



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



Rapport

R90:1984

Radon i bostäder

Byggnadstekniska åtgärder vid ny- och ombyggnad

Bertil Clavensjö
Hans Kumlin

R
A/W

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION	
Accnr	Plac <i>50</i>

BYGGDOK

Sankt Eriksgatan 46
112 34 Stockholm
tel: 08-617 74 50
fax: 08-617 74 60

Byggeforskningsrådet

R90:1984

RADON I BOSTÄDER

Byggnadstekniska åtgärder vid
ny- och ombyggnad

Bertil Clavensjö
Hans Kumlin

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 810559-8
från Statens råd för byggnadsforskning till Bjerking's
Ingenjörbyrå AB, Uppsala.

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

R90:1984

ISBN 91-540-4178-3
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Liber Tryck Stockholm 1984

INNEHÅLL

FÖRORD

1	BAKGRUND	7
2	BYGGNADSTEKNISKA PROBLEM	11
3	RADONTÄTA (RADONSTOPPANDE) MATERIAL	13
4	BEFINTLIG BEBYGGELSE	15
4.1	Avlägsnande av radonalstrande material	15
4.1.1	Utbyte av byggnadsmaterial	16
4.1.2	Utbyte av jordmaterial	17
4.2	Utestängning av radon	19
4.2.1	Beklädnad av väggar med folie	21
4.2.2	Färgskikt	22
4.2.3	Källargolv, golv på mark	22
4.2.4	Källarytterväggar	29
4.2.5	Tätning av sprickor och rör genomföringar	35
4.3	Ventilationstekniska åtgärder, allmänt	39
4.3.1	Ventilationstekniska åtgärder i småhus	47
4.3.2	Ventilationstekniska åtgärder i flerbostadshus	49
4.3.3	Lufttryckssänkande åtgärd i mark under byggnad	51
4.4	Luftfilter	52
5	HUS MED KRYPRUMSGRUND	53
5.1	Åtgärder i bostadsutrymme	57
5.2	Åtgärder i befintligt kryputrymme	59
5.3	Åtgärder i kryputrymme vid nyproduktion	65
6	BLIVANDE BEBYGGELSE	71
6.1	Allmänna synpunkter	71
6.2	Plintgrundläggning	73
6.3	Kryprumsgrundläggning	73
6.4	Källargolv, golv på mark	74

6.5	Källarväggar	78
6.6	Förslag till minsta tjocklek och armering för radonsäker betong	83
6.7	Ventilation	85
	LITTERATUR	87

FÖRORD

Målsättningen för detta projekt har varit att redovisa byggnads- och ventilationstekniska lösningar, som är eller kan förväntas vara effektiva för att sänka radondotterhalten i inomhusluften i befintliga bostäder eller förebygga en för hög radondotterhalt i nyproducerade byggnader.

De flesta lösningarna gäller eliminering eller åtminstone minimering av riskerna för inträngning av markradon i bostadshus. Denna radontransport kan nämligen orsaka mycket höga radondotterhalter inomhus. Vid nyproduktion är marken vanligtvis enda radonkällan av betydelse.

Dagens byggnadsmaterial och -teknik har använts för att få praktiskt genomförbara åtgärder till rimliga kostnader. På materialsidan finns idag en stor mängd tätskikt, som fungerar bra vad beträffar lufttäthet och därmed också kan förhindra radon att konvektivt tränga igenom. Däremot är det få av dessa material, som kan förhindra radon att diffundera igenom tätskiktet. I framtiden kommer det förmodligen att finnas flera typer av folier och liknande, som ger ett gott diffusionsskydd. Här är det fråga om dels att utveckla lämpliga material och dels och inte minst att ha möjlighet att mäta olika foliers radondiffusionstäthet. De tätskikt som föreslagits är sådana som anses fungera i sammanhanget, även om man annars inte vet deras begränsning ur åldringshänseende.

Uppsala i december 1983

Bertil Clavensjö Hans Kumlin
Bjerking Ingenjörbyrå AB

1 BAKGRUND

Källan till radonproblemet i våra bostäder är de i naturen förekommande radioaktiva grundämnen, vars atomkärnor spontant och utan yttre påverkan sönderfaller under emission av strålning (alfa, beta respektive gamma) och därigenom omvandlas till nya grundämnen. Det radon, som är en hälsorisk i våra bostäder, är radon-222 och förekommer i den sönderfallskedja, som börjar med uran-238 och slutar med bly-206. Radium, varav radon närmast bildas, har en halveringstid på 1620 år och nybildas ständigt, vilket betyder att produktionen av radon är så gott som konstant under en mansålder. Radon är en ädelgas, vars atomkärnor sönderfaller till s k radondöttrar, som består av radioaktiva metalljoner. Dessa är obundna omedelbart efter bildandet, men de har stor benägenhet att fastna på bl a dammpartiklar. När man andas in radondöttrar stannar de en tid i luftvägarna och i lungorna, där de sönderfaller under utsändande av alfastrålning. Genom sin korta räckvidd förmår denna strålning inte träffa andra levande celler än de som ingår i luftrören och lungvävnaden. Den risk för cancer som uppstår gäller därför cancer i luftrör och lungor.

Utöver alfastrålning är vi även utsatta för beta- och gammastrålning. Figur 1.1 visar människans naturliga strålningsmiljö och figur 1.2 visar genomträngningsförmågan för de olika strålnings typerna.

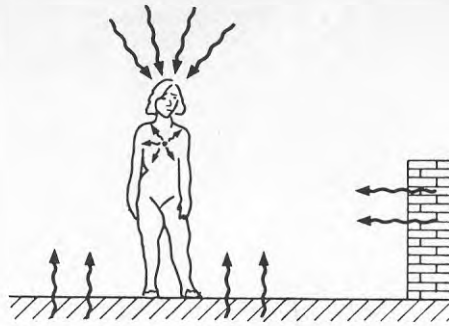
Att utestänga gammastrålningen med byggnadstekniska åtgärder i befintliga hus är oftast mycket kostsamt men är i de flesta fall ej heller nödvändigt, då den i regel har så låg intensitet, att den inte anses vara hälsovådlig.

Radon i bostäder kan komma från tre olika källor, nämligen

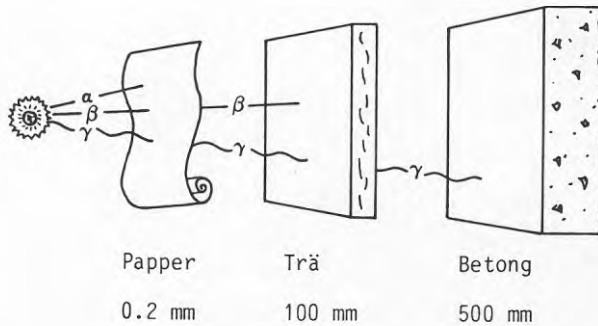
- . byggnadsmaterial
- . ursprunglig mark och dittransporterad fyllning
- . hushållsvatten från djupborrade brunnar i granit med förhöjd radiumhalt.

Av byggnadsmaterial är det främst den skifferbaserade gasbetongen (blå lättbetong, "blåbetong"), som i kombination med dålig luftomsättning ger höga radondotterhalter, men även murblock och fyllning av rödfyr (alunskifferaska) samt betong med ballast av granit med förhöjd radiumhalt kan ge icke oväsentliga bidrag till radondotterhalten.

Radon i jordluften finns i alla typer av mark, men halten varierar inom vida gränser och bestäms bl a av uranhalt i respektive jord- och bergart, porositet och fuktighet. Från marken kan radonet tränga in i byggnader genom diffusion och konvektion. Det senare transportsättets betydelse för radonhalten inomhus beror på byggnadens lufttäthet mot marken, lufttryckdifferensen inomhus-mark, markens luftgenomsläpplighet (permeabilitet) radonhalt i jordluften, grundvattenytans läge och naturligtvis luftomsättningen inomhus. Diffusionen av radon genom en normal betongplatta eller källaryttervägg är oftast försumbar vid grundläggning på "normalmark".



Figur 1.1 Människans naturliga strålningsmiljö innefattar kosmisk strålning, strålning från radioaktiva ämnen i omgivningen samt inre bestrålning från radioaktiva ämnen i kroppen.



Figur 1.2 Jämförelse av genomträngningsförmågan hos alfa- (α), beta- (β) och gamma- (γ)strålning. Alfastrålningen stoppas av ett vanligt skrivpapper och betastrålningen av en tjock träskiva. Gammastrålningen kräver däremot ca 0.5 m betong eller 30 mm bly för att stoppas.

Vad är då normal radonhalt i mark? Nedan anges ungefärliga värden på markluftens radonhalt på 1 meters djup för några olika marktyper.

