2°.

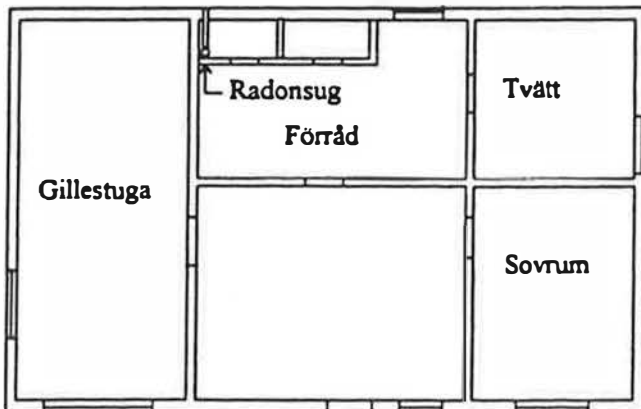
1991 Kontrollmätning med spårfilm 1991-01-30–04-24.

1994 Kontrollmätning med spårfilm 1994-01-27–04-27.

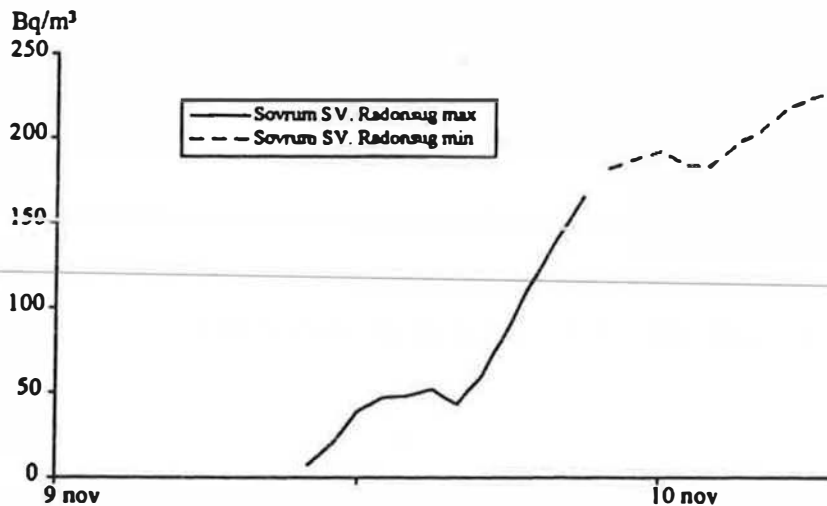
Vid vår besiktning av byggnaden i januari 1994 upptäcktes otätheter med inläckande jordluft vid tröskel till tvättstugan samt genom spricka i yttergrundmur i tvättstugan.

Orsaker till förändrade radonhalter

Före och efter installation av radonsugen 1983 mättes radonhalterna med s k Irmor. Mättiden var 13 respektive 14 dagar. Mätningen efter åtgärd gav en halvering av halterna före åtgärd eller 300 Bq/m³ i medelvärde. Den kvarstående radonhalten orsakas troligen helt av radonavgången från "blåbetongen" och med



Figur 5.15. Skiss över suterrängvåning visande placeringen av radonsugens sugpunkt.



Figur 5.16. Mätning 1983:2. Radonhalter efter radonsugning uppmätta med WLM 300 under tiden 1983-11-09-10. Radonsugen har körts på max respektive min fläkthastighet.

ett litet tillskott av radon från hushållsvattnet. Den med IRMA 1983 uppmätta radonhalten i suterrängvåningens sovrum var 466 Bq/m^3 i medeltal. En mycket grov tumregel säger att radonhalten i ett självdragsventilerat hus blir 2×10^{-4} gånger radonhalten i vattnet. Den av vattnet orsakade halten skulle således bli $0.0002 \times 390 \times 10^3 = 80 \text{ Bq/m}^3$. Sovrummet ligger vägg i vägg med tvättstugan där mycket av radonet i vattnet frigörs. Därför bör vi kunna anta att ca 50 Bq/m^3 av radonhalten i sovrummet orsakas av radon från vattnet, resterande del, 416 Bq/m^3 , skulle då komma från byggnadsmaterialet. Vi antar vidare att luftväxlingen under mätningen var i genomsnitt $0.2-0.3 \text{ oms/h}$. För att under dessa omständigheter erhålla den angivna radonhalten krävs att exhalationen från "blåbetongen" är ca $70-105 \text{ Bq/m}^2\text{h}$, vilket är rimligt.

WLM-mätningen 1983:2 gjordes endast några dagar före IRMA-mätningen 1983:3, men omfattar endast en mätplats. Under drygt halva denna mättid kördes radonsugen på full effekt för att därefter minskas till minimihastighet, se figur 5.16. Tyvärr stiger radondotterhalten kontinuerligt under mätningen med fläkten inställd på högsta hastighet, varför det är omöjligt att få fram jämförbara medelhalter vid respektive hastighet.

Resultatet från WLM-mätningen 1989 har angetts som radonhalt efter saneringsåtgärden. Mätningen gav dock endast 50 Bq/m^3 i radondotterhalt, vilket enligt ovanstående är alldeles för litet vid en för rummet normal ventilation, $0.2-0.3 \text{ oms/h}$. En kraftig sydvästlig vind bör kunna öka luftväxlingen betydligt även om tätningslisterna i fönstersnickeriet är i god kondition.

Radonsugen ger inte något större luftflöde trots ett undertryck i sugkanalen på $160-170 \text{ Pa}$ relativt matkällaren, som den är placerad i. Detta tyder på att en viss igensättning av gruslagret närmast sugstället eller möjligen i själva sugkanalen kan ha skett. En sådan igensättning bör dock äga rum successivt över en längre tid, vilket gör resultatet från WLM-mätningen 1989 ännu mera svårförklarligt. WLM-mätningen ligger nämligen betydligt närmare kontrollmätningen 1991 än tiden för åtgärden, se tidskalan i tabell 5.21.

Sammanfattning

Radonsanering: Installation av radonsug.

Orsak till förhöjda radonhalter: Mätningen närmast efter radonsaneringen visar en för huset onormalt låg radondotterhalt. Den faktiska ökningen är därför inte så stor som angetts. Igensättning av gruslagret närmast sugstället eller möjligen i själva sugkanalen kan vara orsak till ökningen.

HUS U.09.19

Byggnad: Enplanshus med suterrängvåning.

Radonkälla: Marken till största delen samt byggnadsmaterialet i väggar i källarvåningen.

Radonåtgärd: Installation av radonsug.

Byggnad

Objektet är ett friliggande enplanshus med suterrängvåning inom högriskområde i Upplands Väsby. Byggnadsåret är 1972. Huset är enligt uppgift grundlagt på långsgående betongplattor på sprängstensfyllning och/eller morän. Väggarna i suterrängvåningen består av alunskifferbaserad lättbetong med gammastrålning upp till 0.55 $\mu\text{Sv/h}$. Bjälklaget över suterrängplanet och byggnadsdelarna däröver är av trä.

Huset är försett med mekanisk frånluftsventilation. Två uteluftsdon i suterrängvåningen, vilka ofta hålls stängda.

Saneringsåtgärd

Huset radonsanerades 1984 genom att en radonsug av konventionell typ installerades. Radonsugen har fyra sugställen för sänkning av lufttrycket under betonggolvet. Den varvtalsregleras efter årstiden med hjälp av en tyristor. Man har dock inte kontrollerat vad olika fläkthastigheter har för inverkan på radonhalten vid varierande temperaturförhållanden utomhus utöver de mätningar som redovisas i tabell 5.22.

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 WLM-mätning, men troligen var det maximal hastighet. Den då uppmätta radon-dotterhalten och det faktum att det var första mätningen efter en enligt fastighetsägaren dyr installation tyder på detta.

Orsaker till förändrade radonhalter

Den förhöjda radonhalten i huset orsakas i huvudsak av radon från marken. I suterrängplanet erhålls också ett mindre bidrag från byggnadsmaterialet i väggarna, vilket är "blåbetong" med måttlig radiumhalt.

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 radon-dotterhaltens medelvärde var 70 Bq/m³ och den maximala halten 99 Bq/m³. 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° och högst +2°, alltså en ganska normal temperatur för eldningssäsongen.

Tabell 5.22 Radonhalter inomhus. Radondotterhalter har omräknats till radonhalter dels med $F=0.4$, dels med $F=0.5$ angivna inom ().

Rum	Våning	Radonhalter Bq/m ³			Kontrollmätning	
		Spårfilm 1982	WLM 300 1983	WLM 300 1985	1991	1994
Hall	SV	2328	2475			
Sovrum 2	SV				1596	503
Matsal	BV			(92-198)	115-248	1474
Vardagsrum	BV	1420	4490			428
Medelvärde		1870	3480	(140) 175	1540	470
Radonsanering			S			

Tidskala¹⁾ S ————— 1985 ————— 1991 ————— 1994

¹⁾ Tidskalan visar den relativa tidsrymden mellan åtgärder och mätningar.

Radonsanering:

S = Installation av radonsug 1984.

Radonmätning:

1981 Radonmätning med öppen spårfilm typ Track Etch 1982-03-02-06-02.

1983 Radondottermätning med WLM 300 1983-12-12-13. Total mättid 21 timmar med ungefär halva tiden i vardera rummet. Figur U.09.19.1 i bilaga 1. Utetemperatur 1° - -14°.

1985 Radondottermätning med WLM 300 1985-11-12-13. Total mättid 23 timmar. Utetemperatur 2° - -4°.

1991 Kontrollmätning med spårfilm 1991-01-30-04-26.

1994 Kontrollmätning med spårfilm 1994-01-27-04-25.

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 $F = 0.3$.

Sammanfattning

Radonsanering: Installation av radonsug med en sugpunkt.

Orsak till förhöjda radonhalter: Skillnader i varvtal på radonsugens fläkt vid de olika radonmätningarna är den största orsaken till variationerna i radonhalterna.

5.7 INSTALLATION AV RADONBRUNN

HUS G.10.02

Byggnad: Större 1½-plansbyggnad, typ herrgårdsstil, delvis med källare. Resterande del utgörs av torpargrund. Grundmurar av natursten, s k bruksmurar.

Radonkälla: Marken.

Radonåtgärd: Installation av radonbrunn.


Byggnad

Huset är ett äldre, relativt stort trähus i 1½-plan, Byggnadsåret är okänt, men den senaste ombyggnaden gjordes 1988. Fastigheten är belägen på en rullstensås i Gävle kommun. Byggnaden innehåller en kontorslokal och en bostad. Under en del av huset finns det en källare med naturstensmurar och tegelvalv, under resterande del är det torpargrund med träbjälklag. Väggarna och bjälklagen i övrigt är av trä. Gammastrålningen från byggnadsmaterialen är ej förhöjd.

Ursprungligen var huset försett med självdragsventilation.

Tabell 5.23. Radonhalter inomhus. Fortsättning i tabell 5.24.

Rum	Våning	Radonhalter Bq/m ³					
		Spårfilm 1983	IRMA 1983-4 1:a	2:a	3:e	4:e	5:e
Källare			7620				
Kök	BV	3200	960				
Sovrum	BV		800				
Vardagsrum	BV		1020	1086	974	700	476
Kontorsrum	BV		880				
Expedition	BV		570				316
Sovrum	ÖV	1400	650	1026	894	836	258
Medelvärde		2300	810 ²⁾	1060	930	770	350
Radonsanering			S1				

Tidskala¹⁾ 

¹⁾ Tidskalan visar den relativa tidsrymden mellan åtgärder och mätningar.

²⁾ Källarens radonhalt är ej medräknad i medelvärdet.

Övrig tabelltext efter tabell 5.24.

Tabell 5.24. Radonhalter inomhus. Fortsättning från tabell 5.23. Radon-dotterhalter har omräknats till radonhalter dels med $F=0.4$, dels med $F=0.5$ angivna inom ().

Rum	Våning	Radonhalter Bq/m ³			WLM 1989	Kontrollmätning	
		IRMA 1985	IRMA 1987	TLD-dosa 1988		1991	1994
Sovrum	BV		208	150	(20)	25	
Vardagsrum	BV	230					
Personalrum ²⁾	BV						420 512
Kontorsrum	BV	406	156				
Expedition	BV	230	242		(140)	175	560 746
Sovrum	ÖV	204	356	160	(80)	100	
Medelvärde		270	240	160	(80)	100	490 630
Radonsanering		S2					



¹⁾ Tidskalan visar den relativa tidsrymden mellan åtgärder och mätningar.

²⁾ Personalrummet tillkom vid ombyggnaden 1988. Det utgjorde tidigare en del av vardagsrummet.

Radonsanering:

S1 = Installation av FTX-system 1983.

S2 = Installation av radonbrunn 1988.

Radonmätning:

1983 Radonmätning med spårfilm 1983-02-21-05-29.

1983-4 5 omgångar radonmätning med IRMA enligt brev 1984-05-28 från Statens institut för byggnadsforskning. Tiden för mätomgång 1 är 1983-10-14-28, men obekant för de övriga mätomgångarna.

1985 Radonmätning med IRMA 1985-11-11-26. Utetemperatur 2° - -8°.

1987 Radonmätning med IRMA 1987-10-15-29. Utetemperatur 14° - 0°.

1988 Radonmätning med koldosa innehållande TLD 1988-05-18-06-08. Utetemperatur 26° - 2°.

1989 Radondottermätning med WLM 30 1989-03-09-13. Total mättid 95 timmar varav 50 timmar i expedition och resterande tid jämnt fördelad på de övriga två rummen. Figur G.10.02.1 i bilaga 1. Utetemperatur 7° - -3°.

1991 Kontrollmätning med spårfilm 1990-12-12-1991-03-16. Radonbrunnens fläkt i läge 2.

1994 Kontrollmätning med spårfilm 1994-01-18-04-25. Radonbrunnens fläkt i läge 4.

Saneringsåtgärd

Ett första försök att radonsanera byggnaden gjordes 1983 då ett mekaniskt till- och frånluftssystem (FTX-system) typ RDKA-01-0-1 från Fläkt installerades. Fläktarna har en märkeffekt på 150 W. Varvtalet kan med hjälp av transformator regleras i 3 steg utöver 0-läget.

I början av år 1988 byggdes delar av bottenvåningen om. Bostadens vardagsrum flyttades över till kontorslokalen och inreddes till bland annat personalrum och WC. I samband härmed ändrades ventilationen. Luftväxlingen ökades i dessa utrymmen på bekostnad av luftväxlingen i övriga huset eftersom anläggningens totala kapacitet inte ändrades.

Samtidigt som ombyggnaden genomfördes monterades två radonbrunnar i marken utanför huset. Båda brunnarna är placerade relativt nära varandra på samma sida om byggnaden. Kontorslokalen i huset är belägen längst bort från radonbrunnarna. Brunnarna är 400 mm i diameter och har varvtalsreglerade fläktar medelst transformator med 5 effektlägen.

Orsaker till förändrade radonhalter

Marken utgör den enda radonkällan för huset. Den relativt stora byggnaden är belägen högt upp på grusåsen. Radonhaltig jordluft transporteras därför upp i huset dels genom det normala undertrycket i huset, dels till följd av de termiska stigkrafterna i själva åsen, när utemperaturen är lägre än temperaturen inomhus respektive i jordluften.

Installationen av FTX-systemet innebar att radonhalten i stort sett halverades i huset. Under de första IRMA-mätningarna kördes fläktarna på effektläge 2 för att senare ändras till läge 3, d v s maximalt varvtal. Radondotterhalten sjönk därvid ner till nivån 80-150 Bq/m³.

Vid ombyggnaden 1988 drogs nya rör till personalrum och WC för bland annat vatten och avlopp. 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 1988 och 1989 års korttidsmätningar. 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. Radonbrunnarna gav vid denna fläkthastighet en ytterst begränsad effekt på lufttrycket i marken, framförallt vid "Expedition", som ligger längst bort i huset räknat från radonbrunnarna. Radonhalten i expeditjonsrummet var dubbelt så hög som vid mätningen i oktober 1983. I personalrummet var radonhalten däremot något lägre än i motsvarande rum före ombyggnaden, d v s vardagsrummet. FTX-systemets fläktar kördes på

samma hastighet vid de båda radonmätningarna. På grund av ombyggnaden var troligen luftväxlingen bättre 1991 i personalrummet än i vardagsrummet 1983, medan förhållandet var det omvända i rummet för expeditionen. Den kraftiga ökningen av radonhalten i det senare rummet tyder på att betydligt mera jordluft läckte in 1991 än 1983. Detta borde vara fallet även i personalrummet, men här minskade radonhalten, vilket måste innebära att radonbrunnarna hade en viss effekt på läckaget i personalrummet.

Radonmätningen 1994 skedde under en period som till stora delar var betydligt kallare än tiderna för mätningen såväl 1991 som mätningarna 1988 och 1989. Nu kördes ventilationsanläggningen åter på högsta effekt, medan läge 4, det näst högsta, användes för radonbrunnarna. Radonhalterna sjönk följdriktigt i förhållande till halterna 1991, men inte till en så låg nivå som vid de båda andra mätningarna. Detta kan bero på att radonbrunnarna inte förmår sänka lufttrycket i marken tillräckligt mycket för att helt kunna förhindra inläckaget av jordluft vid så pass låg utetemperatur som tidvis var fallet 1994.

Sammanfattning

Radonsanering: Installation av mekaniskt till- och frånluftssystem samt montering av två radonbrunnar.

Orsak till förhöjda radonhalter: Ventilationsanläggningen och de båda radonbrunnarna har körts med olika fläkthastigheter vid de olika radonmätningarna. Radonbrunnarna förmår inte skapa ett tillräckligt lågt lufttryck 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.

HUS F.10.10

Byggnad: 1½-planshus med källarvåning.

Radonkälla: Marken.

Radonåtgärd: Installation av radonbrunn.

Byggnad

Hus F.10.10 är ett 1½-plans hus med källarvåning byggt 1968. Byggnaden är belägen på en grusås i Falun. De yttre och inre grundmurarna består av betonghålstén, källargolvet och bjälklaget över källarvåningen är av betong. I övrigt är byggnadsmaterialet trä med kalksandsten som fasadbeklädnad. Gammastrålningen i huset är inte förhöjd.

Tabell 5.25. Radonhalter inomhus.