Sand, mo, mjäla	2 000 -	20 000 Bq/m ³
Grus, åsmaterial	10 000 -	150 000 Bq/m ³
Morän, normalt	5 000 -	30 000 Bq/m ³
Morän med uranrik granit	10 000 -	200 000 Bq/m ³
Alunskiffermorän	50 000 -	1 000 000 Bq/m ³
Lera	10 000 -	60 000 Bq/m ³

Det finns samband mellan gammastrålning från och radonhalt i marken, men man kan inte beräkna radonhalten genom att enbart mäta gammastrålningen. Markradonets uppträdande och förekomst är ett komplext geologiskt fenomen där den kvartära utvecklingen har varit betydelsefull. Landisen har malt sönder berggrunden och transporterat radioaktivt material inneslutet i isen eller isälvar och deponerat detta på helt andra ställen i vårt land. Områden med berggrund eller jordarter som innehåller alunskiffer eller vissa graniter uppvisar i regel hög gammastrålning och indikerar därmed hög radonhalt. Men i granitområdena kan den förhöjda gammastrålningen orsakas av torium och kalium, som inte påverkar radonhalten. Å andra sidan är en låg gammastrålning ingen garanti för låg radonhalt. Ibland överlagrar kalksten alunskiffer, vilket dämpar gammastrålningen, men kan släppa igenom radon. Alltså hög radonhalt i marken men låg gammastrålning. Grusåsar kan även vid måttlig gammastrålning innehålla relativt höga halter radon, som p g a markens stora luftgenomsläpplighet (permeabilitet) kan få mycket stor betydelse för radonhalten inomhus.

I vissa områden med berggrund av granit med förhöjd radiumhalt kan vattnet i djupborrade brunnar innehålla icke oväsentliga mängder radon, som vid vattnets hantering kan avgå till inomhusluften t ex vid duschning eller vanlig tappning. En åtgärd häremot är luftning av vattnet innan det når bostaden. Ett forskningsprojekt vid Chalmers tekniska högskola går ut på att utveckla metoder och behandlingssystem avsedda att i första hand användas vid enskilda brunnar. (Hedberg m fl 1982).

I Svensk byggnorm 1980 (SBN 1980) kapitel 31 och 36 finns föreskrifter beträffande radondotterhalt inomhus i utrymmen där människor stadigvarande vistas samt beträffande byggnadsmaterials radioaktivitet (gamma- och radiumindex) och gammastrålningsnivå. Kompletterande information finns i till SBN 1980 hörande Kommentarsamling 1981 samt även i planverkets rapport nr 54 Strålning i byggnader.

Tabell 1.1 Sammanställning av provisoriska gränsvärden

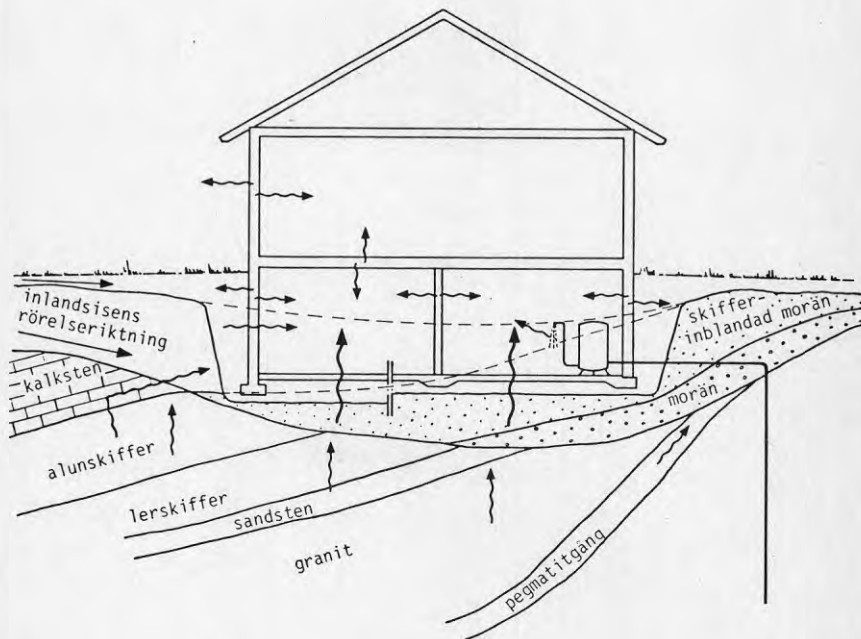
	Radon- dotter- halt Bq/m ³	Gamma- strål- nings- nivå µR/h	Gamma- index (m _γ)	Radium- index (m _{Ra})
Nybyggnad	70	50	1.0	1.0
Ombyggnad	200	1)	-	-

- 1) Om gammastrålningsnivån överstiger 100 µR/h rekommenderas i Kommentarsamling, att man undersöker möjligheterna att vidta åtgärder för att minska denna strålning.

Lämpliga åtgärder för att radondotterhalten inomhus skall kunna hållas på en låg nivå är antingen ventilationstekniska eller byggnadstekniska eller kanske oftast en kombination av sådana, men oavsett metod måste största uppmärksamhet ägnas åt fuktproblematiken, så att man inte bortser från någon av de grundläggande faktorerna, t ex temperatur, vattenångans mätnadstryck, diffusion, ventilation, värmeisolering, placering av fuktspärrar m m och därigenom får vattenutfällning i konstruktionen. Beträffande litteratur inom dessa områden se litteraturlistan.

De byggnadstekniska lösningar, som redovisas i denna rapport, baseras på känd teknik och i marknaden förekommande material. Några metoder har prövats i praktiken med avseende på deras inverkan på radonhalterhalten, t ex byte av fyllning runt källarvåning, mekanisk ventilation inomhus och i krypgrund, tapetsering av gasbetongväggar. Dessa redovisas närmare i en annan byggforskningsrapport (Clavensjö m fl 1982). Några andra metoder har tillämpats i USA och Canada, men de flesta är ur radonsynpunkt oprövade eller otillräckligt utvärderade.

I rapporten föreslagna byggnads- och ventilationstekniska åtgärder har uppdelats i lösningar för befintliga byggnader och för nybyggnader. Flera metoder kan dock vara användbara för båda områdena. Tonvikten är lagd på problemet radioaktiv mark, men även åtgärder mot radonavgång från byggnadsmaterial har behandlats. De flesta åtgärder mot markradon bygger på principen att någonstans i konstruktionen ha ett tätt sprickfritt skikt, som är radonstoppande, vare sig detta utgörs av åtgärdad undergrund eller ligger högre upp i konstruktionen. Vid tätning i samband med ventilationsåtgärder kan dock täthetskravet vara lägre än utan sådana åtgärder.



Figur 2.1 Radongasen söker sig in i byggnaden från radioaktiv mark och fyllning omkring och under denna. Radongasen avgår (exhalerar) även från byggnadsmaterialet.

Att markradon kommer in i husen beror naturligtvis på att de ej är gastätt byggda, på byggfel och på att husen sätter sig, vilket kan resultera i sprickor som är förträffliga läckagevägar. Kännedom om de vanligaste byggfelen är därför väsentlig för att komma tillrätta med problemet.

Vad kan man då göra utöver ventilationstekniska åtgärder? Svaret är mycket enkelt; husen tätas mot radongasen. Detta är dock enklare sagt än gjort. Då man anbringar tätskikt på byggnadsdelar i avsikt att gastäta, kan detta t ex hindra fuktvandringen och resultera i allvarliga byggnadsskador. Problemet måste ses ur flera synvinklar, så att man ej kommer i konflikt med naturlagarna.

I de lösningar, som anges i det följande, har till stor del tätskikt använts, men det kan vara tillräckligt att enbart täta sprickor och andra läckageställen, vilket i kombination med ventilation kan ge önskat resultat.

De åtgärder, som i ett visst projekt väljs för att sänka eller förebygga en förhöjd radonhalter, bör vara sådana som är lätta att utföra på avsett sätt på en arbetsplats. Det är också viktigt att såväl arbetsledning som arbetsstyrkan i övrigt känner till att ju högre radonhalten är i jordluften ju större betydelse har det att denna luft inte kommer in i huset. Som exempel kan nämnas att i en lägenhet med volymen 200 m^3 och $0,5$ luftomsättningar per timme får högst ca 250 liter luft per timme tränga in från marken, om radonhalten i jordluften är $50\,000 \text{ Bq/m}^3$ för att gränsvärdet för radonhalter vid nybyggnad icke skall överskridas.

Det finns idag inte någon lista på ur radonsynpunkt undersökta och godkända material, som går att använda i byggnadstekniska lösningar. Måste sådana lösningar tillgripas kan följande materialsynpunkter vara vägledande.

Det är ett fåtal material som man vet minskar radongenomgången. Asfalt, betong, metallfolier (aluminiumfolier), epoxifärg, epoxibeläggningar har alla använts och visat sig fungera i sammanhanget. Alla övriga skiktmaterial från golveläggningar till plastfolier vet man ingenting om, då prov på deras täthet mot radongenomträngning saknas med ett undantag, nämligen en viss typ av plastfolie som vid laboratorieprov uppvisade lågt diffusionsmotstånd mot radon. Man kan dock förmodligen använda många av dessa skiktmaterial, särskilt mot markradon och i samband med ventilation, då det mer eller mindre blir fråga om ett lufttäthetskrav.

Skiktmaterial av plast är uppbyggda av polymera ämnen och dess molekyler är makromolekyler. Då radongasen existerar som fria atomer i luften, vilka är små i förhållande till plasternas jättemolekyler, kan diffusionen genom vissa plaster vara stor. Prov måste därför utföras innan man vet något om radonsäkerheten.

Ett kolväte, som asfalt, har visat sig effektivt, men då har skikt tjockleken varit 15-20 mm.

Försök har också gjorts med epoxi, som radontätande skikt. Vid tjocklekar motsvarande 4-5 strykningar har god effekt erhållits.

Slutsats: För att dessa ämnen skall fungera som radonspärr fordras tjocka skikt.

I aluminium är atomerna ordnade så tätt som möjligt i s k tät-packning. Skikt av metaller utgör därför en bra spärr mot radonatomerna. Beträffande elsäkerheten se kapitel 4.2.1.

Betong har relativt stort motstånd mot radondiffusion, särskilt om den utförs som vattentät betong eller helst som lufttät betong. (Lufttät betong är ej exakt detsamma som vattentät betong.) De faktorer som påverkar permeabiliteten för luft är ballastsammansättningen, cementhalt och konsistens. Se kapitel 8:123 i Betonghandbok, material. Luftgenomsläppligheten är större än vattengenomsläppligheten. Men det som ofta avgör dugligheten i sammanhanget är de sprickor som uppstår p g a sättningsdifferenser i huset.

Genom tillsatsmedel kan betongens egenskaper i olika avseenden förbättras. Det finns t ex vattentätande tillsatsmedel. Normalt har man inga problem att tillverka en vattentät betong i Sverige, varför medlen fått en begränsad användning. Man kan kanske tänka sig att använda ett tillsatsmedel som minskar antalet luftporer i betongen.

När det gäller polymerer i betong kan man skilja mellan:

- 1) PIC Polymer-Impregnated Concrete
- 2) PC Polymer-Concrete
- 3) PCC Polymer-Cement-Concrete

PIC innebär att en lättflytande plast fås att tränga in i den hårdnande betongens porsystem, för att sedan polymeriseras, härdas.

PC kan fås genom att cementen tillsätts en polymer.

PCC fås genom att en polymer tillsätts färsk betong vid blandningen. PCC kan möjligen vara mindre lämplig mot radondiffusion då betongens lufthalt kan öka.

Såväl PIC som PC ger en hård plastfyllnad i betongens porsystem och bidrar till att styva upp och förstärka betongstrukturen, d v s hållfastheten ökar. Porfyllnaden ger även en ökad täthet.

Beläggningar av epoxiplast på betonggolv bör också vara effektiva radonstoppare, om beläggningen är sprickfri. Tunnskiktsbeläggningar varierar i tjocklek från 0.3- 1 mm. Tjockskiktsbeläggningar varierar mellan 3- 5 mm och är ofta självutjämnande. Det finns även elastiska epoximembran, vilka kan tåla vissa sättningsskillnader.

Epoxibeläggningar är dyra och har den nackdelen att de innebär skaderisker för dem som arbetar med materialet. Arbetarskyddsstyrelsen har i Anvisningar nr 127 lämnat regler och anvisningar för hårdplaster i allmänhet och för epoxiplaster i synnerhet. Konsekvensen av dessa anvisningar blir, att hårdplastarbeten skall utföras av särskilt utbildad personal.

Polymerbetong och epoxibeläggningar måste dock först testas, innan man vet deras duglighet i radonsammanhang.

I ett befintligt hus kan en förhöjd radonhalter orsakas av radioaktiva byggnadsmaterial i husets stomme och mellanväggar eller av radon från marken under och runt omkring byggnaden. Den förstnämnda källan är enkel att avslöja, eftersom radioaktiviteten kan konstateras genom mätning av gammastrålningen från materialet med hjälp av ett scintillationsinstrument. Det är dock betydligt svårare att bedöma om hela eller hur stor del av den uppmätta radonhalten, som orsakas av radon från byggnadsmaterialet. Radonexhalationen eller radonavgången från t ex en väggyta beror inte enbart på radioaktiviteten i materialet utan även på hur ytan är behandlad, lufttrycksvariationer m m. Ventilationen i rummet kan också variera kraftigt. Rent allmänt kan sägas att ifall den uppmätta radonhalten är betydligt över 400-500 Bq/m³ är det troligt, att även marken ger ett bidrag till denna, om inte luftsättningen är extremt låg i det rum där mätningen har skett.

Den eller de åtgärder, som sätts in för att sänka radonhalten, bör i första hand sikta på att förhindra radonet att blanda sig med rumsluften. Där sådana åtgärder inte är tekniskt-ekonomiskt försvarbara eller inte ger tillräcklig effekt gäller det att späda ut radongasen så mycket som möjligt d v s ha en god luftsättning. Byggnads- och ventilationstekniska lösningar kan indelas i huvudsak i tre grupper, nämligen

- 1 Utbyte av det radonalstrande materialet.
- 2 Tätning för att hindra eller dämpa utströmningen av radon i bostadsluften.
- 3 Förbättring av ventilationen, vilket även kan innebära att lufttrycksskillanden inomhus-mark minskar och att därmed även mindre mängd markradon sugts in i huset. Ventilations-tekniska åtgärder kan också utföras i grundkonstruktionen (t ex i kryputrymme eller under golv på mark) för att förhindra att radonhaltig luft sugts in i huset.

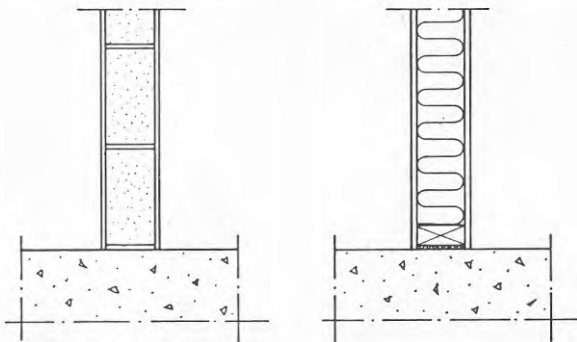
I vissa fall kan radonhalten i bostadsrum minskas genom att källarvåningen skärmas av från den övriga bostaden och ventileras separat.

4.1 Avlägsnande av radonalstrande material

Att byta ut det material, som ger upphov till den förhöjda radonhalten, är naturligtvis den mest effektiva åtgärden, men är tyvärr ofta inte tekniskt-ekonomiskt realistisk. Ibland kan ett partiellt utbyte kombinerat med t ex en förbättrad ventilation vara den bästa lösningen.

4.1.1 Utbyte av byggnadsmaterial

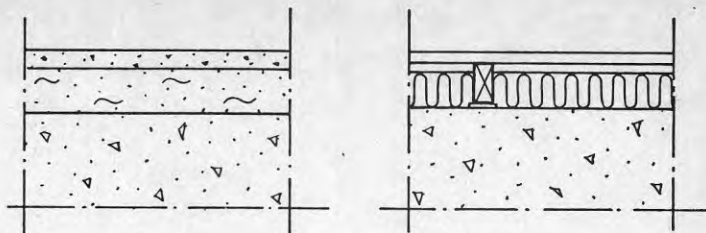
De byggnadsdelar, som i första hand kan tänkas vara möjliga att byta, är de icke bärande mellanväggarna. Dessa är ofta i stenhus och i källarvåningar i småhus utförda av gasbetong i form av block eller rumshöga element. Om väggen är av skifferbaserad gasbetong kan kontrolleras antingen med en gammastrålningsmätare eller genom ett borrhprov (blå till blågrå färg på borrhjålet). Nya mellanväggar kan utföras av t ex gipsskivor på regelstomme.



Figur 4.1 En icke bärande vägg av skifferbaserad gasbetong kan ersättas med en regelvägg, t ex gipsskivor på regler av trä eller plåt. Väggens ljudisoleringsförmåga förbättras, om mineralullsskivor placeras mellan reglarna.

Överslagmässigt bör man kunna räkna med att denna åtgärd sänker radonotterhalten ungefär i proportion till dessa väggars sammanlagda yta i förhållande till samtliga gasbetongväggars yta (exklusive ytterväggarnas utsidor). Detta gäller under förutsättning att väggarna är den enda radonkällan av betydelse och att aktiviteten i gasbetongen är i stort sett densamma i alla väggar. Radiumhalten är dock vanligen lägre i mellanväggselement än i oarmerade produkter.

Värmeisolering av krossad skifferbaserad gasbetong (eller i vissa fall rödfyr) kan förekomma i källar- och vindsbjälklag i framför allt flerbostadshus. Eftersom gasbetongen är krossad i mindre bitar, kan radonavgången härifrån vara betydande. Fyllningen i källarbjälklaget är oftast täckt med en 4-5 cm armerad betongplatta, vilket gör ett byte mera besvärligt och kostsamt. Krossad gasbetong på ett betongbjälklag under ett oinrett vindsutrymme har sannolikt ingen nämnvärd inverkan på radonotterhalten inomhus och kan därför bortses ifrån.