Rum	Våning	Radonhalter Bq/m ³			Kontrollmätning	
		Spårfilm 1985	Spårfilm 1986	Kol 1988	1991	1994
Gillestuga	KV	2800	2600	52		
Vardagsrum	BV	2200	2000	56	170	501
Sovrum	ÖV				174	440
Medelvärde		2500	2300	60	170	470
Radonsanering				S		



¹⁾ Tidskalan visar den relativa tidsrymden mellan åtgärder och mätningar.

Radonsanering:

S = Installation av radonbrunn 1988.

Radonmätning:

1985 Radonmätning med spårfilm, mätstart 1985-02-17. Mättidens längd är okänd.

1986 Radonmätning med spårfilm 1986-02-02-04-26.

1988 Radonmätning med aktivt kol och gammaspektrometri 1988-11-14-21. Ute temperatur 4° - -16°.

1991 Kontrollmätning med spårfilm 1990-12-18-1991-03-23.

1994 Kontrollmätning med spårfilm 1994-01-25-04-27.

Byggnaden är försedd med självdragsventilation kompletterad med spisfläkt i kök. Uteluftsdon finns i form av 2 tallriksventiler i källarvåningen och 4 springventiler i bottenvåningen.

Saneringsåtgärd

Radonsaneringen utfördes 1988 och bestod i att en radonbrunn monterades i marken utanför huset. Brunnens är försedd med en 146 W fläkt som varvtalsregleras med hjälp av en femstegs transformator.

Orsaker till förändrade radonhalter

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, d v s läge 1. Variationerna i de uppmätta radonhalterna stämmer väl med de använda varvtalen vid respektive mätning.

Sammanfattning

Radonsanering: Installation av radonbrunn.

Orsak till förhöjda radonhalter: Radonbrunnens fläkt har körts på allt lägre varvtal vid de tre radonmätningarna efter radonsaneringen.

HUS N.10.13

Byggnad: 1½-plansbyggnad med källarvåning.

Radonkälla: Marken.

Radonåtgärd: Installation av radonbrunn, tätning av sprickor, ytbehandling av källargolv samt förbättring av luftväxling inomhus.

Byggnad

Huset är ett trähus i 1½-plan och med källarvåning. Byggnadsåret är 1923. Fastigheten är belägen på en rullstensås i Sollentuna. Källarväggarna är av betong med inblandning av sparsten. Bjälklaget över källarvåningen och byggnadsdelarna däröver är av trä. Gammastrålningen från byggnadsmaterialen är ej förhöjd.

Huset var ursprungligen försett med självdragsventilation och med spisfläkt i kök. Före radonsaneringen hade ventilationen kompletterats med mindre fläktar i badrum och WC. I källarvåningen finns tre uteluftsdon av typen klaffventiler utöver luftintaget i pannrummet. I bottenvåningen finns ett uteluftsdon i ett rum. Samtliga uteluftsdon hålls alltid öppna. Huset har centralvärme med oljeeldad panna.

Saneringsåtgärd

Ett första försök till radonsanering utfördes 1983. Det bestod i att öka luftväxlingen i källarvåningen med hjälp av en mindre fläkt, typ Pax, som monterades i tvättstugans yttergrundmur. Fläkten suger luft från tvättstugan och blåser ut den i det fria.

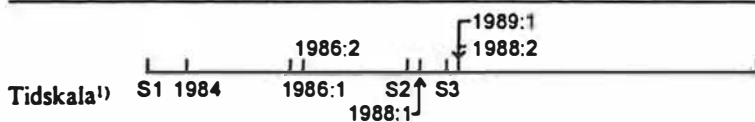
Under 1987 lagades ett antal sprickor i källargolvet och hela golvet i källarvåningen ytbehandlades med golvlackfärg.

En radonbrunn av konventionell typ monterades i slutet av 1988 i marken utanför byggnaden. Avluftsörret 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 är en östbergsfläkt CK 250C med en märkeffekt på 192 W. Den kan varvtalsregleras i 5 steg. Vid kontrollmätningen 1991 var fläkten inställd på läge 4 och vid kontrollmätningen 1994 på läge 5.

Under 1991 byttes frånluftsfläktarna i badrum och WC ut mot nya av typen Combac med märkeffekt 28 W. Dessutom monterades ett par uteluftsdon i källarvåningen och delar av tätningslister i fönstren togs bort. Frånluftsfläktarna körs kontinuerligt. Vid kontrollmätningen 1994 gick fläkten i källarvåningen på maximal hastighet medan de övriga frånluftsfläktarna kördes på cirka halv effekt.

Tabell 5.26. Radonhalter inomhus. Radondotterhalter har omräknats till radonhalter med $F=0.4$. Fortsättning i tabell 5.27.

Rum	Vån	Radonhalter Bq/m ³								
		Spårfilm 1982	WLM 1984	WLM 1986:1	WLM 1986:2	WLM 1986:2	WLM 1986:2	WLM 1988:1	WLM 1988:2	WLM 1989:1
					Låg	Med	Hög			
Garage	KV						3375			
Källare	KV							3050	2610	1220
Vardagsrum	BV	6150	522	3800	3160	2225	2150	1320		1730
Sovrum 1	ÖV	8912	365	4410	2400	1950	1910		2680	1970
Sovrum 2	ÖV						700			
Hall	ÖV							1800		
Medelvärde		7530	440	4110	2780	2090	2030	2060	2640	1640
Radonsanering		S1						S2	S3	

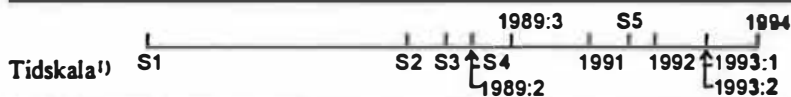


¹⁾ Tidskalan visar den relativa tidsrymden mellan åtgärder och mätningar.

Övrig tabelltext efter tabell 5.27.

Tabell 5.27. Radonhalter inomhus. Fortsättning från tabell 5.26. Radondotterhalter har omräknats till radonhalter dels med $F=0.4$, dels med $F=0.5$ angivna inom ().

Rum	Vån	Radonhalter Bq/m ³							
		WLM 1989:2	WLM 1989:3	Kontr. m. 1991	WLM 1992	WLM 1993:1	WLM 1993:2	Kontr. m. 1994	
Garage	KV								
Källare	KV	820				550	375		
Vardagsrum	BV	1085	(70) 90	2198	1875	1500	1375	1054	
Sovrum 1	ÖV	1215	(80) 100	2104	1125	1675	1125	1295	
Sovrum 2	ÖV								
Hall	ÖV								
Medelvärde		1040	(80) 100	2150	1500	1240	960	1170	
Radonsanering		S4			S5				



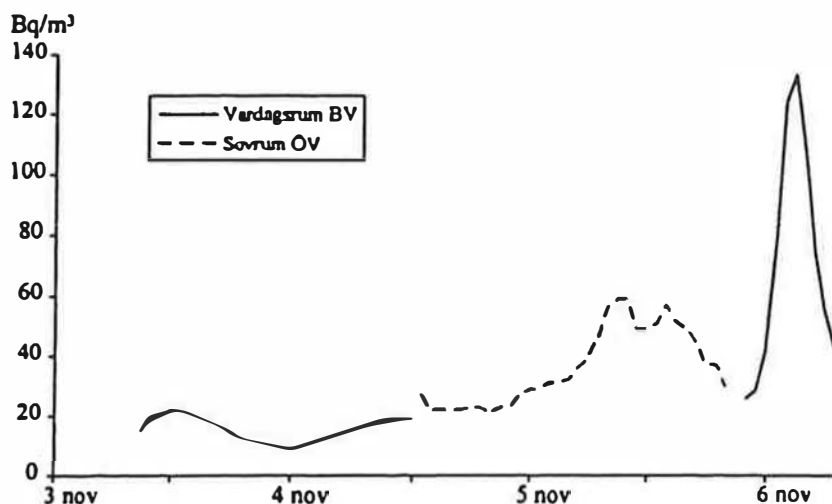
¹⁾ Tidskalan visar den relativa tidsrymden mellan åtgärder och mätningar.

Radonsanering:

- S1 = Installation av frånluftsfläkt i tvättstuga i källarvåningen 1983.
- S2 = Tätning av sprickor i källargolv samt ytbehandling av golvet 1987.
- S3 = Installation av radonbrunn 1988.
- S4 = Byte till starkare fläkt i radonbrunn 1989.
- S5 = Montering av uteluftsdon, ökning av frånluftsfläktars varvtal m m 1991.

Radonmätning:

- 1982 Radonmätning med öppen spårfilm typ Track Etch 1982-01-17-04-19.
- 1984 Radondottermätning med WLM 300 1984-02-17-18. Total mättid 23 timmar. Utetemperatur -1° - -7° .
- 1986:1 Radondottermätning med WLM 300 1986-01-08-09. Total mättid 24 timmar. Utetemperatur -7° - -10° .
- 1986:2 Radondottermätning med WLM 300 1986-02-07-10. Total mättid 72 timmar med olika varvtal hos frånluftsfläkt för källarventilation. Utetemperatur -2° - -18° .
- 1988:1 Radondottermätning med WLM 300 1988-03-07-09. Total mättid 38 timmar. Utetemperatur 2° - -8° .
- 1988:2 Radondottermätning med WLM 300 1988-12-19-21. Total mättid 46 timmar. Årsmedelvärde beräknat på 23 timmars mätning p g a kraftig blåst under övrig mättid. Fläkt i radonbrunn inställd på effektläge 2. Utetemperatur 1° - -14° .
- 1989:1 Radondottermätning med WLM 30 1989-01-04-09. Total mättid 117 timmar, varav 24 timmar i källare, 77 timmar i vardagsrum och 10 timmar i sovrum. Figur N.10.13.1 i bilaga 1. Utetemperatur 7° - -5° .
- 1989:2 Radondottermätning med WLM 30 1989-03-23-28. Total mättid 120 timmar, varav 46 timmar i källare, 29 timmar i vardagsrum och 45 timmar i sovrum. Utetemperatur 11° - -2° .
- 1989:3 Radondottermätning med WLM 30 1989-11-03-06. Total mättid 70 timmar, varav 38 timmar i vardagsrum och 32 timmar i sovrum. Figur 5.17. Utetemperatur 8° - -2° .
- 1991 Kontrollmätning med spårfilm 1991-01-31-04-26. Radonbrunnsfläkt i effektläge 4.
- 1992 Radondottermätning med WLM 30 1992-04-06-08. Total mättid 52 timmar, varav 27 timmar i vardagsrum och 25 timmar i sovrum. Figur N.10.13.2 i bilaga 1. Utetemperatur 7° - -2° .
- 1993:1 Radondottermätning med WLM 30 1993-03-01-04. Total mättid 65 timmar, varav 11 timmar i källare, 28 timmar i vardagsrum och 26 timmar i sovrum. Figur N.10.13.3 i bilaga 1. Utetemperatur 1° - -9° .
- 1993:2 Radondottermätning med WLM 30 1993-03-29-04-01. Total mättid 63 timmar, varav 11 timmar i källare, 27 timmar i vardagsrum och 25 timmar i sovrum. Figur N.10.13.4 i bilaga 1. Utetemperatur 6° - -4° .
- 1994 Kontrollmätning med spårfilm 1994-01-26-04-30. Radonbrunnsfläkt i effektläge 5.



Figur 5.17. Mätning 1989:3. Radonhalter efter byte till starkare fläkt i radonbrunn uppmätta med WLM 30 under tiden 1989-11-03-06.

Orsaker till förändrade radonhalter

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 stigningar 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 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 suges 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 7500 Bq/m³ till 440 Bq/m³ (F = 0.4). Vid de följande WLM-mätningarna var radonhalterna mellan 2000 - 4100 Bq/m³.

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 (mätning 1988:2). Vid en ny korttidsmätning i november 1989 (1989:3) var radonhalten plötsligt bara en tiondel av senast uppmätta halter.

Detta trots att inga radonpåverkande åtgärder vidtagits mellan dessa två mätningar. Enligt diagrammet i figur 5.17 varierade emellertid radondotterhalten kraftigt. Under en mycket kort stund var halten flera gånger högre än normalt under mätningen. 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 erhöles, uppmättes 2150 Bq/m³. Detta orsakades till viss del av att radonbrunnens fläkt kördes på effektläge 4. Vid de följande WLM-mätningarna användes effektläge 5. Detta var fallet även under kontrollmätningen 1994.

Vid vår 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. Anledningen till denna sänkning var den högre hastigheten hos radonbrunnens fläkt, men även påfyllningen av vatten i golvbrunnarna bör ha bidragit.

Radonhalten i huset är mycket labil beroende på husets läge och förekomsten av fläktar som motverkar varandra. Radonmätningar under kort tid har gjorts vid inte mindre än 11 tillfällen. Vid ett av dessa har en mycket låg radondotterhalt uppmätts och använts som resultat av radonsaneringen. Detta värde är inte representativt för huset efter radonsanering.

Sammanfattning

Radonsanering: Installation av radonbrunn. Tätning av sprickor samt ytbehandling av hela källargolvet. Förbättring av luftväxling inomhus genom montering av småfläktar i våtutrymmen samt borttagning av tätningslister.

Orsak till förhöjda radonhalter: Anledningen till de förhöjda radonhalterna är en kombination av flera. För det första har ett för huset icke representativt värde på radondotterhalten använts som resultat av radonsaneringen. För det andra har fläkten i radonbrunnen körts på olika varvtal vid mätningarna. Dessutom kan yttre förhållanden bidra till att radonhalten faktiskt varierar i byggnaden från tid till tid trots de utförda saneringsåtgärderna.

HUS N.10.14

Byggnad: 1½-plansbyggnad med suterrängvåning.

Radonkälla: Marken.

Radonåtgärd: Installation av radonbrunn, förbättring av ventilation, .

Byggnad

Huset är ett trähus i 1½-plan och med suterrängvåning. Byggnadsåret är 1952. Fastigheten är belägen på en rullstensås i Sollentuna. Byggnaden är grundlagd med längsgående betongplattor. Väggarna i suterrängvåningen är av betonghålsten. Bjälklaget över suterrängvåningen och byggnadsdelarna däröver är av trä. Gammastrålningen från byggnadsmaterialen är ej förhöjd.

Huset är försett med självdragsventilation kompletterat med spisfläkt i kök samt en mindre fläkt i badrum. I suterrängvåningen finns tre uteluftsdon av typen tallriksventiler utöver luftintaget i pannrummet. I botten- och övervåningen finns inga uteluftsdon.

Saneringsåtgärd

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 av fabrikat Östberg och på 200 W effekt. Den kan varvtalsregleras i 5 steg med hjälp av en effektväljare. Enligt uppgift är den alltid inställd på läge 3.

Orsaker till förändrade radonhalter

Huset är beläget relativt högt upp i slutningen på en grusås. De förhöjda radonhalterna orsakas av radon från marken. Vid vår besiktning av byggnaden upptäcktes en mängd mindre otätheter i suterrängvåningens golv där jordluft sögs/trycktes in. Det är därför något förvånande att huset inte uppvisade högre radonhalter vid de WLM-mätningar som utfördes innan radonbrunnen installerades, främst WLM 300 1987.

Vid WLM-mätningen 1986 uppmättes radondotterhalter som varierade mellan 18 Bq/m³ och 1125 Bq/m³ med ett medelvärde på 220 Bq/m³. Mätningen utfördes under 114 timmar vid en utetemperatur mellan 6-23 plusgrader. På grund av de stora variationerna i radondotterhalter gjordes mätningen om i november

1987. Då erhöles radondotterhalter mellan 192-481 Bq/m³, medelvärde 320 Bq/m³, under 64 timmars mätning. Utetemperaturen var nu betydligt lägre, 6° - -1°C. Noterbart är att radonhalten i suterrängplanet var ungefär densamma vid båda mätningarna medan den var drygt tre gånger så hög i bottenvåningen vid den senare mätningen.

Tabell 5.28. Radonhalter inomhus. Radondotterhalter har omräknats till radonhalter dels med F=0.4, dels med F=0.5 angivna inom ().

Rum	Vån	Radonhalter Bq/m ³									
		Kol	WLM 300 1985	WLM 300 1988	WLM 30 1987	WLM 30 1989:1	WLM 300 1989:2	Kontr mättn 1991	WLM 30 1993:1	WLM 30 1993:2	Kontr mättn 1994
Gillestuga	KV	2160	895	742			1302				803
Gästrum	KV			950	75	(240)	300		275	775	
Sovrum	BV	948	212	700	50	(200)	250	404	50		285
Medelvärde		1550	550	800	60	(220)	280	850	160	775	540
Radonsanering		S1		S2							
Tidskala ¹⁾		1986		1989:1				1993:2			
		S1	1987	S2	1989:2	1991		1993:1	1994		

¹⁾ Tidskalan visar den relativa tidsrymden mellan åtgärder och mätningar.

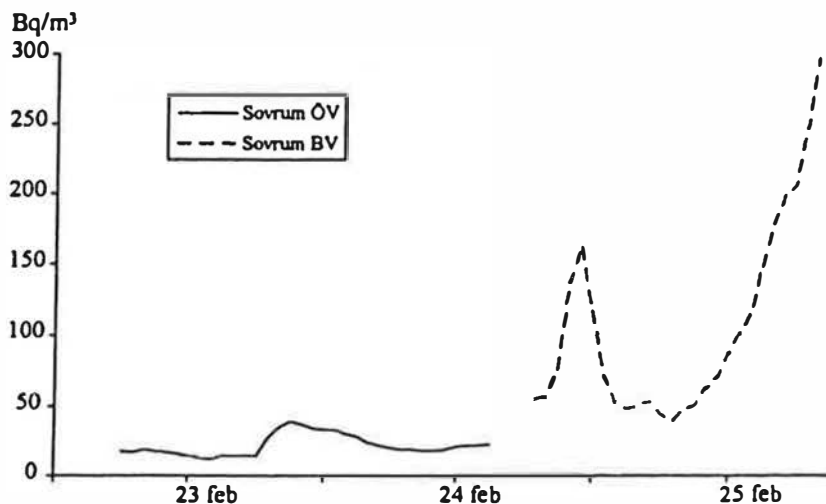
Radonsanering:

S1 = Borttagning av del av tätninglistor i fönster 1986.

S2 = Installation av radonbrunn 1989.