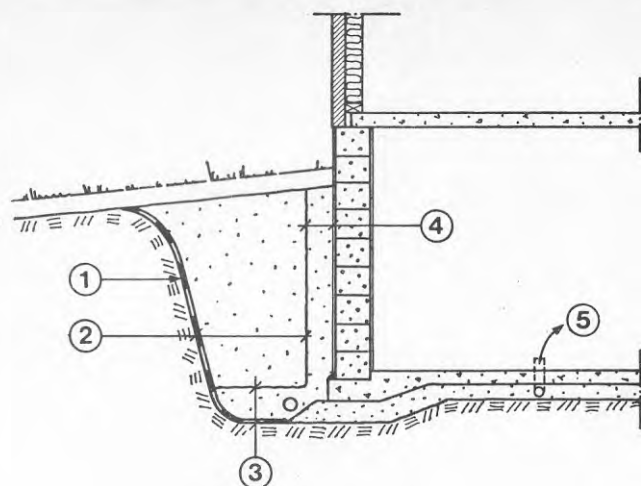
Figur 4.2 Värmeisolering av skifferbaserad gasbetongkross i ett bjälklag kan ersättas med t ex ett övergolv av spånskivor på reglar. Mineralullsskivor läggs in mellan reglarna dels för värmeisolering och dels för att dämpa det trum ljud, som kan uppstå vid gång på golvet.

4.1.2 Utbyte av jordmaterial

Om fyllningen eller marken runt en källarvåning är den dominerande källan till en förhöjd radonhalterhalt inomhus, kan en god reducering av denna erhållas genom att en del av detta material byts ut mot fyllning med låg aktivitet. Radon kan transporteras genom diffusion i grus ca 10 m och i lera 1-2 m. Hur stor del av jordmaterialet; som behöver bytas ut, beror därför på sammansättningen hos ersättningsmaterialet och om tätskikt enligt figur 4.3 läggs in på schaktväggar och -botten. Ett sådant tätskikt kan utföras av asfaltemulsioner, gummiasfalt, asfaltemuller eller betong. Betongen kan vara injektionsbetong, sprutbetong eller motgjutning med armerad betong. Asfaltemulsion och gummiasfalt kan utföras så att de elektrostatiskt binds mot underlaget. Asfaltemuller bör innehålla aluminiumfolie.

Vid i Sverige genomförda och lyckade saneringar har fyllningen på 4 m bredd från källarytterväggar bytts ut. I dessa fall fanns det emellertid inte något jordmaterial med förhöjd radioaktivitet under husen. Något tätskikt för att förhindra radontransport från den kvarvarande fyllningen till huset har inte lagts in på schaktbotten eller -slänter. (Se Clavensjö m fl 1982.)

Att byta ut jordmaterial under en byggnad är oftast såväl tekniskt som ekonomiskt en mindre god lösning. Radon härifrån kan emellertid i många fall hindras att tränga in i huset genom åtgärd, som beskrivs i kapitel 4.3.3.



Figur 4.3 Utbyte av radioaktiv fyllning mot lågaktiv runt en byggnad.

Åtgärder utanför och under huset.

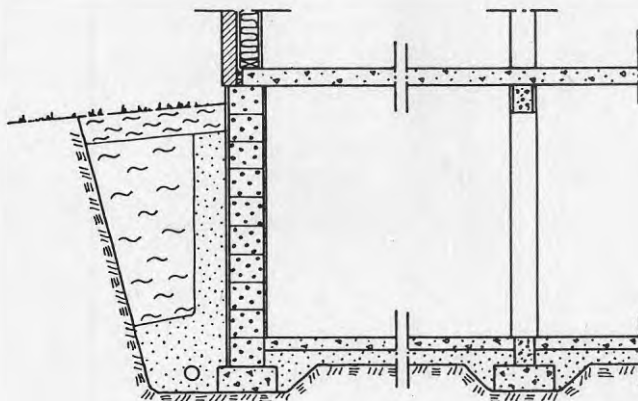
- ① Eventuellt tätskikt, varigenom den mängd fyllning som behöver bytas ut kan minskas.
- ② Aktiv fyllning utbyts mot lågaktiv.
- ③ Fyllning enligt SBN 32:223.
- ④ Fyllning enligt SBN 32:222.
- ⑤ Radonhaltig jordluft från mark och kapillärbrytande skikt under huset kan förhindras att sugas in i byggnaden genom åtgärd som beskrivs i kapitel 4.3.3.

4.2 Utestängning av radon

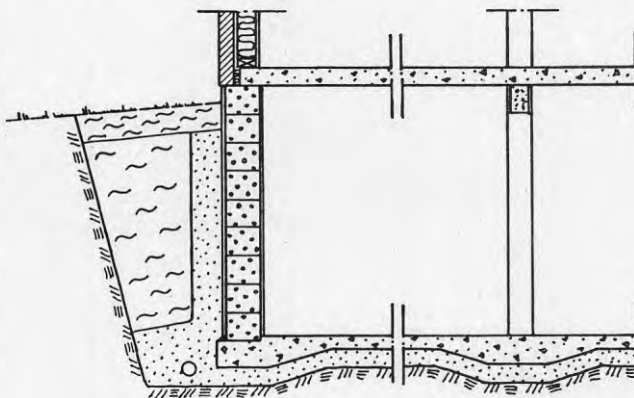
Detta avsnitt behandlar

- isolering av ytor hos väggar bestående av material med förhöjd radonexhalation t ex skifferbaserad gasbetong
- isolering av grundmurar för att förhindra inträngning av markradon
- isolering av källargolv och golv på mark för att förhindra inträngning av markradon
- lagning (tätning) av sprickor, springor och andra otätheter i golv- och väggkonstruktioner mot mark.

Grundläggningen av ett hus med källarvåning är oftast utförd enligt figur 4.4, längsgående betongsulor under bärande väggar, eller enligt figur 4.5, hel kantförstyvad betongplatta.



Figur 4.4 Grundläggning med längsgående betongsulor.



Figur 4.5 Grundläggning med kantförstyvad betongplatta.

Den principiella skillnaden mellan de två grundläggningssätten är ur radonsynpunkt den, att vid den första grundläggningstypen gjuts betongsulorna först, sedan muras ytterväggar och bärande innerväggar upp och därefter gjuts betonggolvet. För att förhindra fastgjutning av golvet mot väggarna läggs ofta en remsa av papp, träfiber eller dylikt in längs dessa. När den nygjutna betongen hårdnar, krymper den och en springa uppstår mellan golv och vägg. Genom denna kan markradon lätt tränga in i huset. Vid den andra grundläggningstypen gjuts hela källargolvet först, varefter väggarna placeras uppe på detta.

Källarlösa hus, som uppförts på senare tid, har antingen grundlagts med platta på mark i princip enligt figur 4.5 eller s k kryprumsgrund (kapitel 5). Något äldre hus (byggda i huvudsak före 1950) kan vara grundlagda med grundmurar på betongsulor i likhet med figur 4.4 även om källarvåning saknas.

Genom att täta ytan på t ex en vägg av skifferbaserad gasbetong med ett skikt, som är så tätt att radongasen inte kan diffundera igenom, kan radonet till viss del förhindras att komma ut i rumsluften. Att skyddet inte kan bli 100 %-igt beror på svårigheten att få tätt vjd dörr- och fönsterkarmar, vid golv- och takvinklar samt p g a i väggen infällda dosor och rör för den elektriska installationen, vilka kan ventileras stora delar av väggen, framförallt om de står i förbindelse med dåligt utfyllda fogar i murverket.

Golv och väggar mot mark kan behandlas på motsvarande sätt för att dämpa radoninströmningen från denna. Eftersom dessa skikt är diffusionstäta även för vattenånga måste största hänsyn tas till fuktförhållandena vid behandling av sådana ytor.

De material, som kan komma ifråga för invändig beklädnad på väggytor kan vara

- . porfri aluminiumfolie
- . vissa typer av vinyltapeter

För beläggning på golv kan t ex asfaltmatta med aluminiumfolie användas.

Ett färgskikt kan också ge ett gott skydd mot radonexhalationen. Detta gäller främst epoxifärger.

På utsidan av en källaryttervägg kan olika typer av asfalt användas för att minska radonflödet från marken.

Gemensamt för alla dessa behandlingar är att de måste utföras på ett torrt, rent och jämnt underlag, som skall utgöras av själva stommaterialet eller därpå sittande putsskikt. Eventuella värmeisolerings-skivor på väggar och uppreglade eller flytande golv skall därför avlägsnas, innan det radontätande materialet kan appliceras.

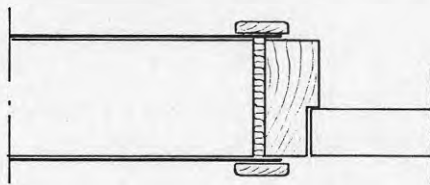
4.2.1 Beklädnad av väggar med folie

I ett forskningsprojekt (Clavensjö m fl 1982) har två småhus med väggar av skifferbaserad gasbetong åtgärdats genom att väggarna beklänts med en speciell typ av aluminiumfolietapet. Resultatet av denna åtgärd blev att radonexhalationen minskade med 45-65 %. Det lägre talet gäller ett hus, där endast väggarna i suterräng-källarplanet var av gasbetong, medan bjälklaget däröver bestod av trä. Det kan därför tänkas att radonavgången från väggarnas oskyddade ovansidor har bidragit till den sämre reduktionen.

Ju större del av ytan som behandlas desto bättre bör resultatet bli. Därför bör garderober, golvsöcklar, foder och eventuella taklister avlägsnas för att möjliggöra att även väggytorna bakom dessa blir isolerade. Om skåpinredningen i ett kök skall monteras ned är dock mera tveksamt, eftersom dessa är anslutna till olika typer av installationer.

Tapeter rivs bort, om de sitter löst eller det finns risk för att de lossnar vid uppsättning av det nya, radontätande skiktet. Ojämnheterna utlagas och spacklas. Kontrollera särskilt anslutningar mellan vägg och bjälklag, där såväl murfog som eventuellt putsskikt kan vara dåligt utfyllda. En strukturerad väggyta, t ex vävtapet, bör bredspacklas för att förhindra, att en luftspält bildas bakom aluminiumfolien eller vinyltapeten.

Eftersom den nya tapeten är diffusionstät kan inte vanligt vattenbaserat tapetklister användas för uppsättningen. Tapeten bör i stället limmas med vinyltapetlim (våtrumslim), vilket visserligen också är vattenbaserat men innehåller betydligt mindre del vatten. Vid tapetseringen bör så stor del av vattnet som möjligt få avdunsta innan själva tapeten appliceras. Den nya väggbeklädnaden bör anslutas till dörr- och fönsterkarmar enligt figur 4.6.



Figur 4.6 Anslutning av väggbeklädnad till dörrkarm.

OBS. Metallfolier som tapet anses kunna vålla brandrisk eller risk för spridning av farlig spänning med möjlighet att spänningsförande del blir åtkomlig för beröring. Uppsättning av metallfolietapet är därför förbjudet. Dispens för uppsättning kan beviljas av arbetarskyddsstyrelsen och statens industriverk (SIND).

4.2.2 Färgskikt

I USA har försök gjorts att isolera golv- och väggytor med olika typer av färg. Goda resultat har därvid erhållits enligt Ericson (1981) med i första hand epoxifärger, som applicerats i tjocka skikt, 4-5 strykningar. Men det finns också försök som misslyckats. Ett färgskikt är bl a känsligt för rörelser i underlaget. Uppstår en spricka i väggen eller golvet, spricker oftast även färgen. Man kan därför förvänta sig att en målningsbehandling kan ge en god isolering mot det radon som avgår från själva byggnadsmaterialet, men som isolering mot markradon är den mera tveksam.

I de ytmaterial, som vanligtvis kommer ifråga vid isolering mot radon, ingår cement eller kalk. De färger, som lämpar sig i detta sammanhang, måste därför även vara alkalibeständiga. Några lämpliga färgtyper bör vara

- . epoxibaserade färger
- . klor kautschukfärg
- . polyvinylkloridfärg (PVC-färg)
- . uretanalkyd

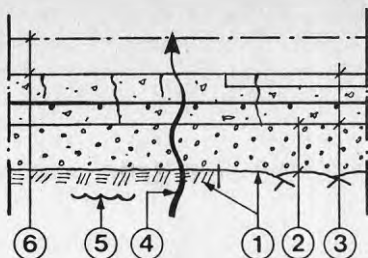
Målning med epoxifärg är förenat med hälsorisker och skall därför utföras enligt anvisningar nr 127 utfärdade av arbetarskyddsstyrelsen.

4.2.3 Källargolv, golv på mark

En betongplatta enligt figur 4.7 är den primära konstruktionsdelen när det gäller att utestänga markradon oavsett om plattan tjänstgör som källargolv eller som golv på mark i ett källarlöst hus. Radonet från marken kan diffundera genom plattan, men denna transport är liten om betongen är av normal kvalitet och tjocklek. Betydligt mera radon kan komma med jordluft som sugts in genom sprickor i plattan eller mellan platta och vägg vid grundläggning enligt figur 4.4 samt genom otätheter vid t ex rör genomföringar. Även betongen själv kan avge radon, men denna mängd är så liten att den knappast har någon betydelse för inomhusmiljön under förutsättning att ballasten i betongen inte utgörs av granit med relativt hög halt uran.

En betongplatta på mark är en ur fuktsynpunkt mycket känslig konstruktion där ett flertal förhållanden har betydelse för dess funktion, t ex vattenytans läge (variationen), dränerande och kapillärbrytande skikt, förekomst av värmeisolering och tätskikt samt dessa två skikts läge över eller under plattan, temperaturförhållanden.

Att lägga ett tätt golvmaterial direkt på en betongplatta, som inte är värmeisolerad, är i de flesta fall dömt att misslyckas ur fuktsynpunkt. Det kan möjligen i enstaka fall lyckas om marken är väl-dränerad och genomsläpplig enligt SBN 80 kapitel 32:22 och grundvattenytan är belägen så djupt att kapillär uppsugning till schaktbotten aldrig sker och att ytvatten ej rinner in under huset. Därför måste varje enskilt fall undersökas ur fuktsynpunkt innan ett radonstoppande skikt införs eftersom ett sådant skikt också är diffusionstätt.



Figur 4.7 Källargolv eller golv på mark.

- ① Undergrund, jord eller berg.
- ② Dränerings- och kapillärbrytande skikt.
- ③ Armerad betongplatta. Enskiktsgolv eller med överbetong.
- ④ Radondiffusion och radonläckage genom sprickor. Fukttransport genom kapilläruppsugning, diffusion.
- ⑤ Eventuell (grund-)vattenyta som kan variera med årstiderna.
- ⑥ Uppreglat eller flytande övergolv med värmeisolering vid platta på mark och ibland på källargolv i gillestugor och liknande rum. Värmeisoleringen kan också vara placerad under betongplattan.

För att minska risken för kondensering av vattenånga mot det radontätande skiktet kan en värmeisolering placeras ovanpå detta. Härigenom sänks temperaturen i marken under plattan samtidigt som temperaturvariationer inomhus inte påverkar tätskiktet i lika hög grad. För dimensionering av värmeisolering hänvisas till Fagerlund (1980) och Nevander, Elmarsson (1981).

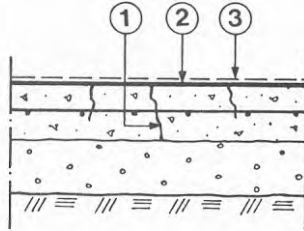
Det radontätande skiktet bör anbringas på sådant sätt, att det inte bildas en luftspalt mellan detta och betongen, t ex genom klistring. Radon, som avgår från plattan eller kommer från marken, kan annars transporteras genom luftspalten till en otäthet i tätskiktet och genom denna nå rumsluften. Vid gång på tätskiktet eller på en ovanpå detta befintlig skiva uppstår en pumpeffekt i luftspalten, vilket underlättar denna transport.

Innan tätskiktet appliceras på betongytan bör synliga genomgående sprickor och andra otätheter i betongplattan tätas, vilket kan ske på något av de sätt som redovisas i kapitel 4.2.5. Detta är särskilt betydelsefullt vid springor mellan golv och vägg vid grundläggning på längsgående sulor eftersom denna vinkel kan vara svår att få tät med hjälp av ytskikten, figur 4.9.

Ett alternativ till ett radontätt skikt med därtill hörande fuktproblem kan en luftspalt ovanpå plattan eller en lufttryckssänkande åtgärd under plattan vara. Dessa metoder behandlas i kapitel 4.3.1 respektive 4.3.3.

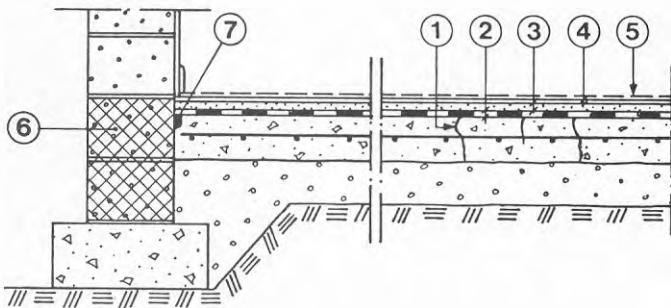
Betongplatta utan värmeisolering

Om en tätning av källargolvets yta bedöms kunna ske utan risk för fuktproblem kan detta utföras genom en målningsbehandling enligt kapitel 4.2.2 eller figur 4.8. Ytan kan också beläggas med t ex asfaltmatta enligt figur 4.9. Mattan bör täckas med spånskiva eller annat lämpligt material i utrymmen, som används.



Figur 4.8 Källargolv.

- ① Lagning av sprickor enligt kapitel 4.2.5.
- ② Beläggning med epoxiplast tjocklek 3-4 mm.
Det finns idag elastiska epoximembran, vilka kan vara lämpliga i detta sammanhang.
- ③ Golvbeläggning (eventuellt).



Figur 4.9 Källargolv.

- ① Lagning av sprickor enligt kapitel 4.2.5.
- ② Asfaltmatta med aluminiumfolie t ex YAGv 4500/90-0.08 AL + skyddspapp YAM 1200/50.
- ③ Sand eller cellplast.
- ④ Spånskiva.
- ⑤ Golvbeläggning.
- ⑥ Eventuell injektering enligt kapitel 4.2.4.
- ⑦ Tätning av springa enligt figur 4.30.

Betonggolv med underliggande värmeisolering

Att klistra ett radontätt skikt på betongytan vid denna golvtyp är mindre riskfyllt ur fuktsynpunkt än vid det helt oisolerade golvet. Detta gäller under förutsättning att marken under plattan inte värms upp genom onormal värmeförlust. (Figurer 4.10 och 4.11).