Radonmätning:

- 1985 Radonmätning med aktivt kol med gammaspektrometri 1985-01-04-11. Utetemperatur -5° - -22°.
- 1986 Radondottermätning med WLM 300 1986-05-07-12. Total mättid 114 timmar. Utetemperatur 23° - 6°.
- 1987 Radondottermätning med WLM 300 1987-11-13-16. Total mättid 64 timmar. Utetemperatur 6° - -1°.
- 1989:1 Radondottermätning med WLM 30 1989-05-19-22. Total mättid 67 timmar varav 38 timmar i sovrum i KV. Figur N.10.14.1 i bilaga 1. Utetemperatur 24° - 1°.
- 1989:2 Radondottermätning med WLM 300 1989-10-27-30. Total mättid 64 timmar varav 30 timmar i sovrum i KV. Utetemperatur 9° - 2°.
- 1991 Kontrollmätning med spårfilm 1991-02-08-04-26.
- 1993:1 Radondottermätning med WLM 30 1993-02-22-25. Total mättid 60 timmar varav 26 timmar i sovrum i KV. Figur 5.18. Utetemperatur -1° - -12°.
- 1993:2 Radondottermätning med WLM 30 1993-03-08-11. Total mättid 62 timmar. Figur N.10.14.2 i bilaga 1. Utetemperatur 4° - -6°.
- 1994 Kontrollmätning med spårfilm 1994-01-26-04-27.



Figur 5.18. Mätning 1993:1. Radondotterhalter efter radonsanering uppmätta med WLM 30 under tiden 1993-02-22-25.

Första radonmätningen efter installation av radonbrunnen gjordes i slutet av maj 1989. Radondotterhalten var då mycket låg. Enligt en anteckning i mätprotokollet var dock utetemperaturen för hög. Mätningen gjordes därför om i oktober samma år, varvid nästan fyra gånger så höga radondotterhalter erhöles. Skillnaden mellan suterrängplanet och bottenvåningen var dock endast 20 Bq/m³. Vid kontrollmätningen 1991 var radonhaltens medelvärde åter nästan fyra gånger så hög som vid föregående mätning, 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. Visserligen är mätningarna i det nedre våningsplanet utförda i olika rum, men enligt tidigare mätning är skillnaden inte så stor mellan dessa rum.

Kontrollmätningen 1994 gav radonhalter som var 30-40% lägre än vid 1991-mätning. Minskningen var ungefär densamma i båda våningsplanen. Mellan dessa kontrollmätningar har man utfört två korttidsmätningar (ca 60 timmar). Den ena verifierar resultatet från korttidsmätningen i oktober 1989, den andra resultatet från kontrollmätningen 1994.

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 korttidsmätningarna. På detta tyder också dels förekomsten av en antal läcker i betongplattan mot marken, dels diagrammet i protokollet från mätningen 1993:1 enligt figur 5.18. Radondotterhalten i sovrummet i suterrängvåningen är i medeltal 110 Bq/m³, men under de sista 8

timmarna stiger halten kontinuerligt från cirka 100 Bq/m³ till 295 Bq/m³, som är det sista värdet på mätningen.

Sammanfattning

Radonsanering: Installation av radonbrunn, förbättring av ventilation.

Orsak till förhöjda radonhalter: Radonbrunnen förmår inte att, med den fläkthastighet som används, skapa erforderligt undertryck i marken under huset. Från tid till tid kan därför jordluft transporteras upp och in i huset. De utförda WLM-mätningarna är förhållandevis långa, 60-114 timmar, men är ändå för korta för att ge en någorlunda säker bild av radonsituationen i ett så här av markradon påverkat hus.

HUS U.10.15

Byggnad: Tvåplansbyggnad med källarvåning.

Radonkälla: Marken.

Radonåtgärd: Installation av radonbrunn , tätning av invändig källardörr.

Byggnad

Byggnaden är ett äldre tvåvåningshus med källarvåning. Byggnadsåret är okänt, men huset byggdes om och till 1970. Det är beläget på en grusås i Upplands Väsby. Det är troligen grundlagt på längsgående betongplattor under bärande grundmurar av lättbetong. Bjälklaget över källarvåningen är av trä liksom övriga konstruktioner över denna nivå. Källarvåningen är avskild från övriga huset med en dörr. Gammastrålningen från byggnadsmaterialen är inte förhöjd.

Ventilationen i huset är av typen självdrag kompletterat med en spisfläkt. En Paxfläkt finns i badrummet för evakuering av luft. Fläkten är i funktion när belysningen i badrummet är tänd och en liten stund därefter. Luftväxlingen i byggnaden bedöms vara relativt liten på grund av husets täthet och avsaknaden av uteluftsdon. Uppvärmning sker med egen panna som eldas med olja alternativt el.

Saneringsåtgärd

Huset består av 3 våningsplan inklusive källarvåningen. Denna står emellertid inte i öppen förbindelse med huset i övrigt. Ovanför den invändiga källartrappan finns en dörr som oftast hålls stängd, men, som de flesta innerdörrar, är ganska otät. Ett första försök att radonsanera byggnaden gjordes 1987 och bestod i att dörren 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 effektlägen för reglering av varvtalet.

Orsaker till förändrade radonhalter

Radonmätningen före och radondottermätningen efter tätningen av dörren mellan källarvåningen och bottenvåningen är båda korttidsmätningar. De har utförts vid relativt låga utetemperaturer. Åtgärdens effekt på radonhalten är, som det framgår av dessa mätningar, mycket god.

Efter montaget av radonbrunnen gjordes en endast 13 timmar lång radondottermätning, varvid 25 Bq/m^3 uppmättes i genomsnitt (WLM 30 1988:1). Fläkten i

radonbrunnen kördes under denna mätning i effektläge 4, d v s nästan maximalt varvtal. I april 1988 gjordes ytterligare en radondottermätning med WLM 30 (1988:2). Även denna visar låga radondotterhalter, men det är anmärkningsvärt att halten är 4 gånger så hög i översta våningen som i bottenvåningen. Detta tyder på att radondotterhalten i huset tidvis var betydligt högre än de 25-30 Bq/m³ som uppmätts vid de båda WLM-mätningarna under 1988. Troligen var varvtalet detsamma vid mätningen i april som i januari 1988.

Tabell 5.29. Radonhalter inomhus. Radondotterhalter har omräknats till radonhalter dels med $F=0.4$, dels med $F=0.5$ angivna inom ().

Rum	Våning	Radonhalter Bq/m ³		WLM 30 1988:1	WLM 30 1988:2	Kontrollmätning	
		Kol 1987:1	WLM 300 1987:2			1991	1994
Gillestuga	KV			(54) 68			
Vardagsrum	BV	2062	150		60	600	205
Rum	BV		520				
Sovrum 2	ÖV	1684			275	556	156
Medelvärde		1870	340	(50) 70	170	580	180
Radonsanering		S1	S2				

Tidskala¹⁾

¹⁾ Tidskalan visar den relativa tidsrymden mellan åtgärder och mätningar.

Radonsanering:

S1 = Tätning av dörr till källarvåning 1987.

S2 = Installation av radonbrunn 1988.

Radonmätning:

1987:1 Radonmätning med aktivt kol med gammaspektrometri 1987-02-16-23. Utetemperatur 0° - -16°.

1987:2 Radondottermätning med WLM 300 1987-11-11-12. Total mättid 23 timmar. Utetemperatur 6° - -5°.

1988:1 Radondottermätning med WLM 30 1988-01-27-28. Total mättid 13 timmar. Utetemperatur 0° - -3°.

1988:2 Radondottermätning med WLM 30 med mätstart 1988-04-20. Mättid okänd. Utetemperatur 5° - -2°.

1991 Kontrollmätning med spårfilm 1991-01-30-04-26.

1994 Kontrollmätning med spårfilm 1994-01-27-04-26.

Kontrollmätningen 1991 gav en betydligt högre radonhalt än tidigare, vilket orsakades av att fläkten var inställd på effektläge 1, d v s lägsta hastighet.

Fläktens påverkan på lufttrycket i marken blev då otillräckligt. Vid kontrollmätningen 1994 hade man återgått till högsta varvtal. Radonhalten var följdriktigt åter på samma nivå som vid WLM-mätningen i april 1988. Nu var också förhållandet mellan radonhalterna i de båda våningarna mera naturligt.

Radonbrunnen förmår inte att eliminera inströmningen av jordluft till huset helt och hållet, vilket radonmätningarna visar. Vid vår besiktning av byggnaden upptäcktes också ett mindre läckage i en yttergrundmur i garaget i källarplanet.

Sammanfattning

Radonsanering: Installation av radonbrunn.

Orsak till förhöjda radonhalter: Den i radonbrunnen placerade fläkten kördes på olika varvtal vid radonmätningarna.

5.8 FÖRBÄTTRAD SJÄLVDRAGSVENTILATION

HUS G.11.03

Byggnad: 1/4-plansbyggnad med källarvåning.

Radonkälla: Marken.

Radonåtgärd: Förbättrad självdragsventilation samt viss tätning av läckor i källargolv.

Byggnad

Objektet är ett 1/4-plans hus med källarvåning. Det är beläget på en grusås väster om Gävle. Byggnadsåret är 1951. Det är grundlagt på långsgående betongplattor under bärande grundmurar av betonghålsten. Bjälklaget över källarvåningen är av trä liksom de övriga konstruktionerna över denna nivå. Gammastrålningen från byggnadsmaterialen är inte förhöjd.

Ventilationen i huset är av typen självdrag kompletterat med spisfläkt. I källarvåningen finns tre uteluftsdon utöver luftintaget i pannrummet. I bottenvåningen finns det ett uteluftsdon i ett av rummen. Frånluftskanaler finns från sovrum och vardagsrum utöver de vanliga från kök och hygienutrymmen.

Saneringsåtgärd

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 rörgenomboringen vid inkommande elservisledning. Dessutom öppnades stängda uteluftsdon i källarvåningen.

Orsaker till förändrade radonhalter

Den förhöjda radonhalten i huset orsakas i huvudsak av radon från marken. Radon från byggnadsmaterialet i källarvåningen ger endast några tiotal becquerel per kubikmeter i tillskott.

Huset hade vid första radonmätningen (1982) en mycket dåligt fungerande självdragsventilation eftersom flera av de befintliga frånluft- 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 1982 års mätning. En lägre utetemperatur bidrar annars till att radonhalten ökar i

inomhusluften p g a att lufttrycksdifferensen över källargolvet ökar och mera jordluft sugts in.

Tabell 5.30. Radonhalter inomhus. Radondotterhalter har omräknats till radonhalter dels med $F=0.4$, dels med $F=0.5$ angivna inom ().

Rum	Våning	Radonhalter Bq/m ³					Kontrollmätning	
		IRMA 1982	IRMA 1983	IRMA 1987	WLM 30 1988	(186) 232	1991	1994
Rum	KV	3782	1452	1686	(186) 232			
Vardagsrum	BV					598	437	
Sovrum	BV	158	420	376	(454) 568	244	120	
Sovrum	ÖV							
Medelvärde		1970	940	1030	(320) 400	420	280	
Radonsanering		S1		S2				

Tidskala ¹⁾	1983		1987		1988	1991	1994
	S1	S2	S2	S2			

¹⁾ Tidskalan visar den relativa tidsrymden mellan åtgärder och mätningar.

Radonsanering:

S1 = Öppnat frånluftsdon i sovrum, vardagsrum och badrum 1983.

S2 = Tättningsarbeten 1987.

Radonmätning:

1982 Radonmätning med IRMA 1982-10-05–20. Utetemperatur 15° - -3°.

1983 Radonmätning med IRMA 1983-11-16–30. Utetemperatur 8° - -11°.

1987 Radonmätning med IRMA 1987-10-28–11-11. Utetemperatur 11° - -10°.

1988 Radondottermätning med WLM 30 1988-03-18–20. Total mättid 43 timmar med halva tiden i vardera rummet. Figur G.11.03.1 i bilaga 1. Utetemperatur 5° - -12°.

1991 Kontrollmätning med spårfilm 1990-12-12–1991-03-16.

1994 Kontrollmätning med spårfilm 1994-01-17–04-25.

Under 1987 tätades några läckställen i källargolvet. Radonmätningen närmast därefter visade ingen reduktion av radonhalten, däremot gav samtliga senare mätningar, såväl korttids- som långtidsmätningarna, betydligt lägre radonhalter. Observera dock att WLM-mätningen 1988 och båda kontrollmätningarna endast har ett mättrum gemensamt. I detta rum har radonhalten i stort sett halverats från mätning till mätning.

Eftersom det fortfarande finns möjlighet för jordluft att ta sig in i huset är det de yttre förhållandena, såsom temperatur och vind, som bestämmer radonhalten i

inomhusluften. En viss påverkan erhålls givetvis om luftväxlingen och lufttrycksförhållandet inomhus ändras genom att uteluftsdon eller frånluftsdon stängs.

Sammanfattning

Radonsanering: Öppnat stängda uteluftsdon. Tätat vid renslucka i källargolv samt vid elservisledningens genomgång i källargolv.

Orsak till förhöjda radonhalter: Huset är beläget på en grusås och har otätheter i grundkonstruktionen. Risken är därför stor att radonhalten inomhus blir förhöjd p g a radon från marken. Hur hög radonhalten blir beror på lufttrycket i husets nedre del och på luftväxlingen. Alltså är det skillnader i yttre förhållanden samt åtgärder som påverkar luftomsättningen, t ex vädring, som orsakar skillnaderna i de uppmätta radonhalterna.

HUS N.11.10

Byggnad: 1¼-plansbyggnad med källarvåning.

Radonkälla: Marken.

Radonåtgärd: Förbättrad självdragsventilation. Senare har en radonsug monterats.

Byggnad

Objektet är ett 1¼-plans hus med källarvåning i Sollentuna. Byggnadsåret är 1930. Fastigheten är belägen inom ett mindre högriskområde. Huset är grundlagt med längsgående betongplattor delvis på berg. I källarvåningen saknas betonggolv i ett oinrett utrymme. Ytterväggarna och de bärande innerväggarna i detta plan är av betong. Bjälklaget över källarvåningen och byggnadsdelarna däröver är av trä. Gammastrålningen från byggnadsmaterialen är inte förhöjd.

Ventilationen i huset är av typen självdrag kompletterat med spisfläkt i kök. Innan byggnaden radonsanerades fanns det i källarplanet tre uteluftsdon, därefter två, utöver luftintaget i pannrummet. I bottenvåningen finns det en tallriksventil i skafferiet. I övervåningen finns det två uteluftsdon av äldre typ. Huset har centralvärme från kombipanna för olja, ved och el.

Saneringsåtgärd

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. Fläkten är av typen Flisby 12 V och 900 mA. Den kan inte varvtalsregleras. Avluftskanalen placerades i ett befintligt ventilationshål i källarytterväggen.

Orsaker till förändrade radonhalter


De förhöjda radonhalterna i byggnaden orsakas av radon från marken. Den uppvärmda luftvolymen inomhus är relativt hög, varför det skapas ett förhållandevis kraftigt undertryck längst ner i huset vid låga utetemperaturer. I ett utrymme i källarvåningen saknas betonggolv.

Den första radonsaneringen var mycket enkel, endast borttagning av delar av tätningslister i fönster. Åtgärden påverkar inte nämnvärt lufttrycksbilden i huset, men genom att mera uteluft lättare kan komma in ökas luftväxlingen. Radonmätningen, som utfördes närmast efter saneringen, gjordes under en mycket kall period, ner till drygt -20° 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/m³ och blott drygt 40 Bq/m³ i ett av rummen. Mättiden var emellertid endast 23 timmar för de båda rummen tillsammans.

Tabell 5.31. Radonhalter inomhus. Radondotterhalter har omräknats till radonhalter dels med $F=0.4$, dels med $F=0.5$ angivna inom ().

Rum	Våning	Radonhalter Bq/m ³		Kontrollmätning	
		Spårfilm 1981	WLM 300 1987	1991	1994
Matrum	BV	1732	(426) 533	1546	847
Sovrum	BV	1692	(84) 105	1206	378
Medelvärde		1710	(260) 320	1380	610
Radonsanering		S1		S2	
Luftväxling oms/h				0.46	0.48

Tidskala¹⁾ 

¹⁾ Tidskalan visar den relativa tidsrymden mellan åtgärder och mätningar.

Radonsanering:

S1 = Borttagning av del av tätningslistor 1985.

S2 = Installation av radonsug 1993.

Radonmätning:

1981 Radonmätning med öppen spårfilm typ Track Etch 1981-12-31–1982-03-31.

1987 Radondottermätning med WLM 30 1987-01-29–30. Total mättid 23 timmar. Utetemperatur 2^o - -21^o.

1991 Kontrollmätning med spårfilm 1991-02-06–04-26.

1994 Kontrollmätning med spårfilm 1994-02-10–04-25.

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. Detta har bidragit till en halvering av radonhalten 1994 i förhållande till mätningen 1991. 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 finns otätheter i källargolvet i närheten av radonsugens sugställe.

Sammanfattning

Radonsanering: Borttagning av tätningsslistor i de flesta fönstren i bottenvåning och övervåning. Radonsug monterad efter kontrollmätning 1991.

Orsak till förhöjda radonhalter: Den utförda radonsaneringen bidrar till en viss förbättring av luftväxlingen inomhus, men påverkar knappast inläckaget av radonhaltig jordluft. Genom den senare installerade radonsugen sänks lufttrycket i marken under huset. Effekten av denna åtgärd motverkas dock dels av läckage i golvet i närheten av sugstället, dels av en mycket begränsad sugeffekt.

HUS N.11.11

Byggnad: Enplansbyggnad med källarvåning.

Radonkälla: Marken.

Radonåtgärd: Förbättrad självdragsventilation.

Byggnad

Objektet är ett enplanshus med källarvåning byggt 1969. Det är beläget inom ett normalriskområde i Sollentuna. Grundläggningen utgörs av långsgående betongplattor på sprängstensfyllning. Ytterväggar och bärande innerväggar i källarvåningen består av lättbetong. Bjälklag över denna våning och byggnadsdelar däröver är av trä. Gammastrålningen från byggnadsmaterialet är ej förhöjd.

Ventilationen i huset är av typen självdrag med spisfläkt. I källarvåningen fanns ursprungligen 8 springventiler utöver luftintaget i pannrummet. I bottenvåningen fanns endast en ventil i skafferiet.

Saneringsåtgärd

Den första radonsaneringen, som utfördes 1983, bestod i att befintliga, stängda uteluftsdon öppnades. Dessutom monterades en springventil i ett fönster i arbetsrum 2 i källarvåningen. Tätningslistor i fönster byttes ut mot nya, tunnare lister.

Vid radonsaneringen 1992 monterades ytterligare 2 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.