De metoder, som angetts för oisolerat golv gäller även här, men för golv på mark kan ett nytt problem tillkomma beroende på hur kantisoleringen på plattan har utförts. Består den av motgjutna block eller element kan otätheten mellan mark och bostad finnas vid de vertikala fogar som finns mellan dessa. Ett vanligt sockelmateriäl är lättklinkerblock, som består av cementbundna kulor av expanderad bränd lera. Genom blockens hålrum i kombination med begränsad motgjutning kan radonhaltig luft relativt lätt sugas in från marken, figur 4.10. Därför bör speciell uppmärksamhet ägnas åt att få tätt längs ytterväggarna, vilket kan erhållas genom uppdragning av radontätningen och klistering av denna mot väggen bakom golvsockeln. Ger inte detta erforderligt skydd, måste vertikalfogarna tätas och klinkerblocken eventuellt injekteras, vilket beskrivs i kapitel 4.2.4.

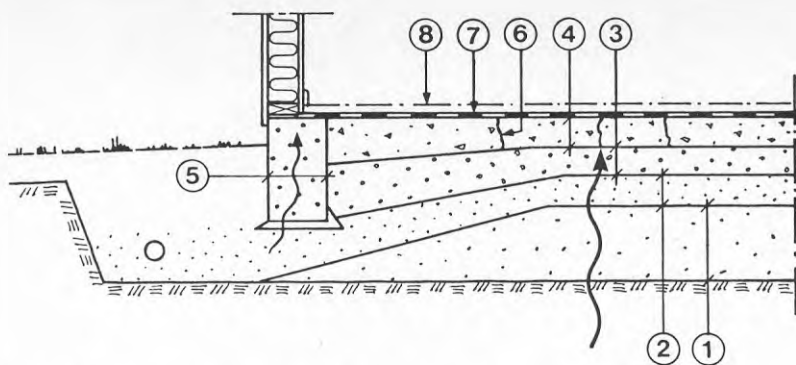
Befintliga golvbeläggningar, som är fästade direkt vid betongplattan och är lufttäta, t ex plastmattor och klinker med ospruckna fogar, bör i sig ge ett bra radonskydd. En kontroll av tätheten vid golvvinklar och rörgenomföringar behöver ändå göras.

Betonggolv med överliggande värmeisolering

Betongplattor med uppreglat övergolv eller sk flytande golv är kostsamma att åtgärda på de sätt som ovan angetts, eftersom det radontätande skiktet måste appliceras direkt på betongplattan för att ge ett gott skydd. Uppreglade golv (figur 4.12) har mestadels en luftspalt mellan värmeisolering och golvträ (-skiva). Genom att ventilera detta utrymme kan eventuellt uppsträngande radon sugas ut innan det når rumsluften. Beakta dock risken för kondensering av fukt i inomhusluften mot den kalla golvytan vid ytterväggar.

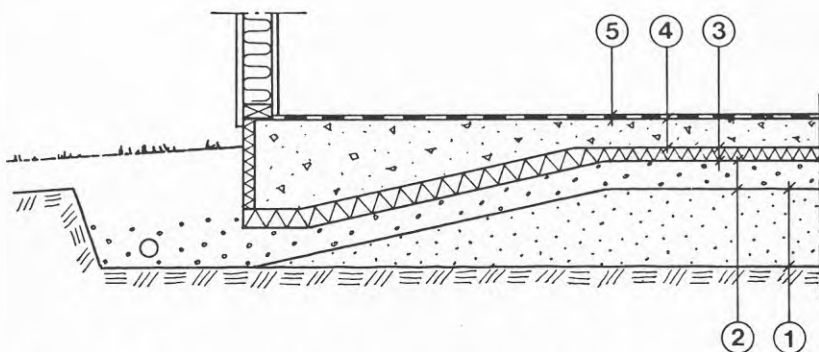
En variant av denna metod används som åtgärd vid mögelsanering, men kan även förmodas ha god effekt på uppsträngande markradon utan ovan nämnda kondensrisk. I luftspalten över isoleringen skapas ett undertryck med hjälp av en fläkt. Springorna mellan golvet och väggarna tätas med elastiskt kitt, vilket döljs bakom golvsocklarna. Vid källarlösa hus (golv på mark) bör även eventuella otätheter i ytterväggarna tätas för att inte kall uteluft skall sugas in i golvkonstruktionen och kyla ner denna. Här är alltså avsikten att endast upprätthålla ett undertryck i luftspalten och eftersom inte någon inomhusluft skall sugas ned i konstruktionen bör det inte heller uppstå något kondensproblem.

Vad ovan sagts om radontätning av betongytan gäller även för denna golvkonstruktion. Värmeisoleringens tjocklek kontrolleras ur fuktsynpunkt enligt Fagerlund (1980) eller Nevander, Elmarsson (1981).



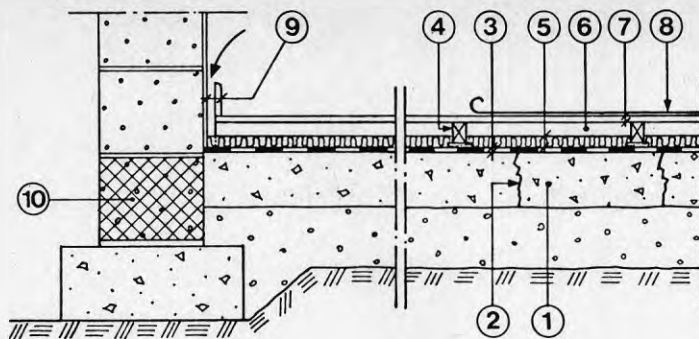
Figur 4.10 Betongplatta med underliggande värmeisolering.

- ① Packad fyllning.
- ② Dräneringsskikt och kapillärbrytande skikt.
- ③ Värmeisolering av lättklinker.
- ④ Betongplatta.
- ⑤ Sockel av lättklinkerblock. Här måste man ägna speciell uppmärksamhet åt radonflödet genom blockens hålrum och vertikalfogar.
- ⑥ Lagning av sprickor enligt kapitel 4.2.5.
- ⑦ Ytan förseglas enligt någon av de metoder som beskrivs i texten. Vid sockelisolering av lättklinkerblock bör tät-skiktet dras upp på vägg bakom golvsockeln.
- ⑧ Övergolvet.



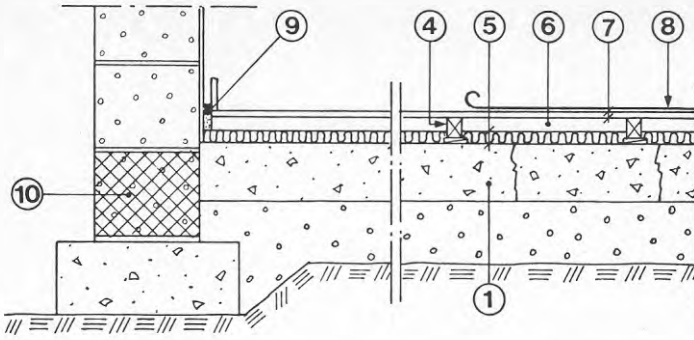
Figur 4.11 Betongplatta med underliggande värmeisolering.

- ① Packad fyllning.
- ② Dräneringsskikt och kapillärbrytande skikt.
- ③ Värmeisolering under plattan.
- ④ Betongplatta.
- ⑤ Befintlig golvbeläggning kan utgöra radonspärr, om den är lufttät och fäst direkt på betongplattan.



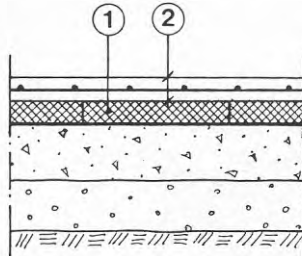
Figur 4.12 Betongplatta med överliggande värmeisolering.

- ① Betongplatta.
- ② Genomgående sprickor bör tätas enligt kapitel 4.2.5.
- ③ Ytan förseglas enligt någon av de metoder som beskrivs i texten.
- ④ Reglar c/c 600.
- ⑤ Värmeisolering eller isolering mot trumljud.
- ⑥ Ventilerat utrymme, som kan anslutas till F-systemet. (Alternativt utförande till åtgärder enligt punkterna 2 och 3).
- ⑦ Övergolvs av t ex spånskivor.
- ⑧ Golvbeläggning.
- ⑨ Ventilationspringa.
- ⑩ Eventuell injektering enligt kapitel 4.2.4



Figur 4.13 Betongplatta med överliggande värmeisolering.

- ① Betongplatta.
- ④ Reglar c/c 600.
- ⑤ Värmeisolering eller isolering mot trumljud.
- ⑥ Luftspalt sätts under undertryck med hjälp av fläkt (eventuellt husets mekaniska frånluftsventilation).
- ⑦ Övergolvsplatta av t ex spånskivor.
- ⑧ Golvbeläggning.
- ⑨ Springa mellan golvskena och vägg tätas med elastiskt fogkitt.
- ⑩ Eventuell injektering enligt kapitel 4.2.4



Figur 4.14 Värmeisolering med cellglas.