Orsaker till förändrade radonhalter

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 det 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 spås 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.

Tabell 5.32. Radonhalter inomhus. Radondotterhalter har omräknats till radonhalter dels med $F=0.4$, dels med $F=0.5$ angivna inom ().

Rum	Våning	Radonhalter Bq/m ³		Kontr m. 1991:1	WLM 30 1991:2	Kontr m. 1994
		Spårfilm 1983	WLM 300 1988			
Gillestuga	KV	1398				
Arbetsrum 1	KV		(522) 652		25	
Arbetsrum 2	KV		(398) 500			
Skrivrum	KV		(572) 715			
Vardagsrum	BV	1328	(344) 430	360		276
Sovrum 1	BV		(484) 605	1246	10	550
Sovrum 2	BV		(228) 285			
Matrum	BV		(430) 540			
Sovrum 3	BV		(396) 495			
Medelvärde		1360	(420) 530	800	20	410
Radonsanering		S1			S2	
Luftväxling oms/h		0.44				
Tidskala ¹⁾						

¹⁾ Tidskalan visar den relativa tidsrymden mellan åtgärder och mätningar.

Radonsanering:

S1 = Förbättring av intag av uteluft 1983.

S2 = Förbättring av intag av uteluft 1992.

Radonmätning:

1983 Radonmätning med öppen spårfilm typ Track Etch under eldningssäsongen 1982-1983.

1988 Radondottermätning med WLM 300 1988-03-25-28. Total mättid 70 timmar med förhållandevis jämn fördelning mellan rummen. Utemperatur 4^o - -3^o.

1991:1 Kontrollmätning med spårfilm 1991-02-06-05-07.

1991:2 Radondottermätning med WLM 30 1991-12-06-08. Total mättid 48 timmar med förhållandevis jämn fördelning mellan rummen enligt figur N.11.11.1 i bilaga 1. Utemperatur 2^o - -2^o.

1994 Kontrollmätning med spårfilm 1994-01-26-04-26.

Vid vår besiktning av byggnaden upptäcktes otätheter med inläckande jordluft vid uppreglat golv i arbetsrum, vid genomföring av avloppsstam i hall samt vid dörrkarm till förråd under trappa.

Radondottermätningen med WLM 30 under 2 dygn i december 1991 visar exceptionellt låga radondotterhalter i båda mätrummen. Kan detta verkligen vara

ett riktigt resultat uppmätt enligt metodbeskrivningen med avseende på vädringsförbud, vindbelastning m m?

Sammanfattning

Radonsanering: Underlättat intag av uteluft genom att öppna frånluftsdon, montera uteluftsdon samt byta till tunnare tätningslister i fönster.

Orsak till förhöjda radonhalter: Variationerna i radonhalten i huset beror på yttre väderförhållanden samt öppna eller stängda uteluftsdon.

HUS G.11.13

Byggnad: 1¼-plansbyggnad delvis med källare. Resterande del utgörs av torpargrund.

Radonkälla: Marken.

Radonåtgärd: Förbättrad självdragsventilation.

Byggnad

Byggnaden är ett äldre trähus i 1¼-plan. Huset byggdes 1923 på en grusås i Valbo i Gävle kommun. Under cirka halva huset finns det en källarvåning med betongväggar, under den resterande delen är det torpargrund. Gammastrålningen från byggnadsmaterialet är inte förhöjd i byggnaden.

Huset är försett med självdragsventilation kompletterad med spisfläkt i köket. Från början fanns det ett uteluftsdon av typen tallriksventil i källaren och en likadan ventil i ett sovrum på övervåningen. I torpargrundens murar finns det 4 ventiler för en viss naturlig luftväxling i utrymmet.

Saneringsåtgärd

Ett försök till radonsanering av byggnaden gjordes 1984 och bestod i att delar av tätninglisterna i fönstren på de båda våningsplanen avlägsnades. Dessutom monterades 2 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.

Orsaker till förändrade radonhalter

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.

Tabell 5.33. Radonhalter inomhus. Radondotterhalter har omräknats till radonhalter dels med $F=0.4$, dels med $F=0.5$ angivna inom ().

Rum	Våning	Radonhalter Bq/m ³					
		Spårfilm 1983	IRMA 1984	Kontr. m. 1991	WLM 30 1992	Kontr. m. 1994	Spårfilm 1995
Vardagsrum	BV	940	374	1378	(620) 775	891	570
Sovrum	ÖV	1000	276	1352	(300) 375	793	580
Gästrum	ÖV				(280) 350		
Hall	ÖV				(320) 400		
Medelvärde		980	320	1360	(380) 480	840	580
Radonsanering			S1	S2			S3
Luftväxling oms/h				0.30		0.33	



¹⁾ Tidskalan visar den relativa tidsrymden mellan åtgärder och mätningar.

Radonsanering:

S1 = Borttagning av delar av tätningslister i fönster i bottenvåning 1984.

S2 = Montering av uteluftsdon 1986.

S3 = Montering av uteluftsdon 1995.

Radonmätning:

1983 Radonmätning med spårfilm 1983-03-03-06-03.

1984 Radonmätning med IRMA 1984-10-24-11-06. Utetemperatur 1^o - 0^o.

1991 Kontrollmätning med spårfilm 1990-12-12-1991-03-16.

1992 Radondottermätning med WLM 30 1992-04-07-10. Total mättid 74 timmar med halva tiden i vardera rummet. Figur G.11.13.1 i bilaga 1. Utetemperatur 10^o - -3^o.

1994 Kontrollmätning med spårfilm 1994-01-18-04-25.

1995 Radonmätning med spårfilmsdosor 1995-10-27-1996-01-30.

Sammanfattning

Radonsanering: Borttagning av delar av tätninglistor i fönster. Senare har uteluftsdon monterats i bottenvåningen och i övervåningen. Fläkt installerad i tvättstugans yttergrundmur.

Orsak till förhöjda radonhalter: Man har inte vidtagit något för att förhindra att radonhaltig jordluft kommer in i byggnaden, endast försökt att späda ut den så mycket som möjligt. Radonkoncentrationen inomhus är helt avhängigt de yttre väderförhållandena.

6 ORSAKER TILL FÖRÄNDRINGAR I RADONHALTER

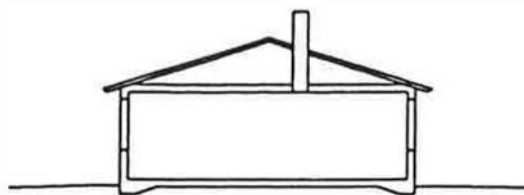
Ofta är det inte enbart en orsak till att de vid kontrollmätningarna uppmätta radonhalterna har ökat i förhållande till värdena från mätningarna närmast efter det att husen har radonsanerats. I endast vart femte hus har vi kunnat konstatera att förhöjningen kan förklaras av enbart en orsak. Det har i samtliga dessa fall rört sig om olika varvtal på fläktar vid respektive mätning. Detta förhållande finns dessutom med som bidragande orsak i ytterligare några hus och är en av de vanligast förekommande anledningarna till att radonhalterna har ökat.

6.1 Mindre lämplig saneringsåtgärd

Radonsanerande åtgärder, som enbart påverkar luftväxlingen i huset, tillåter radonet att komma in i rumsluften, men späder ut det, så att koncentrationen blir godtagbar. Sådana åtgärder är lämpliga när tillförseln av radon är någorlunda konstant och oberoende av lufttrycksvariationer, d v s då det kommer från byggnadsmaterialet. Är det däremot marken som är den huvudsakliga radonkällan har luftväxlingen inomhus en mindre betydelse än lufttrycksförhållandet över husets bottenplatta.

Skillnaden i lufttryck över bottenplattan och eventuella källaryterväggar utgör drivkraften för den radonhaltiga jordluften att förflytta sig in i byggnaden. Ökas luftväxlingen inomhus med hjälp av en fläkt som suger ut luft (mekaniskt frånluftssystem) blir luftväxlingen större, under förutsättning att mera luft kommer in i huset. Problemet är emellertid att även luftflödet från marken ökar, eftersom lufttrycket inomhus sjunker, och radonhalten sänks därför inte i proportion till stegringen i luftväxlingen. Radonhalten kan till och med öka.

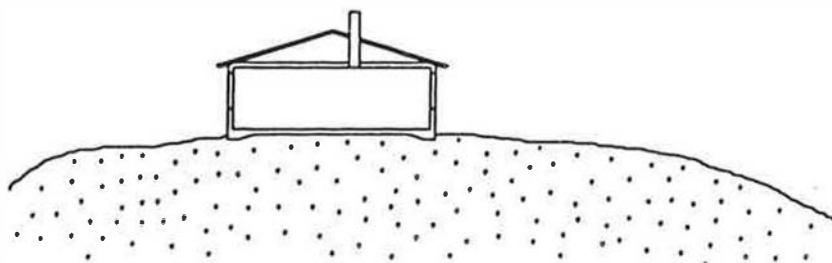
Installeras däremot ett mekaniskt till- och frånluftssystem kan luftväxlingen ökas utan att lufttrycket sänks i någon väsentlig grad. Visserligen regleras luftflödena normalt så att tilluftsflödet blir ca 10% mindre än frånluftsflödet, vilket sänker lufttrycket något. Eftersom de gamla självdragsventilerna tas bort och ersätts med don med betydligt större tryckfall försvinner en del större otätheter i husets övre del och det neutrala lagret sänks. (Neutrala lagret = den nivå där den termiska stignakraften varken skapar över- eller undertryck i huset.) Följden blir att i främst låga hus, se figur 6.1, konuner tryckskillnaden över bottenplattan att vara liten vid måttlig temperaturskillnad och ringa vindbelastning. Då uttemperaturen sjunker och/eller vindbelastningen ökar blir förändringen i tryckdifferensen relativt stor, även om det är få pascals skillnad. Eftersom luftväxlingen inte ökar nämnvärt vid en sådan förändring kan det bli ganska stora skillnader i luftflödet från marken och därmed även i radonhalter inomhus.



Figur 6.1. Enplanshus beläget på förhållandevis plan (morän-)mark. Tryckdifferensen över husets bottenplatta varierar med temperaturskillnaden inne-ute samt med vindbelastningen på byggnaden.

Materialet i en grusås är normalt mycket permeabelt. Porositeten är närmare 50%, vilket innebär att nästan hälften av åsens volym över grundvattenytan utgörs av luft, som lätt kan förflyttas. Jordluften påverkas också av termiska stigningar. Hur stora dessa blir bestäms av skillnaden i temperatur mellan åsens inre och uteluften. På vintern, när markens ytlager är tjälat och snötäckt, kan lufttrycket under ett hus på åsens övre del öka markant. Detta medför att ännu mera jordluft kan tryckas in i huset än vad det av byggnaden skapade undertrycket kan förmå att suga in. Då utetemperaturen är högre än åstemperaturen blir det omvänt förhållande. Den kalla luften i åsen sjunker och kan orsaka större inflöde av jordluft i hus belägna vid åsens fot.

Motsvarande förhållanden, som för luften i en grusås, kan gälla även för luften i en rörgrav, som är återfylld med grus. Lufttrycket under ett högt beläget hus kan därför öka när utetemperaturen sjunker.



Figur 6.2. Enplanshus beläget på toppen av en grusås. Tryckdifferensen över husets bottenplatta varierar med temperaturskillnaden inne-ute samt med vindbelastningen på byggnaden. Dessutom påverkas tryckdifferensen av termiska stigningar i det permeabla åsmaterialet. Då uteluften är kallare än luften i åsen stiger den senare luften och ökar tryckdifferensen över bottenplattan. Då den är varmare sjunker åsluften däremot nedåt och minskar lufttrycket under huset.

Det finns ytterligare orsaker till varför differensen i lufttryck över husets bottenplatta förändras, t ex att lufttrycket i ett hus med mekanisk till- och frånluftventilation påverkas om en innerdörr stängs. Då dörren till ett sovrum hålls stängd kan luften få svårare att förflytta sig från rummet, där den blåses in, till utrymmet där den skall evakueras från huset. Följden blir ett övertryck i sovrummet och ett ökat undertryck i huset i övrigt.

Oavsett vilken typ av ventilationssystem som finns i byggnaden påverkas den av förändringar i atmosfärens lufttryck. Lufttrycket utomhus varierar på våra breddgrader i stort sett mellan 95 000 Pa och 105 000 Pa, alltså med ca 10 000 Pa. När det sjunker under en nivå motsvarande lufttrycket i marken strömmar luft ut från marken. Är då markytan tjälad och/eller täckt med snö kan det uppstå en kraftig ström av jordluft genom husen.

Att åtgärda hus med förhöjda radonhalter, som orsakas av markradon, genom att enbart förändra luftväxlingen är vanskligt. Flödet av radonhaltig jordluft in i huset stoppas inte och kan variera kraftigt från tid till tid. Utförs mätningen efter åtgärd under endast något eller ett par dygn kan man få ett skenbart gott resultat p g a att radonhalten faktiskt var låg under denna tid. Den uppmätta radonhalten behöver däremot inte vara representativ för huset.

Denna undersökning visar att förändringar i lufttrycket i huset visavi marken har varit en bidragande orsak till "förhöjda" radonhalter i drygt 10 objekt, där den huvudsakliga radonkällan har varit marken. Husen har åtgärdats genom att luftväxlingen ökats genom installation av mekanisk ventilation, såväl F-system som FTX-system, eller genom förbättring av befintlig självdragsventilation,

I 5 objekt har kapaciteten hos den installerade anläggningen inte varit tillräcklig för att i erforderlig omfattning förhindra jordluft att sugas in i husen. I G.04.02 är effekten av åtgärden till stor del beroende på om villapannan eldas med olja eller ved så att skorstenen blir varm och ger den erforderliga sugkraften i luftspalten i golvet. U.07.05 och N.09.16 har försetts med var sin radonsug. I det förra objektet räcker inte radonsugens kapacitet till. Radonhaltens medelvärde var redan vid mätningen efter åtgärd 490 Bq/m³, om den räknas fram med F-faktorn 0,4, vid kontrollmätningen 1991 var den 670 Bq/m³ och vid 1994 års mätning 370 Bq/m³. I N.09.16 har eftermätningen gjorts vid en förhållandevis hög utetemperatur, även om den ligger under stipulerad maxtemperatur i den nu gällande metodbeskrivningen. Kontrollmätningarna 1991 och 1994 uppvisar inbördes ungefär samma radonhalt, som dock är nästan 3 gånger så hög som vid eftermätningen. De 2 sista husen har åtgärdats med radonbrunnar. De är båda belägna högt uppe på var sin grusås enligt figur 6.2, där både åsen och husen är väl exponerade för vindtryck utöver de termiska krafterna. I båda husen har ett större antal radongas- och radondottermätningar utförts med mycket blandade resultat.

6.2 Mättekniska effekter

Enligt SSIs metodbeskrivningar (Statens strålskyddsinstitut, 1994), som gäller från 1994-09-20 skall mätningar, som syftar till att radonhaltens årsmedelvärde skall bestämmas, utföras under minst två månader. Dessförinnan kunde "årsmedelvärden" uppskattas efter endast 2 dygns mätning med exempelvis kontinuerligt registrerande mätare. Ännu tidigare på 1980-talet fanns över huvud taget inga restriktioner på mättidens längd. De efter radonsaneringen så vanliga mätningarna med WLM utfördes således inte i strid med de vid tiden för mätningen eventuellt gällande anvisningarna.

Av tabell 6.1 framgår att av de i projektet "Radonåtgärders beständighet" (Clavensjö, 1995) ingående 91 småhusen hade 60 (66%) mätts efter saneringen med kontinuerligt registrerande radondottermätare typ WLM. Nästan hälften av dessa hus (47%) hade vid kontrollmätningarna 1991 och/eller 1994 så mycket förhöjda radonhalter att de uppfyllde villkoren för att medtagas i detta projekt. 20 hus mättes efter åtgärd med TLD-baserade instrument (IRMA) med cirka 2 veckors mättid. Endast 1 av dessa hus behövde tas med.

Vid mätning med WLM fås ett mått på radondotterhalterna. För att kunna jämföra dessa med de radonhalter som erhållits vid mätningarna med spårfilmsdosor 1991 och 1994 har omräkning skett med användande av den 1991 gällande F-faktorn 0.5. I samband med övergången till gränsvärden i radongashalter 1994-01-01 ändrades den generella F-faktorn från 0.5 till 0.4. I de i kapitel 5 redovisade tabellerna över uppmätta radonhalter har för radondottermätningar, som ligger till grund för bestämning av radonhalten efter åtgärd, omräkning gjorts med såväl 0.5 som med 0.4. Motivet till detta är att samtliga fastighetsägare har efter åtgärd fått uppgift på radondotterhalten i huset. Denna radondotterhalt har antingen mätts eller omräknats från en radongasmätning med användande av F-faktorn 0.5. För övriga radondottermätningar har endast F-faktorn 0.4 använts. Den faktiska F-faktorn i ett enskilt hus kan variera mellan 0.2-0.7 och även utanför dessa gränser i extrema fall.

En tredje mätteknisk effekt till att ett förhöjt radonmedelvärde har konstaterats är att mätningarna har utförts i olika rum. I G.01.08 mättes endast ett rum efter åtgärd. I ett annat objekt (T.01.09) medräknades en mätning i en entré med exceptionellt låg radonhalt vid eftermätningen. I ett tredje objekt (N.07.02) mättes vid kontrollmätningen 1991 ett rum i vardera bottenvåningen och övervåningen, vid mätningen 1994 hade övervåningens mättrum bytts mot ett rum i källarvåningen med en betydligt högre radonhalt.

Undersökning visar att en alltför kort mättid vid mätningarna efter radonsanering har varit en bidragande orsak till att radonhalterna har underskattats i 7 småhus. Vid kontroll mätningarna 1991 och 1994 har mättiden varit betydligt längre och därmed givit säkrare radonmedelvärden. Omräkning av radondotterhalter till radongashalter med hjälp av en antagen för hög F-faktor har gett för låga värden

på radonhalter i 8 hus. Olika mätplatser vid mätningen efter åtgärd och vid kontrollmätningarna har gett icke jämförbara värden på radonhalter i 3 hus.

Tabell 6.1. Sammanställning av mätningar efter radonsanering med redovisning av mätmetod. Dessutom redovisas hur många hus som vid kontrollmätningar hade under respektive över den gräns gällande radonhaltens förhöjning som bestämts för medtagning i detta projekt.