- ① Ett material, som uppfyller höga krav på gastäthet är cellglas. Lagd i asfalt får man ett radonstoppande skikt. Asfalt även i fogar.
- ② Armerad överbetong.

4.2.4 Källarytterväggar

Grundmurar eller källarytterväggar i småhus är oftast uppmurade av gasbetong, lättklinkerblock eller betonghålstén. Väggar av det senare materialet har en sämre värmeisoleringsförmåga än väggar bestående av gasbetong eller lättklinker och förses därför ibland med ett värmeisolerande skikt företrädesvis på insidan. Detta skikt består ofta av gasbetongplattor. Det förekommer också att källarväggarna är platsgjutna eller utgörs av prefabricerade element.

En källaryttervägg är liksom källargolv och golv på mark en konstruktionsdel som vetter mot mark och med därtill hörande fuktproblem, som för väggar kan vara väl så komplicerade som för golvet. Vid markytan är det helt andra temperatur- och fuktförhållanden än vid väggens nedre del.

Markfukt och från markytan kommande vatten måste förhindras att tränga in i väggen och därigenom förorsaka dels skador invändigt och dels försämra väggens värmeisolerande förmåga. Fukt kan också komma inifrån huset främst i form av vattenånga som diffunderar in i väggen.

Genom att ett radontätt skikt anbringas på ena eller andra sidan av muren erhålls också en effektiv fuktspärr på den sidan. Detta får inte leda till att fukt, som kan tränga in i väggen, stängs inne i denna. Därför är det viktigt att fuktproblematiken nog beaktas innan en radontätning av väggen utförs.

Utvändig isolering av källaryttervägg

Utvändig radonisolering på källaryttervägg kan utföras antingen med ett tätskikt eller ett luftspaltsbildande material (figurer 4.15 och 4.16). Vid val av tätskikt måste hänsyn tagas till eventuella sprickor i väggen och ifall de kan förväntas gå upp igen efter en lagning. Om så är fallet eller man kan befara att väggen kommer att spricka i framtiden, vilket kan orsakas av t ex dålig bärighet i undergrunden eller skakningar från trafik, måste man välja ett tätskikt som tål vissa rörelser i underlaget utan att själv punkteras. Ett par sådana isolerskikt kan vara

- asfaltmatta med aluminiumfolie t ex YAJv 4500/290-008 AL.
- membranisolering enligt någon av typerna under L2.31 eller L2.32 i Hus-AMA 72, där även ovanstående asfaltmatta kan ingå.

Även skikt av gummasfalt eller varmasfalt kan överbrygga små sprickor i underlaget och kan därför tänkas vara lämpliga i vissa fall.

Tät puts av epoxibaserat bruk kan vara funktionsduglig i detta sammanhang men är känslig för rörelser i underlaget.

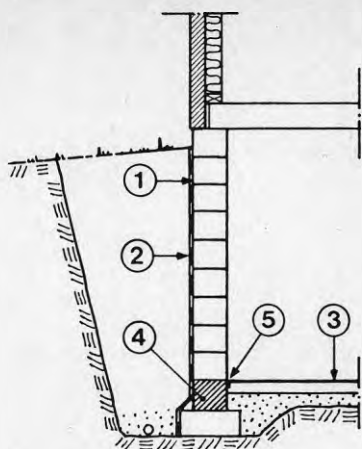
En luftspalt på källarväggens utsida kan erhållas genom att man mot väggen placerar vårtförsedda polyetenskivor eller trapets-

korrugerade aluminiumplåtar. För att skydda dessa material från skador vid återfyllning av jordmassor kan mineralullsskivor användas. De luftspaltsbildande metoderna är att föredra ur fuktsynpunkt, men kan komma att kräva en lufttryckssänkande sugning medelst fläkt.

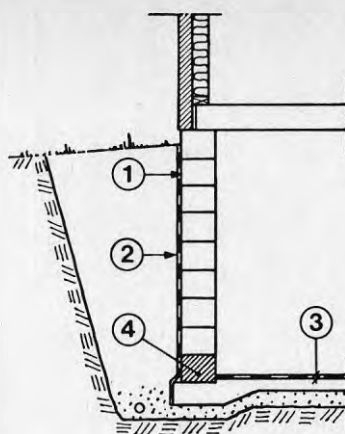
Oavsett vilken metod som används för den utvändiga radonspärren är det viktigt att gastätningen drages ned till grundsulans underkant och att sprickor och eventuella otätheter vid rör genomföringar tätas.

Vid källarväggar uppförda i betonghålstén eller lättklinkerblock kan murskiftet i höjd med källargolvet vid grundläggningstyp enligt figur 4.15 påkalla särskild uppmärksamhet, eftersom markradon lätt kan taga sig in i de under källargolvet obehandlade murblocken och från dessa endast har ett tunt putsskikt att passera igenom för att nå rumsluften.

Detta kan också gälla vid grundläggning enligt figur 4.16, om betongplattan har spruckit sönder t ex genom ojämn sättning eller krympning. Om det bedöms vara erforderligt kan murskiftet tätas genom injektering, varvid teknik och material från skilda områden kan tillämpas. Man kan använda sig av injekterat cementbruk enligt Prepaktmetoden med tillsatsmedlet Intrusion Aid eller Colcrete-metoden. (Metoderna är beskrivna i Betonghandbok, Arbetsutförande kapitel 20). Andra områden, som man kan hämta erfarenhet ifrån, är injektering av spännkablar i förspända betongkonstruktioner samt injektering i jord och berg. Man utför t ex täthetsinjektering i berg för att avskärma vätskor eller gas. Här används cementsuspensioner och kemiska medel uppbyggda på silikat eller ligninbas. Olika plaster förekommer också.



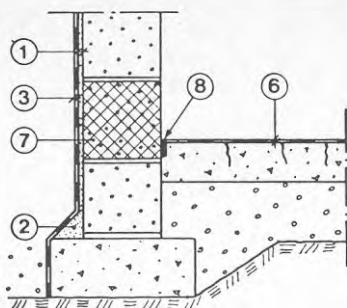
Figur 4.15



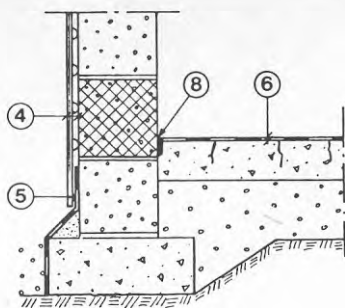
Figur 4.16

Utvändig tätning av källaryttervägg mot markradon.

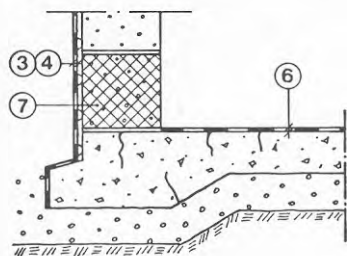
- ① Underlaget skall vara utlagat, rent och torrt. Eventuella sprickor tätas.
- ② Gastätande och fuktavvisande skikt med eller utan luftspalt enligt kapitel 4.2.4.
- ③ Tätskikt på källargolv behandlas i kapitel 4.2.3. Ventilation av golv och lufttryckssänkande åtgärder behandlas i kapitel 4.3.1 respektive 4.3.3.
- ④ Murskift som eventuellt behöver tätas, vilket kan utföras genom injektering.
- ⑤ Springa mellan vägg och golv tätas enligt kapitel 4.2.5.



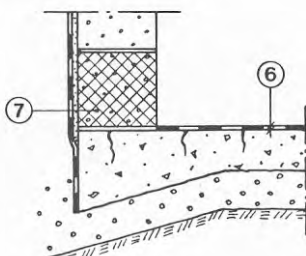
Figur 4.17



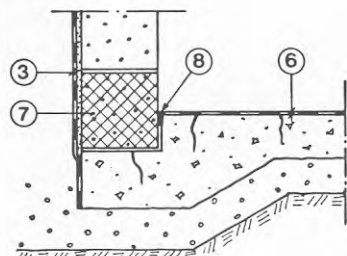
Figur 4.18



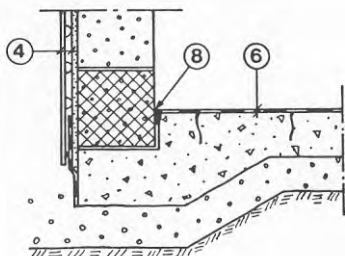
Figur 4.19



Figur 4.20



Figur 4.21



Figur 4.22

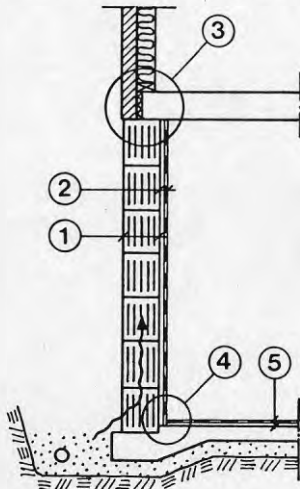
Figur 4.17 - 4.22 Utvändig tätning av källarytttervägg mot markradon. Detaljer.