	Antal hus	IRMA		Kol		Spårfilm		WLM		Okänd metod
		Under	Över	Under	Över	Under	Över	Under	Över	
Falun	8			7	1					
Gävle	21	7	1			1		5	6	1
Sandviken	11	11								
Sollentuna	24						1	16	7	
Täby	15							7	8	
Upplands Väsby	12	1						4	7	
Summa	91	19	1	7	1	1	1	32	28	1

6.3 Boenderelaterade orsaker

För att åtgärda ett hus med för höga radonhalter installerar man i de flesta fall ett ventilationssystem innehållande 1-2 fläktar eller en fläkt som skall påverka tryckdifferensen mellan huset och marken. Om mätningen efter saneringen visar att radonhalten sjönk till en mycket låg nivå, är det lätt att konstatera att fläkthastigheten var onödigt hög. För att spara energi och kanske minska ljudproblemen sänkts varvtalet. Många tänker emellertid inte på att denna åtgärd kan påverka radonhalten i huset och gör därför inte någon ny radonmätning.

Den vanligaste bidragande orsaken till att radonhalterna har ökat vid kontrollmätningarna har varit att de i radonsaneringen ingående fläktarna har körts med olika varvtal vid mätningarna. Detta har varit fallet i 10 av de 31 objekten (32%), varav i 6 hus det troligen är den enda orsaken till att radonhalterna har ökat.

Minst 5 småhus har fått förhöjda radonhalter på grund av olika vädringsförhållanden under mätningarna. Det kan vara att man har sovit med öppna fönster i ett eller flera sovrum eller haft uteluftsventiler öppna vid mätningen efter åtgärd, men inte vid senare mätningar. I objekt T.01.11 bodde under kontrollmätningen 1991 en familj som uppgivit att den sov med öppna fönster i 3 rum. Under den korta mätningen efter radonsaneringen höll man däremot fönstren stängda. Vid kontrollmätningen 1994 beboddes huset av en annan familj, som inte sov för öppna fönster. Radonhalten var densamma vid mätningen efter åtgärd och under kontrollmätningen 1994, men under kontrollmätningen 1991 var den ca 65% högre.

6.4 Andra orsaker

En grupp av hus har åtgärdats genom att man har försökt förbättra den befintliga självdragsventilationen. Detta har i några fall gjorts genom att delar av fönstrens tätningsslistor har tagits bort, i andra fall genom att befintliga uteluftsventiler har öppnats eller nya har monterats. Av de 13 husen, som ingår i kontrollgruppen, har endast 4 överförts till detta projekt, vilket måste betraktas som ett mycket gott resultat av en så pass enkel saneringsåtgärd. Framför allt med tanke på att det enbart är radon från marken som ger de förhöjda radonhalterna i flertalet av husen. De 4 hus som överförts är dock de som vid mätningar före åtgärd hade de högsta radonhalterna.

Luftväxlingen och tryckförhållandena i huset är helt beroende av vindförhållanden, utetemperatur och vädring och kan därför variera kraftigt från tid till tid. Finns det bara tillräckligt med radon att tillgå är risken stor att även radonhalten varierar mellan ganska vida gränser i dessa hus.

Ett objekt (N.07.02) hade samma radonhalt vid kontrollmätningen 1991 som vid mätningen närmast efter åtgärd, men vid kontrollmätningen 1994 var den mer än 3 gånger förhöjd. Detta visade sig delvis bero på att ventilationsanläggningen var avstängd under nästan hela mätperioden 1994. I två andra objekt orsakas ökningen i radonhalterna av en mindre luftväxling som följd av att det i ventilationsanläggningen uppstått defekter, som inte åtgärdades.

Hus G.02.02 har efter radonsaneringen byggts till och därmed ökat bostadsarean med ca 35%. Någon ökning av ventilationsystemets (FTX-system) kapacitet eller inreglering till de nya förhållandena har inte gjorts. Radonet i huset kommer från marken.

Radonsugar och radonbrunnar orsakar stora luftströmmar i marken under huset. Man kan därför tänka sig att finkornigt material skulle kunna sugas med i dessa strömmar och avsättas i närheten av radonsugens suggrop eller runt radonbrunnen. Risken är densamma även vid luftkuddemetoden, men då gäller det damm och andra partiklar i inomhusluften. Är inte filtret tillräckligt effektivt blåses luftföroreningarna ner i marken under huset och kan täppa till luftkanalerna i det kapillärbrytande skiktet. Utöver inverkan på sug/tryckbildningen under plattan kan en ansamling av finpartiklar orsaka kapillär uppsugning av fukt i marken med fuktskador som följd. Några indikationer på att något sådant här skulle vara orsaken till att radonhalter har ökat har inte erhållits, utom i ett fall. Det gäller objekt U.09.17, vars radonsug ger en svag ström av jordluft. Radonhalten har ökat ca 3 ggr jämfört med en 14 dagars mätning av radonhalter efter saneringen i början av 1980-talet. För att fastställa orsaken till de förhöjda radonhalterna i detta hus måste en mer ingående undersökning göras än vad som varit möjligt inom detta projekts ram.

7 FÖRSLAG TILL FORTSATT ARBETE

Det är planerat att radonmätningar skall göras i de 105 bostäderna vart tredje år under en 10 års period, d v s totalt 4 mätomgångar. Med tanke på hur radonhalterna hittills har utvecklats i många av dessa hus är det av stor vikt att programmet fullföljs med kontrollmätningar även under åren 1997 och 2000. Vid de två tidigare mätomgångarna, 1991 och 1994, har uppgifter på hur fläktar har varit inställda, vädringsförhållanden m m dokumenterats. Även vid kommande kontrollmätningar skall sådana förhållanden säkras, vilket kommer att vara av mycket stor betydelse vid framtida jämförelser av erhållna radonhalter i de undersökta objekten.

Vid kontrollen 1997 bör luftströmmar mellan källarvåning och bottenvåning studeras närmare i ett antal hus med radon från marken. Detta i syfte att erhålla mera kunskap om hur stort luftutbytet är mellan våningarna i olika typer av hus och därmed hur markradon sprids i byggnaderna. Studien kan göras med hjälp av olika spårgaser enligt AIMS-metoden och på ungefär samma sätt som vid luftväxlingsmätningarna 1994 i några objekt. Metoden samt resultatet från dessa mätningar redovisas i BFRs anslagsrapport A7:1995 (Clavensjö, 1995).

Skall SSIs mål, att 80% av alla bostäder och arbetslokaler med över 200 Bq/m³ skall ha under denna nivå i början av 2000-talet, uppnås, måste det finnas god och lättillgänglig radoninformation som fastighetsägarna kan ta till sig. Ett bra resultat av saneringen även på längre sikt kräver att man väljer rätt åtgärds metod och att man sköter anläggningen på ett riktigt sätt. Men för detta fordras kunskap. Det visar inte minst projekten:

- Radon 1993 (Statens strålskyddsinstitut, 1993) som säger att kommunerna hade funnit att radonhalter efter sanering var under 70 Bq/m³ i endast 41% av bostäderna, i 16% var halten över 200 Bq/m³.
- Radonåtgärders beständighet. (Clavensjö, 1995). Av 91 radonsanerade småhus hade 35 (38%) radongashalter över 200 Bq/m³ och 18 (20%) över 400 Bq/m³ några år efter saneringen.

LITTERATUR

Clavensjö, B., 1995: Radonåtgärders beständighet. Byggeforskningsrådet. Anslagsrapport A7:1995. Stockholm. ISBN 91-540-5715-9.

Clavensjö, B., 1995: Durability of radon mitigation methods (in Swedish). The Swedish Council for Building Research. Grant report A7:1995. Stockholm. ISBN 91-540-5715-9.

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

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.

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.

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

Ericson, S-O, Nilsson, I och Schmied, H, 1988: Radon i bostäder. Provning och utvärdering av byggnads- och installationstekniska åtgärder. Statens råd för byggnadsforskning: Rapport R88:1988. Stockholm. ISBN 91-540-4943-1.

Petterson, H m fl, 1982: Radonexhalation från byggnadsmaterial. Statens provningsanstalt och Lunds Universitet. Teknisk Rapport SP-RAPP 1982:32. Borås. ISSN 0280-2503.

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 provningsanstalt, 1981B: Bestämning av radondotterhaltens årsmedelvärde i en bostad genom mätning med TLD-baserad radonmätare. SP A2 603. 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, 1993: Radon 1993. En rapport över läget. SSI-rapport 93-10. 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.

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.

Att mäta radon i bostäder. 1992. Statens strålskyddsinstitut. Broschyr.

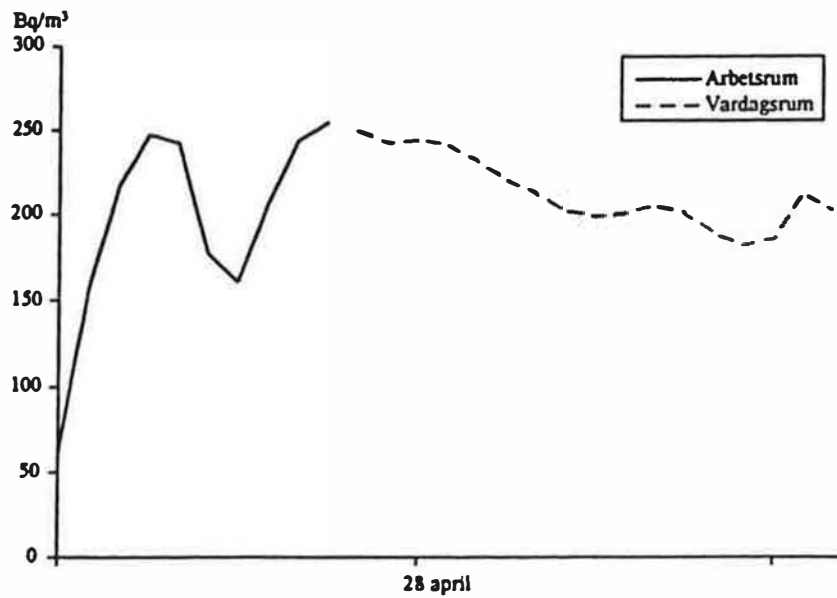
Fakta om Radon 1995. Statens strålskyddsinstitut. Broschyr.

Radon. Faktablad nr 47. 1994. Konsumentverket.

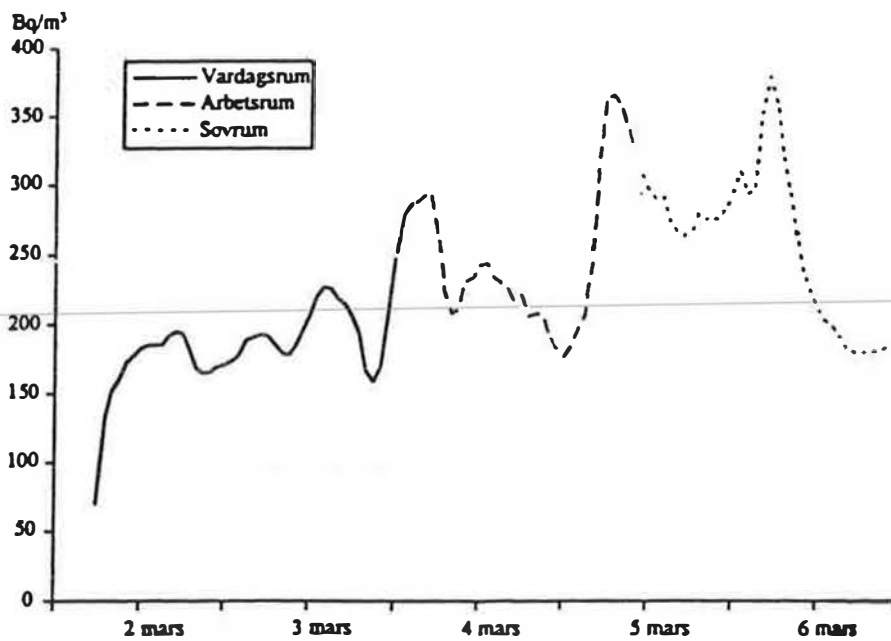
Åtgärder mot radon i bostäder. 1993. Boverket, Byggnadsrådet, Socialstyrelsen och Strålskyddsinstitutet. Statens råd för byggnadsforskning. G14:1990. Gratisbroschyr.

BILAGA 1

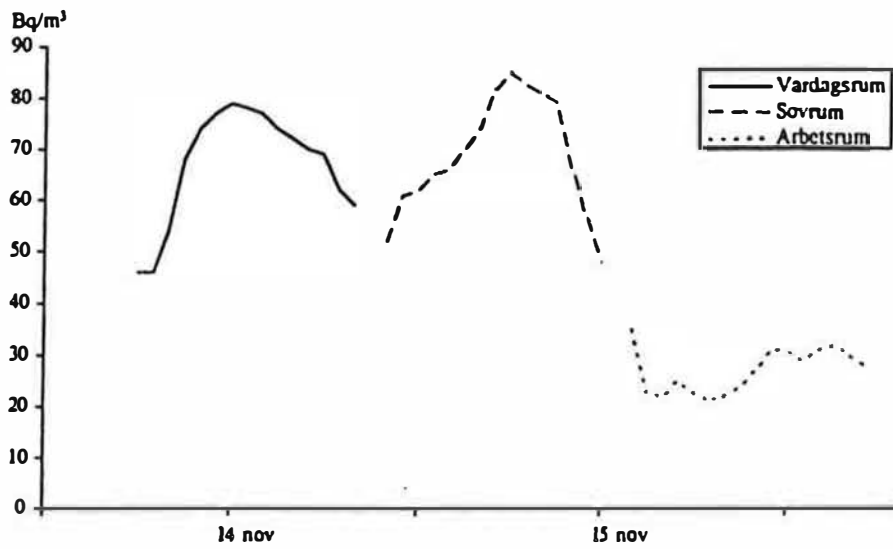
Radondotterhalter uppmätta med kontinuerligt registrerande radondottermätare



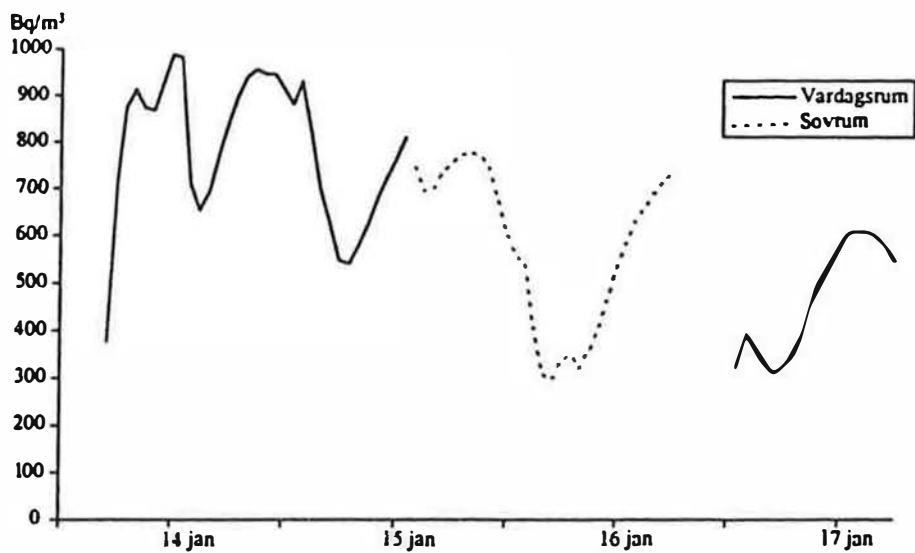
Figur G.01.07.1. Mätning 1988:2. Radondotterhalter före radonsanering uppmätta med WLM 30 under tiden 1988-04-27-28.



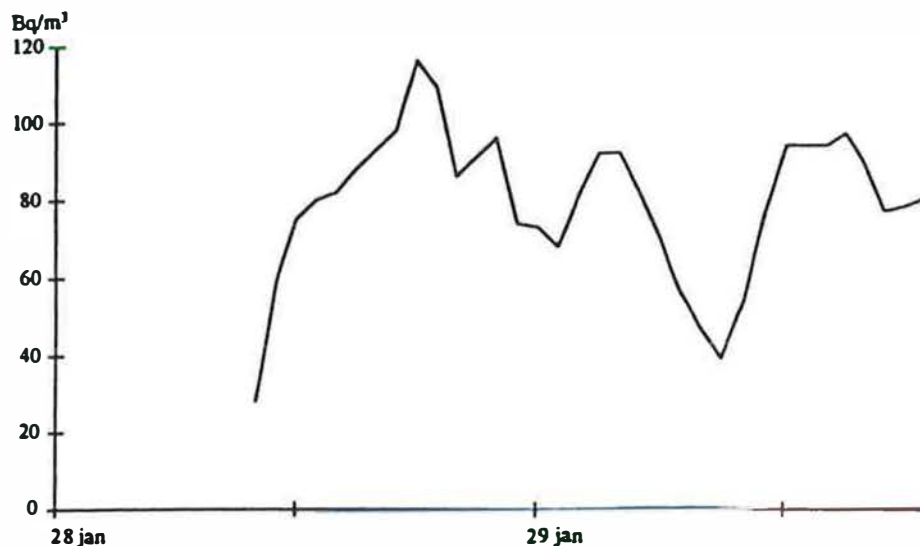
Figur G.01.07.2. Mätning 1989:1. Radondotterhalter efter montering av springventiler uppmätta med WLM 30 under tiden 1989-03-01-06.



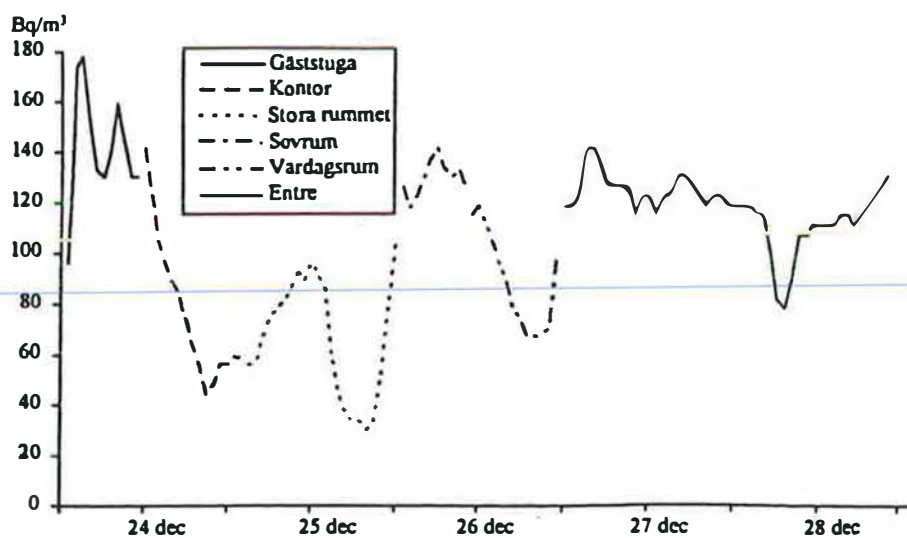
Figur G.01.07.3. Mätning 1989:2. Radondotterhalter efter installation av F-ventilation uppmätta med WLM 30 under tiden 1989-11-13-15.



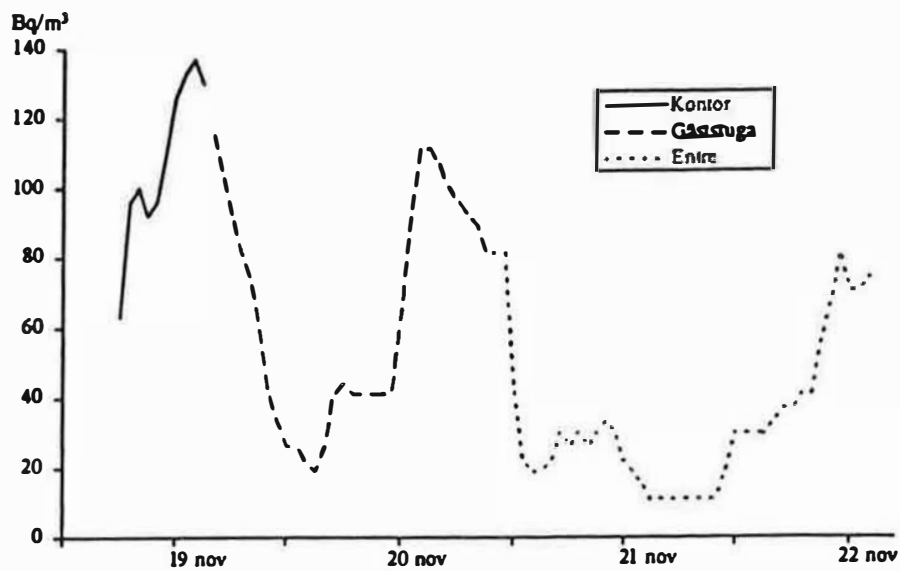
Figur G.01.08.1. Mätning 1989:1. Radondotterhalter före radonsanering uppmätta med WLM 30 under tiden 1989-01-13-17.



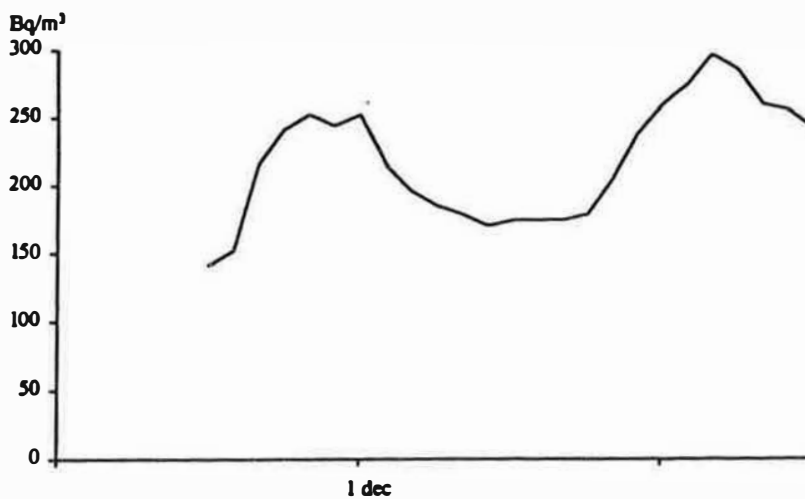
Figur G.01.08.2. Mätning 1989:3. Radonhalter i vardagsrum efter radonsanering uppmätta med WLM 30 under tiden 1989-01-28-29.



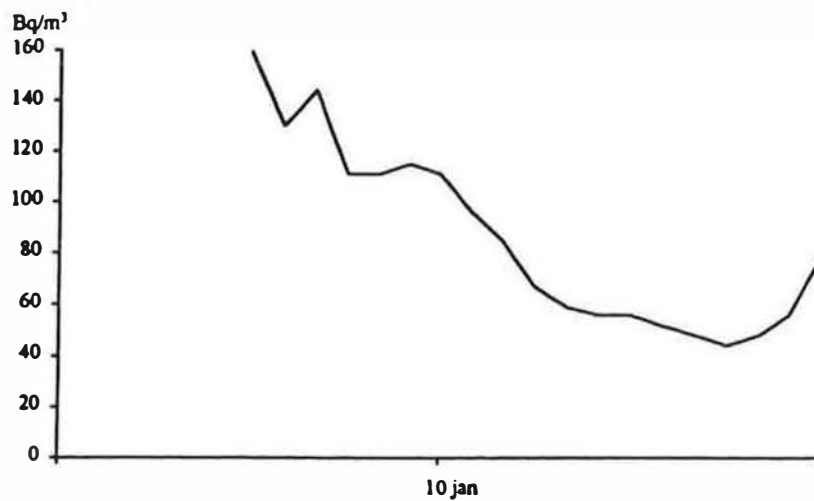
Figur T.01.09.1. Mätning 1981:2. Radonhalter före radonsanering uppmätta med WLM 30 under tiden 1981-12-23-28.



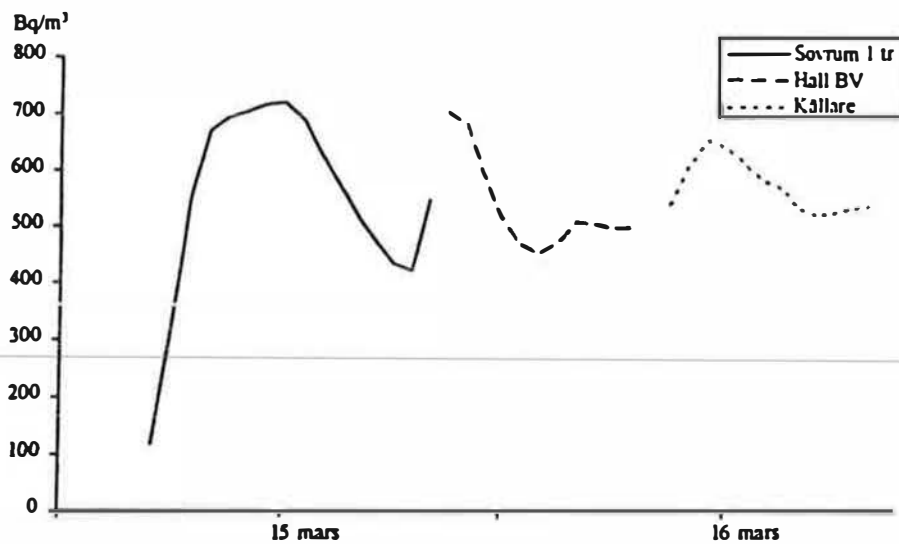
Figur T.01.09.2. Mätning 1982. Radondotterhalter efter radonsanering uppmätta med WLM 30 under tiden 1982-11-18-22.



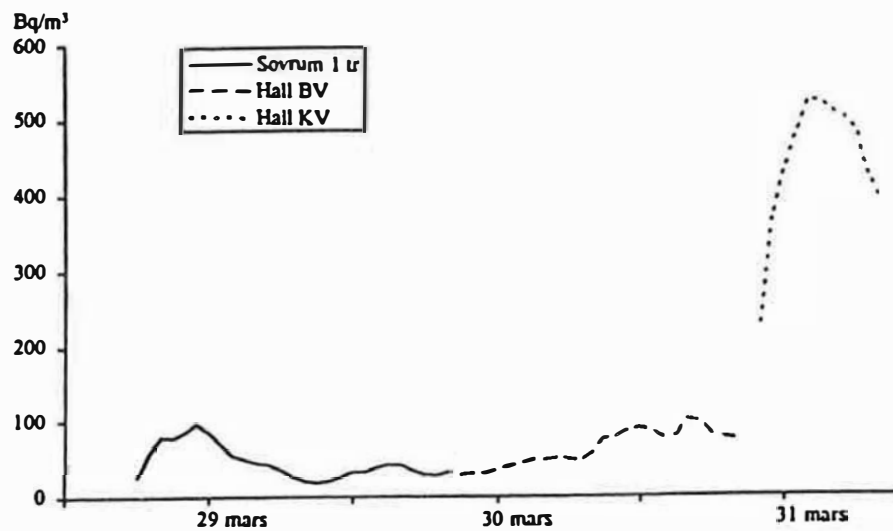
Figur T.01.12.1. Mätning 1982:2. Radondotterhalter i vardagsrum efter radonsanering uppmätta med WLM 30 under tiden 1982-11-30-12-01.



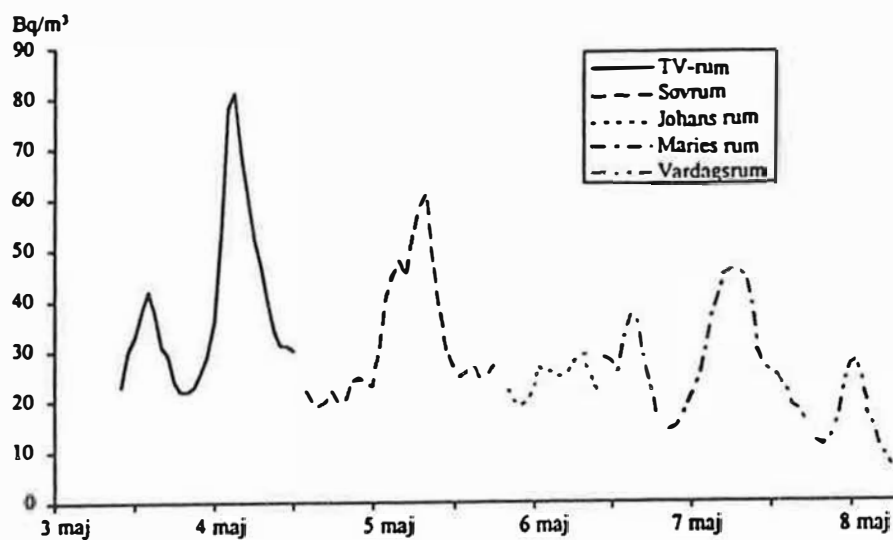
Figur T.01.12.2. Mätning 1983. Radondotterhalter i vardagsrum efter radonsanering uppmätta med WLM 30 under tiden 1983-01-09-10.



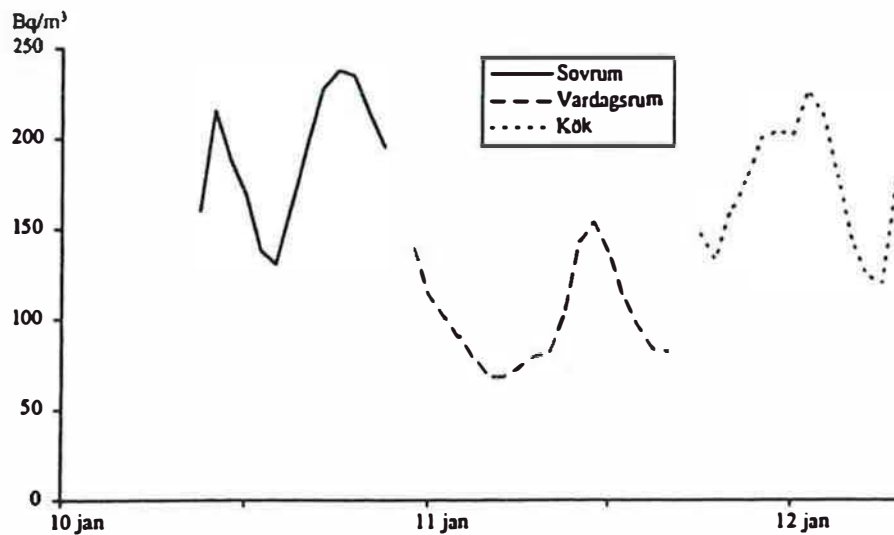
Figur G.02.02.1. Mätning 1988. Radondotterhalter före radonsanering uppmätta med WLM 30 under tiden 1988-03-14-16.



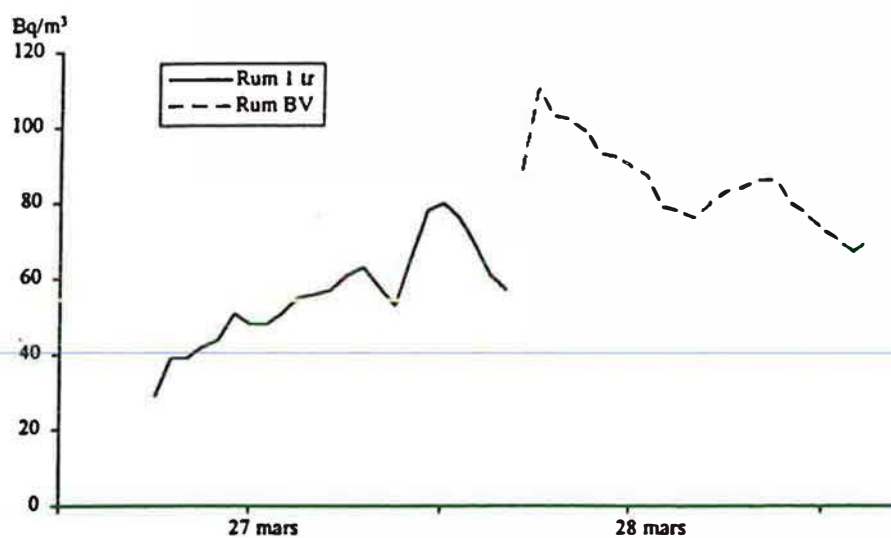
Figur G.02.02.2 Mätning 1989. Radondotterhalter uppmätta med WLM 30 under tiden 1989-03-28-30 efter installation av mekanisk till- och frånluftsventilation. En frånluftskanal från källaren är inkopplad på FTX-systemet. Luft till källaren tas utifrån genom ett uteluftsdon.



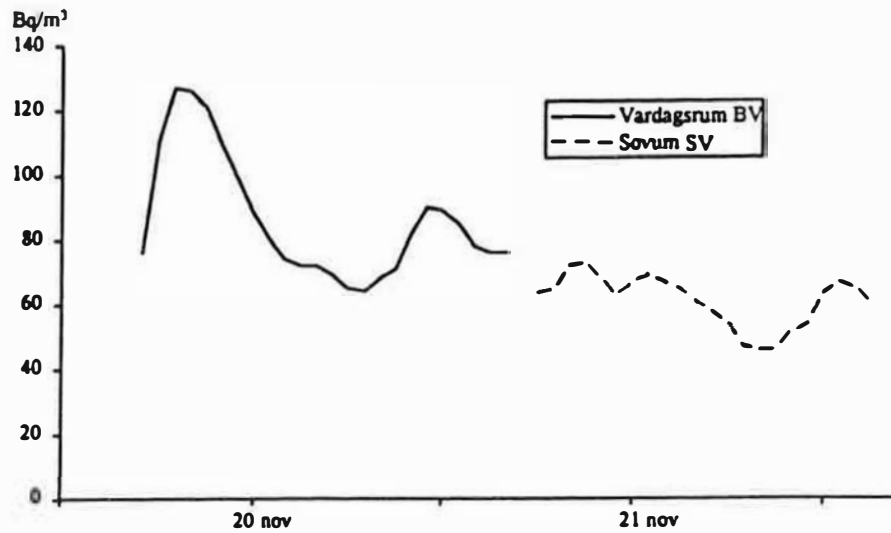
Figur N.02.09.1. Mätning 1989. Radondotterhalter efter radonsanering uppmätta med WLM 30 under tiden 1989-05-03-08.



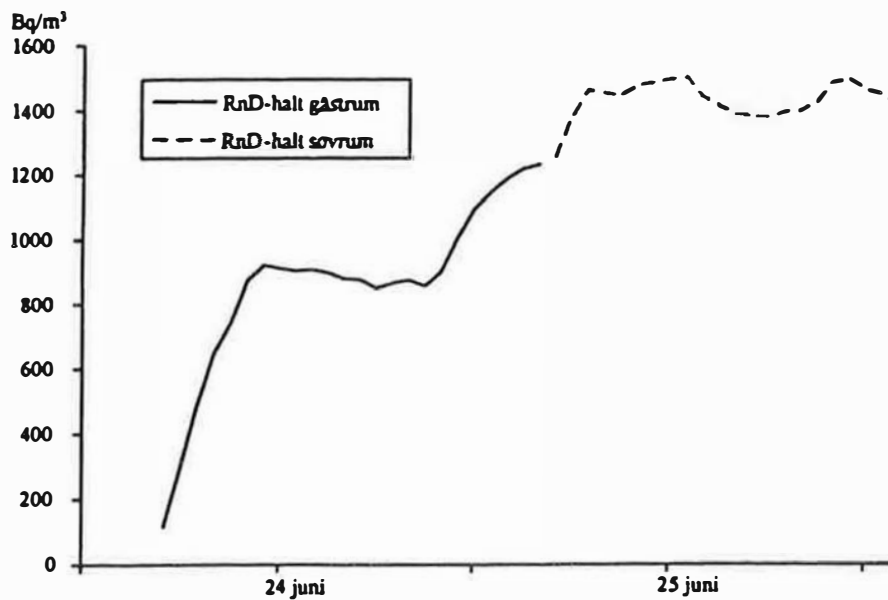
Figur U.02.11.1. Mätning 1990. Radonhalter efter radonsanering uppmätta med WLM 30 under tiden 1990-01-10-12.



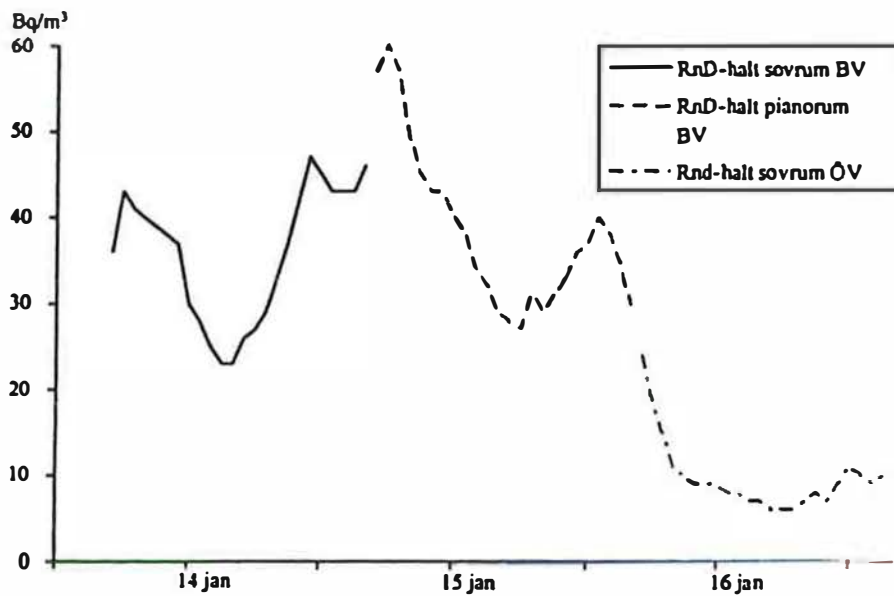
Figur T.02.15.1. Mätning 1990. Radonhalter efter radonsanering uppmätta med WLM 30 under tiden 1990-03-26-28.



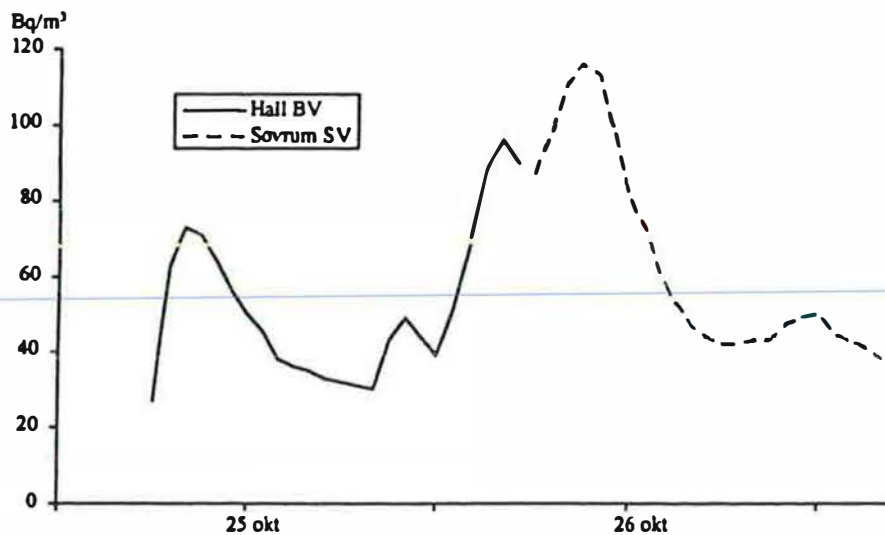
Figur T.02.16.1. Mätning 1990. Radondotterhalter efter radonsanering uppmätta med WLM 30 under tiden 1990-11-19-21.



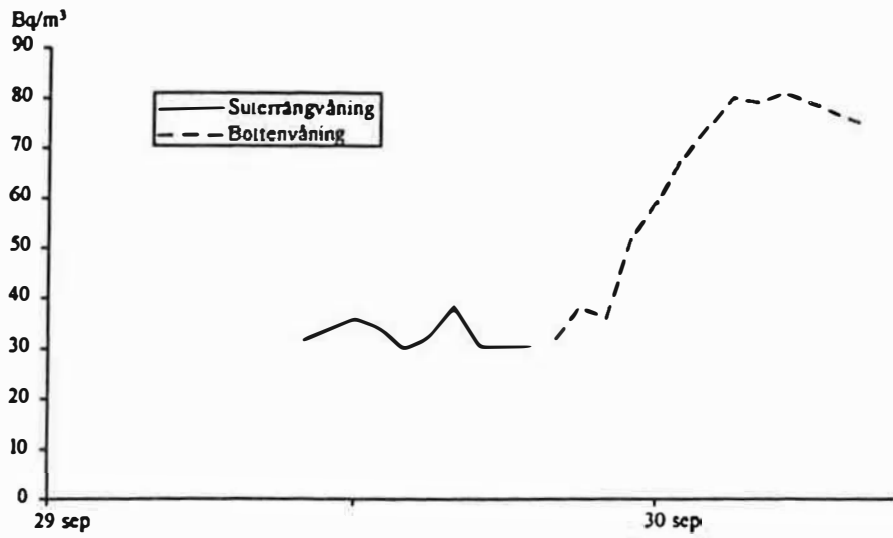
Figur T.02.20.1. Mätning 1987. Radondotterhalter före radonsanering uppmätta med WLM 30 under tiden 1987-06-23-25.



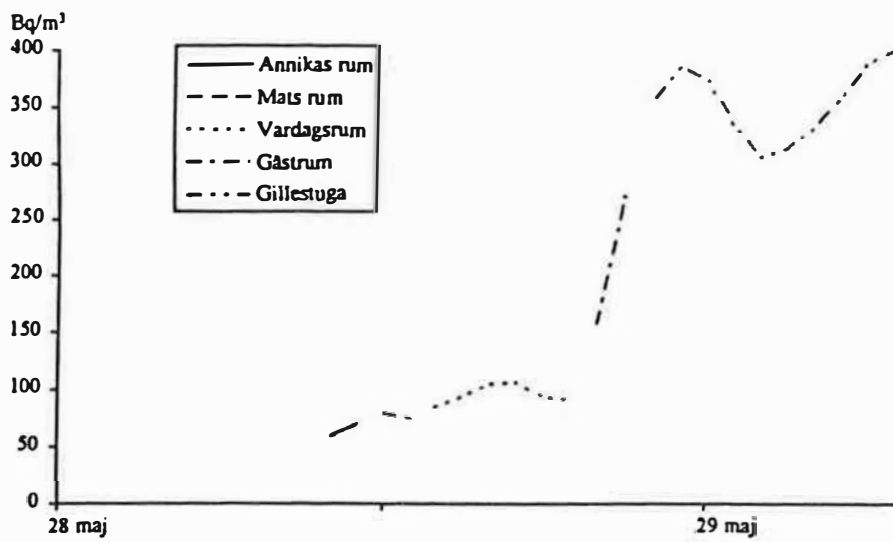
Figur T.02.20.2. Mätning 1989. Radondotterhalter efter radonsanering uppmätta med WLM 30 under tiden 1989-01-13-16.



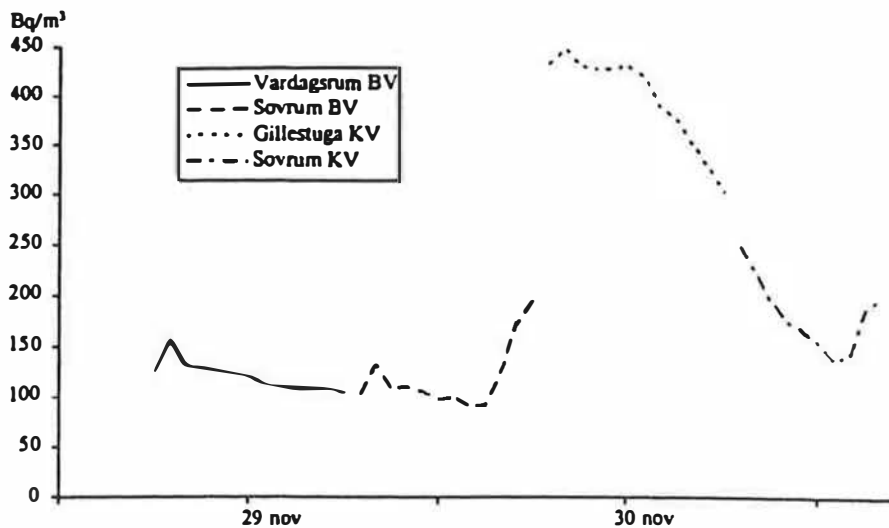
Figur G.04.02.1. Mätning 1988. Radondotterhalter efter radonsanering uppmätta med WLM 30 under tiden 1988-10-24-26.



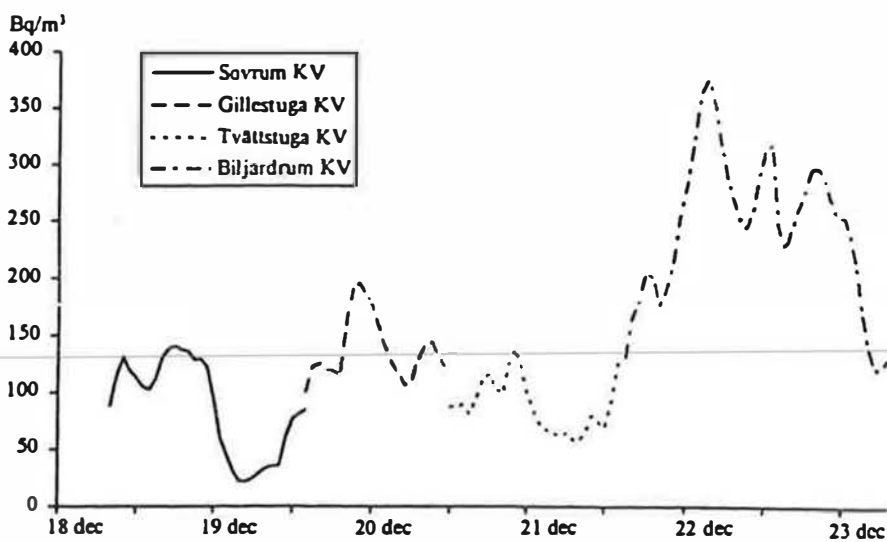
Figur U.04.05.1. Mätning 1983:3. Radondotterhalter efter radonsanering uppmätta med WLM 300 under tiden 1983-09-29-30.



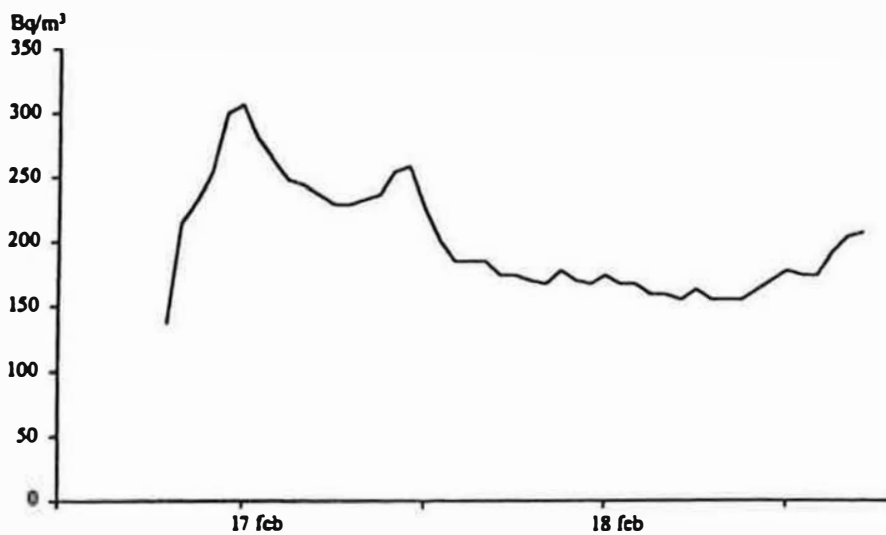
Figur U.07.05.1. Mätning 1983. Radondotterhalter efter radonsanering uppmätta med WLM 300 under tiden 1983-05-28-29.



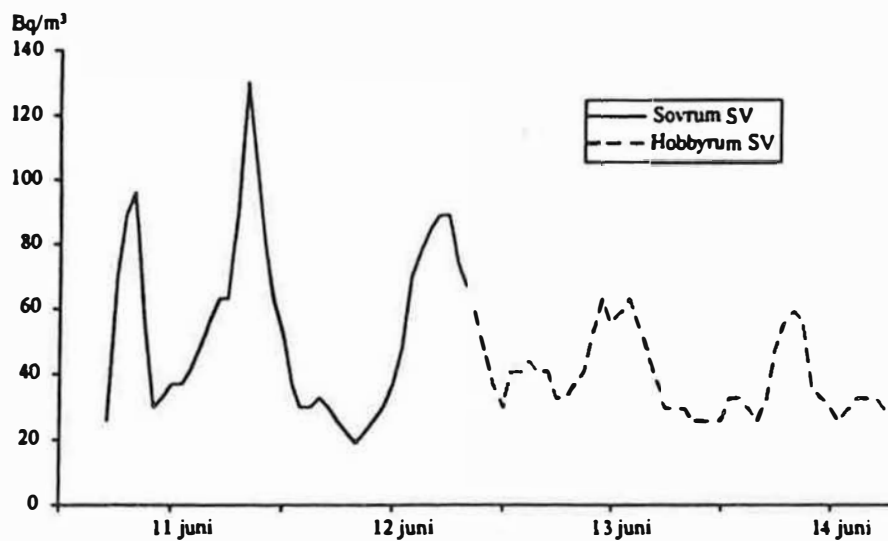
Figur U.07.05.2. Mätning 1989. Radonhalter efter radonsanering uppmätta med WLM 30 under tiden 1989-11-28-30.



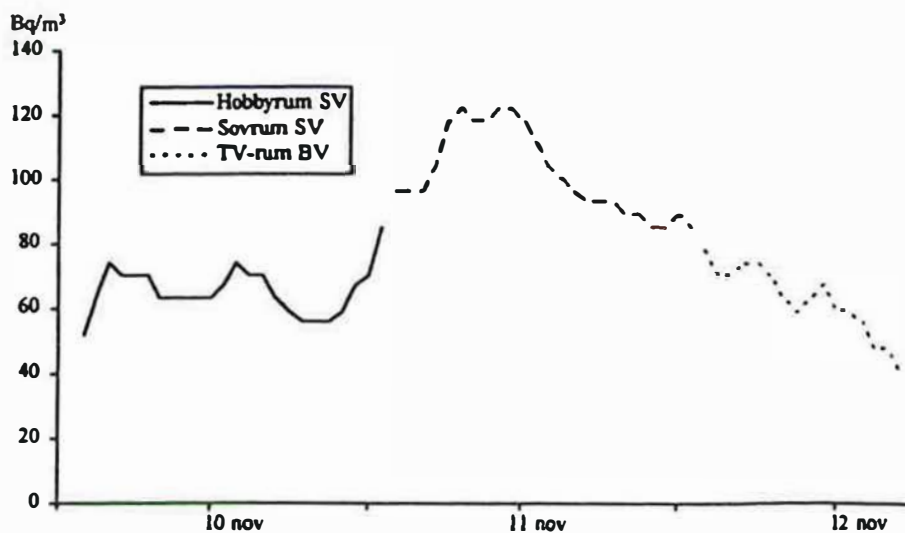
Figur U.07.05.3. Mätning 1991:2. Radonhalter efter radonsanering uppmätta med WLM 30 under tiden 1991-12-18-23.



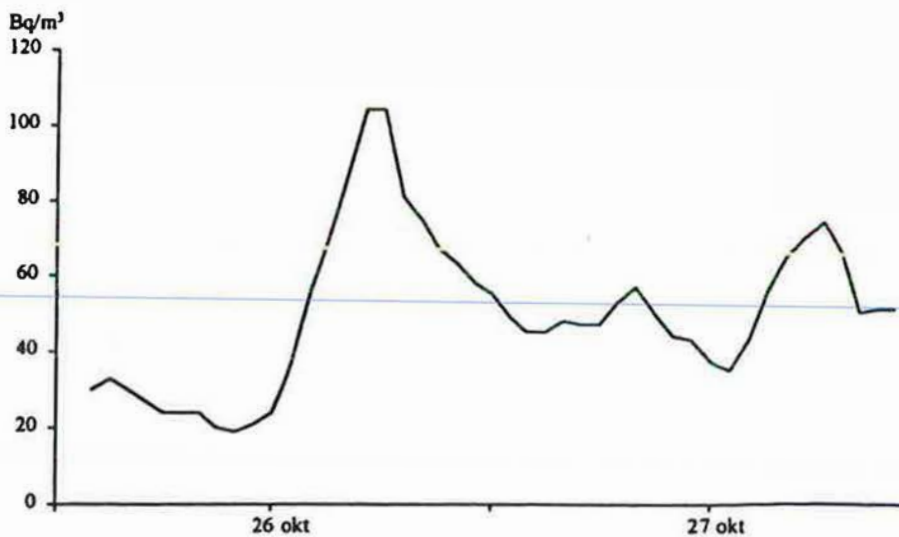
Figur T.07.08.1. Mätning 1982:1. Radondotterhalter före radonsanering uppmätta med WLM 30 under tiden 1982-02-16-18.



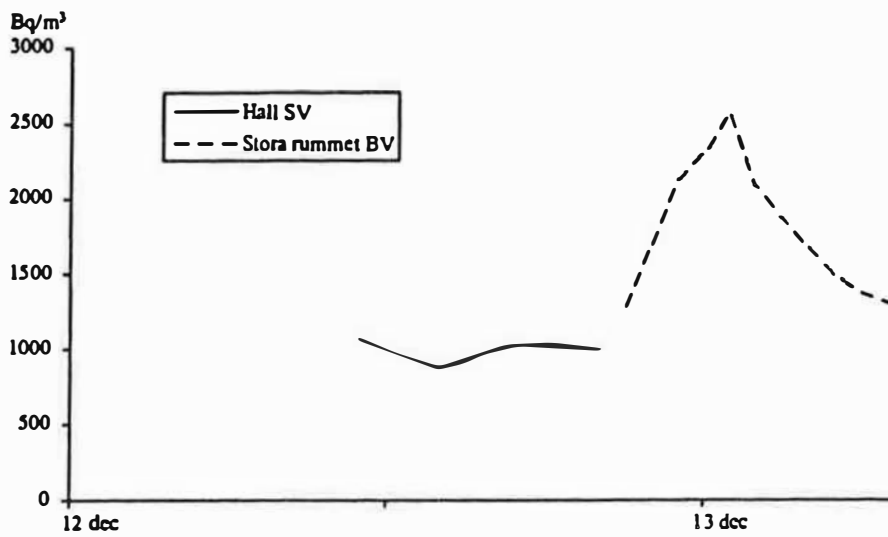
Figur T.07.08.2 Mätning 1982:2. Radondotterhalter före radonsanering uppmätta med WLM 30 under tiden 1982-06-10-14.



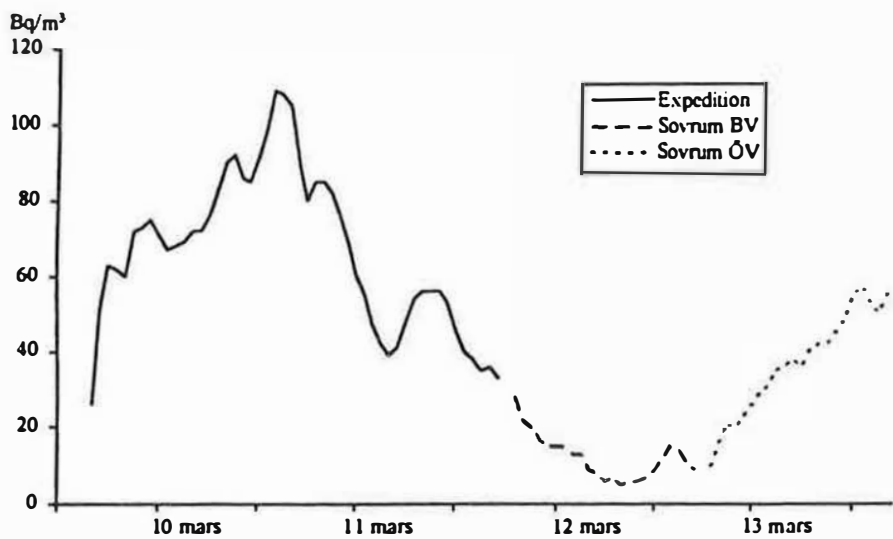
Figur T.07.08.3. Mätning 1984. Radondotterhalter efter radonsanering uppmätta med WLM 30 under tiden 1984-11-09-12.



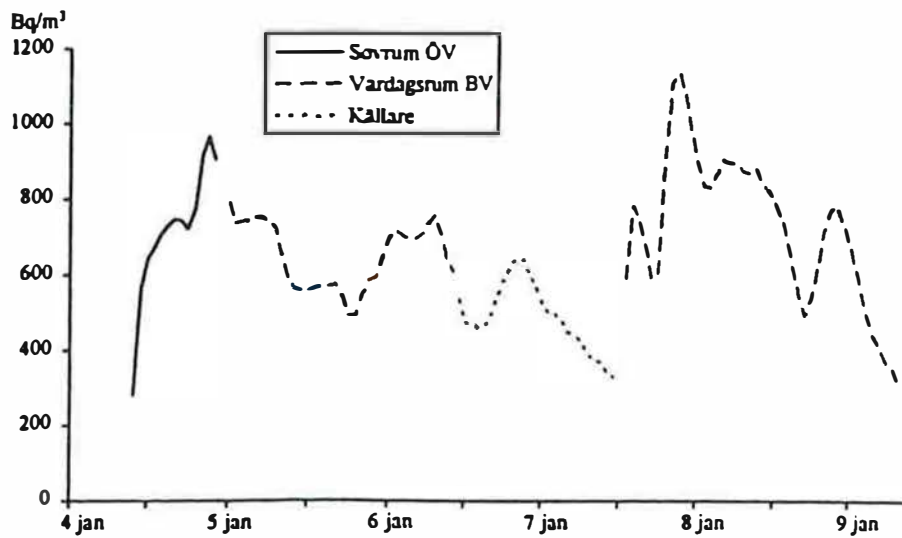
Figur U.09.17.1. Mätning 1989. Radondotterhalter i sovrum i suterrängvåningen efter radonsanering uppmätta med WLM 30 under tiden 1989-10-25-27.



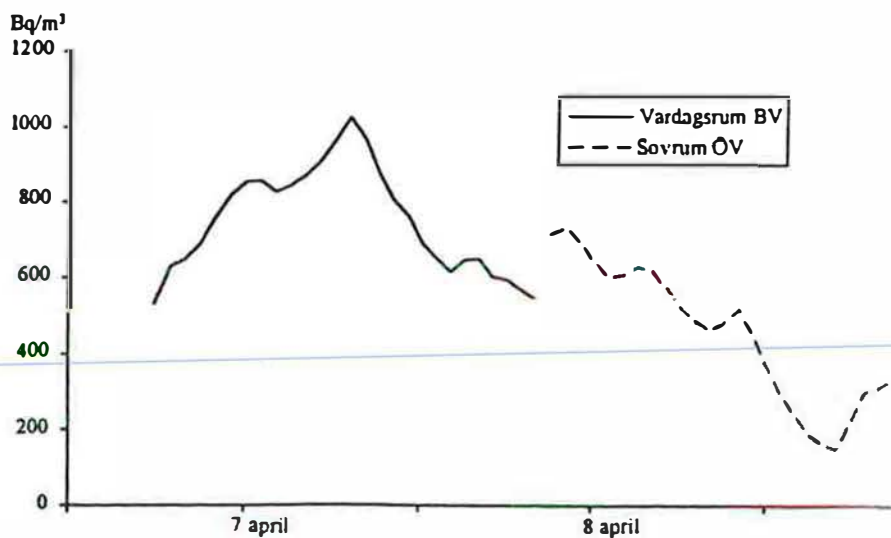
Figur U.09.19.1. Mätning 1983. Radonhalter före radonsanering uppmätta med WLM 300 under tiden 1983-12-12-13.



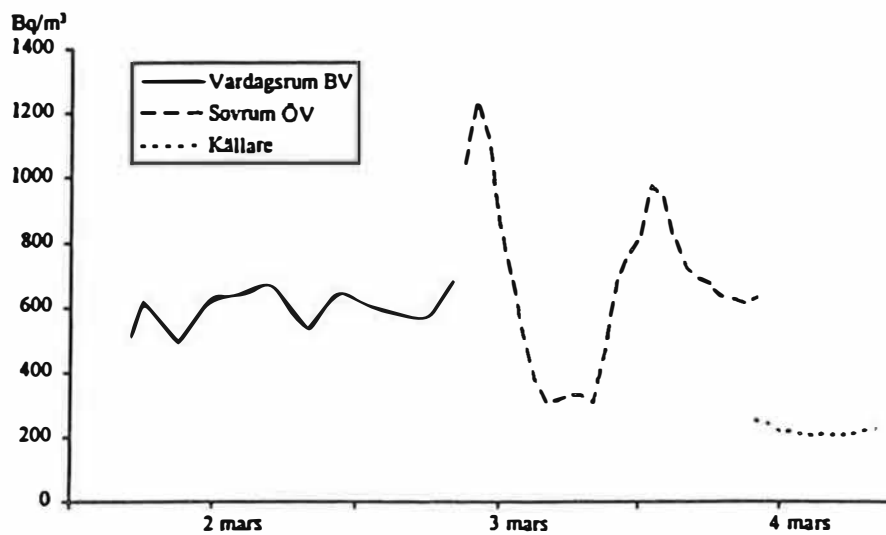
Figur G.10.02.1. Mätning 1989. Radonhalter efter radonsanering uppmätta med WLM 30 under tiden 1989-03-09-13.



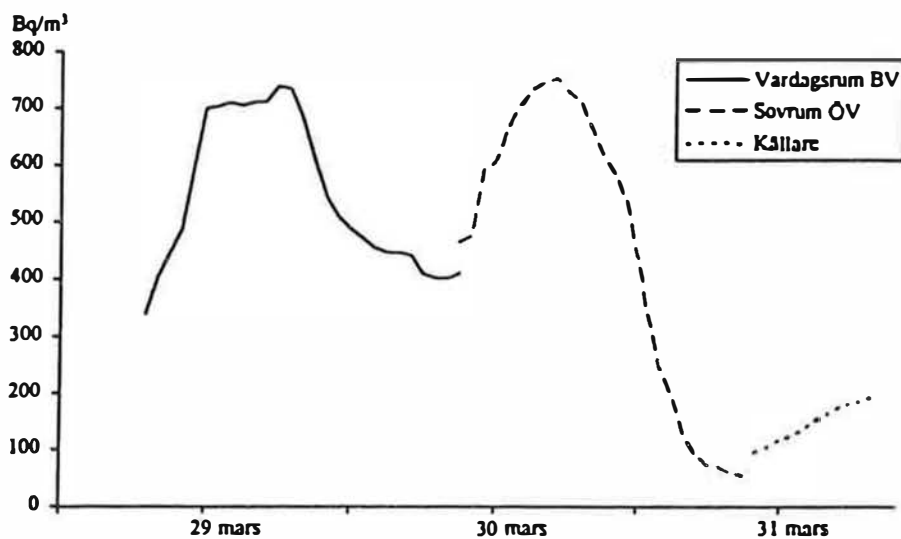
Figur N.10.13.1. Mätning 1989:1. Radonhalter efter installation av radonbrunn uppmätta med WLM 30 under tiden 1989-01-04-09.



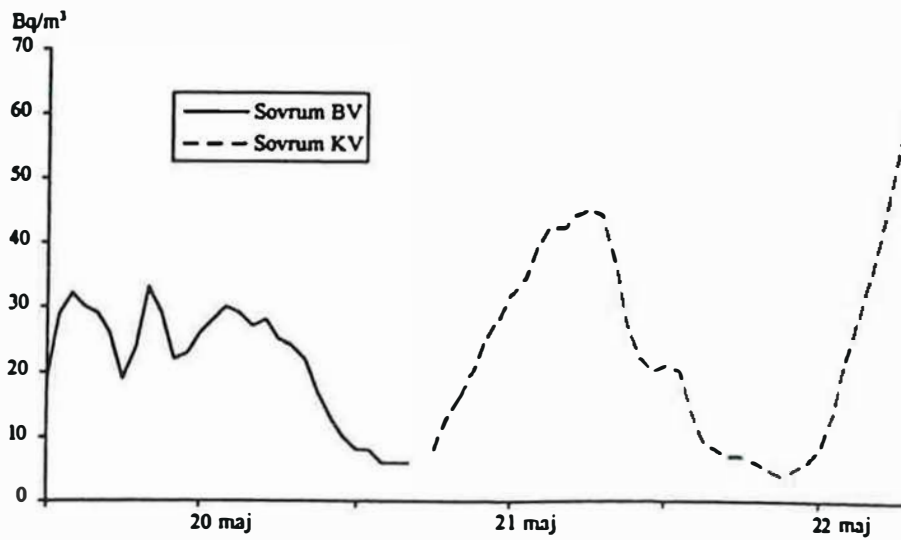
Figur N.10.13.2. Mätning 1992. Radonhalter efter diverse ventilationstekniska åtgärder uppmätta med WLM 30 under tiden 1992-04-06-08.



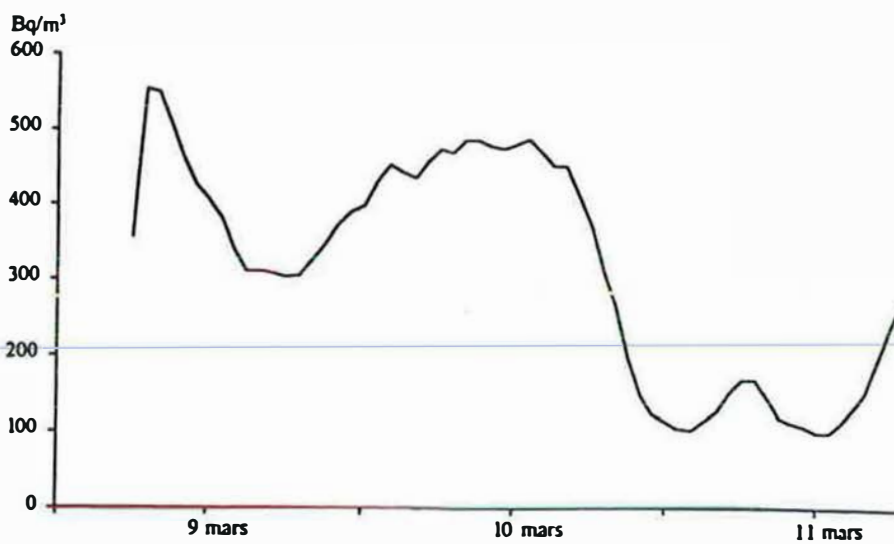
Figur N.10.13.3. Mätning 1993:1. Radondotterhalter uppmätta med WLM 30 under tiden 1993-03-01-04.



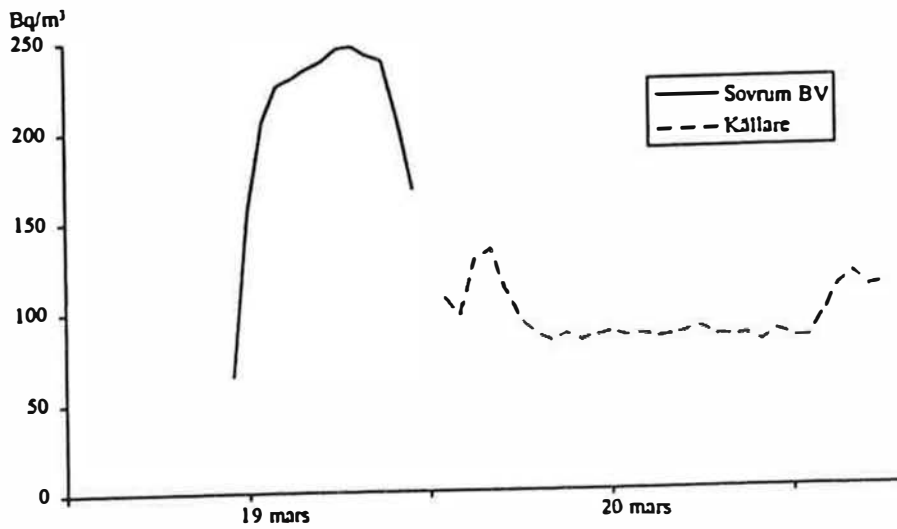
Figur N.10.13.4. Mätning 1993:2. Radondotterhalter efter radonsanering uppmätta med WLM 30 under tiden 1993-03-29-04-01.



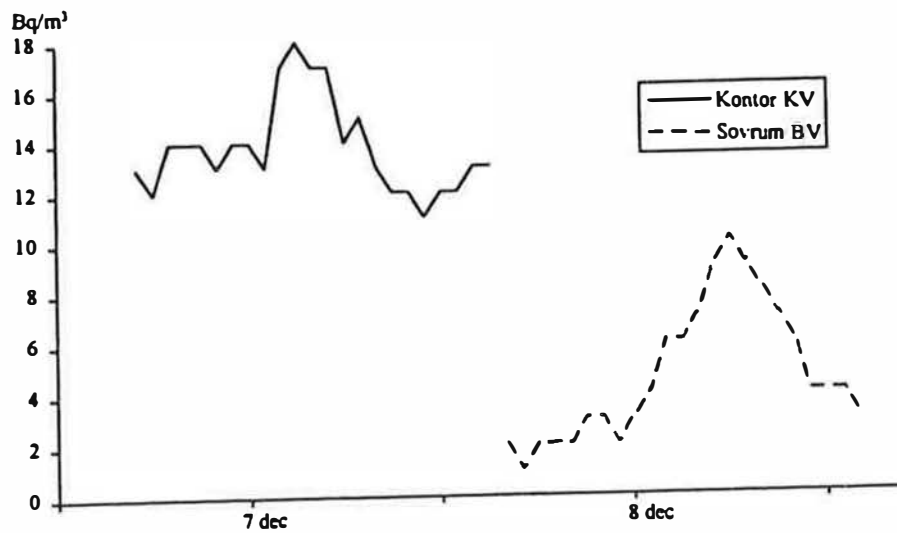
Figur N.10.14.1. Mätning 1989:1. Radondotterhalter efter radonsanering uppmätta med WLM 30 under tiden 1989-05-19-22.



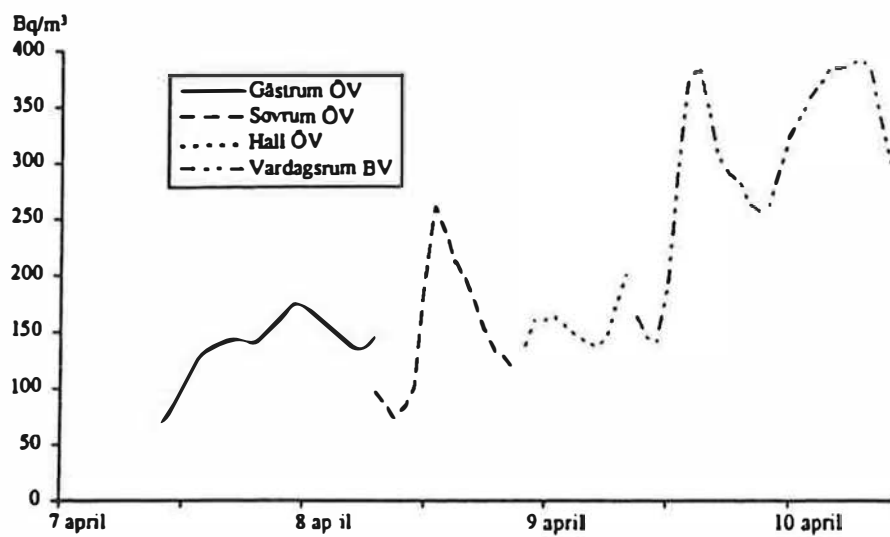
Figur N.10.14.2. Mätning 1993:2. Radondotterhalter i sovrum på bottenvåningen efter radonsanering uppmätta med WLM 30 under tiden 1993-03-08-11.



Figur G.11.03.1. Mätning 1988. Radondotterhalter efter radonsanering uppmätta med WLM 30 under tiden 1988-03-18-20.



Figur N.11.11.1. Mätning 1991:2. Radondotterhalter efter radonsanering uppmätta med WLM 30 under tiden 1991-12-06-08.



Figur G.11.13.1. Mätning 1992. Radondotterhalter efter radonsanering uppmätta med WLM 30 under tiden 1992-04-07-10.



Statens strålskyddsinstitut
Swedish Radiation Protection Institute



BYGGFORSKNINGSRÅDET

A1:1997
ISBN 91-540-5774-4
Bygghälsöversynsmyndigheten
Stockholm

Distribution:
BYGGDOK
S:t Eriksgatan 46
112 34 Stockholm
Tel 08-617 74 50
Fax 08-617 74 60