- ① Underlaget skall vara utlagat, rent och torrt. Eventuella sprickor tätas.
- ② Fasning lagas om så behövs.
- ③ Gastätande och fuktavvisande skikt enligt kapitel 4.2.4.
- ④ Polyetenskiva med vårtor som bildar luftspalt.
- ⑤ Tätlist.
- ⑥ Tätskikt på källargolv behandlas i kapitel 4.2.3.
- ⑦ Murskikt som eventuellt behöver tätas enligt kapitel 4.2.4.
- ⑧ Springa mellan vägg och golv tätas enligt kapitel 4.2.5.

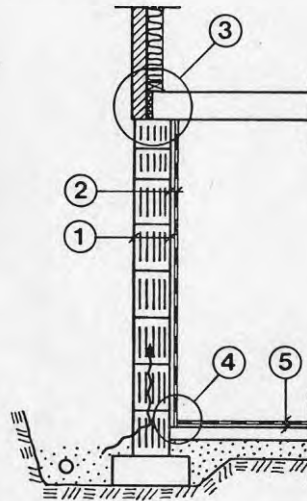
Invändig isolering av källaryttervägg

En schaktning runt huset är ofta ett stort ingrepp i en upp-
vuxen trädgård och kan lämna spår efter sig i flera år. Dess-
utom är det relativt kostnadskrävande. Där radonförhållandet i
marken och väggens täthet är sådana att en isolering mot mark-
radon anses vara behövt, bör man därför i första hand under-
söka om en invändig tätning av källarväggen är lämplig ur
fuktsynpunkt.

I kapitlen 4.2.1 och 4.2.2 behandlas isolering av väggytor med
folie respektive färg för att minska radonavgången från bygg-
nadsmaterialet. En sådan tätning av väggytan hindrar givetvis
också radon från bakomliggande jordlager att tränga igenom och
nå rumsluften (figurer 4.23 och 4.24).



Figur 4.23



Figur 4.24

Invändig tätning av källaryttervägg mot markradon.

- ① Källarvägg.
- ② Invändig tätskikt av t ex
 - viss typ av aluminiumfolie eller vinyltapet
 - färgskikt (känsligt för rörelser)
 - tät puts av epoxibaserat bruk (känsligt för rörelser)

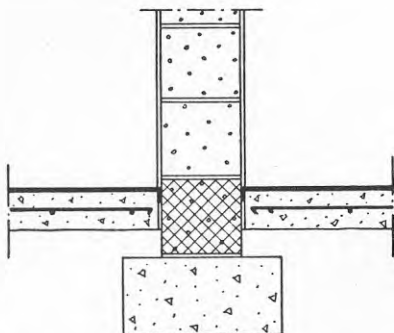
Som alternativ till tätskikt kan en ventilerad luftspalt
utföras enligt kapitel 4.3.1.

- ③ Vid väggar av betonghålstén och lättklinkerblock med
dåligt utfyllda liggfogar kan markradon passera genom
blockens håligheter till murens överkant. Hur man går
tillväga i det enskilda fallet för att täta denna yta
beror på konstruktionen. Att ange någon generell lösning
är svårt.
- ④ Springa mellan vägg och golv tätas enligt kapitel 4.2.5.
- ⑤ Tätskikt på källargolv behandlas i kapitel 4.2.3.

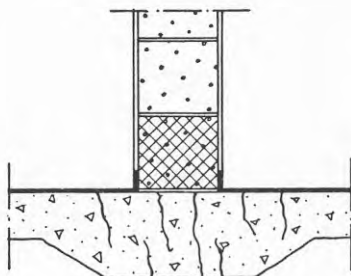
Källarmellanvägg

En invändig källarvägg av skifferbaserad gasbetong kan tätas mot radonavgång enligt kapitel 4.2.1 under förutsättning att markfukt inte sugs upp underifrån.

Vid isolering mot inträngning av markradon är det samma problem vid innerväggen som vid ytterväggen.



Figur 4.25



Figur 4.26

Injektering av murskift i källarmellanvägg.

4.2.5 Tätning av sprickor och rör genomföringar.

Av de olika sätt som radon kan transporteras på från marken in i en byggnad bedöms konvektion av radon tillsammans med markluft genom sprickor och andra otätheter ha den största betydelsen. Radonhalten i marken under ett hus är normalt många gånger högre än vad som kan tillåtas inomhus, varför även en liten mängd jordluft i tilluften till huset kan få en kraftig inverkan på inomhushalten. Det är därför viktigt att huset är så tätt som möjligt mot marken.

Otätheter mot mark är vanliga vid golvluckor, över rensbrunnar för avlopp, vid inkommande el- och telekablar samt vid vatten- och avloppsledningar. Genomgående sprickor i konstruktionen liksom springor mellan källarväggar och golv är andra ställen där mycket markluft kan sugas in.

Tätning och försegling av sprickor

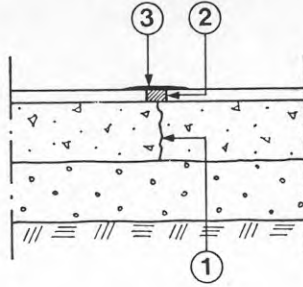
Sprickor i betongen kan uppkomma av många orsaker. Det finns t ex krymp- och krypningssprickor, sättningssprickor, sprickor av överlast m m. Det är naturligtvis de genomgående sprickorna som är farligast i radonsammanhang, men även icke genomgående sprickor nedsätter gastätheten.

Skall spricklagningen fungera är förutsättningen att konstruktionens verkningssätt ej ändrats vid sprickans uppkomst, så att sprickan blivit en rörelsefog. Om så har skett är sprickinjektering ingen lämplig metod, utan sprickförseglingen måste hålla tätt även vid rörelser i fogen.

Vilken sprickbredd kan accepteras för gastäthet? För vattentät betong kan en sprickbredd på maximalt 0.2 mm godtas. Vilka sprickbredder, som kan tolereras beror även på om det kapillärbrytande skiktet kan ventileras eller ej. Genomgående sprickor kan injekteras med härdplast. Lättflytande epoxiplast har visat sig kunna tränga in i sprickor med bredder mindre än 0.005 mm.

Beträffande spricktätning bör en undersökning göras om vilka kommersiellt tillgängliga material som kan användas. Dessutom måste metoder och maskiner tas fram för att anbringa materialen.

Det är väsentligt att framtagna betongytor består av frisk och oförsvagad betong och att ytorna är väl rengjorda.

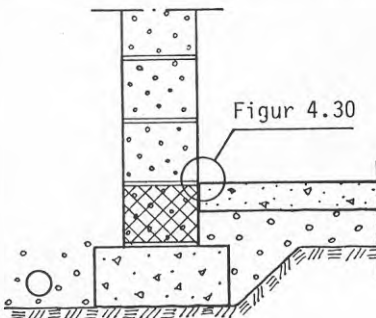


Figur 4.27 Tätning och försegling av spricka.

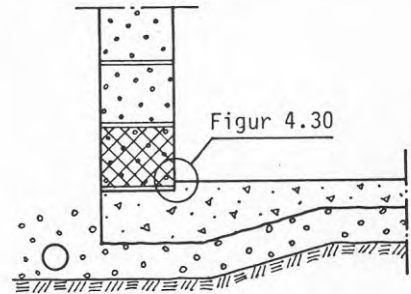
- ① Genomgående spricka. Sprickinjektering t ex med epoxiplast, som kan tryckinjekteras. Sprickan måste då förses med rörnippel för utluftning c/c 100-200 mm och med rör för tillförsel.
- ② Spår med tätande massa. Spåret utförs med maskin. Som tätande massa kan här olika material tänkas, såsom fogmassa, asfalt, svällbetong, epoxibaserade massor m m.
- ③ Eventuell försegling.

Tätning av springor

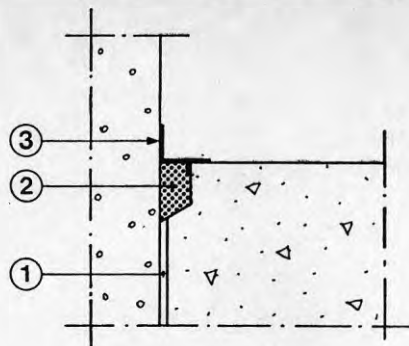
Vid grundläggning enligt figur 4.4, d v s där de bärande källarväggarna är uppförda på längsgående betongsulor och källargolvet utgörs av betongplattor mellan väggarna, finns ofta springor mellan dessa byggnadsdelar. Det kan dock vara svårt att se dessa springor, eftersom de oftast är täckta av antingen vägghållsten, överbetong eller av annan typ av övergolv. Tätningen kan utföras enligt figurer 4.28-4.30. I vissa fall måste tätningmaterialet tåla rörelser. Vid källarytterväggar av betonghållsten och lättklinker kan det i vissa fall erfordras en injektering av murskiktet i höjd med källargolvet enligt kapitel 4.2.4.



Figur 4.28



Figur 4.29



Figur 4.30 Tätning och försegling av springa.

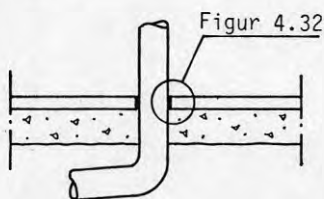
- ① Eventuell injektering med t ex epoxiplast.
- ② Spår utförs lämpligen med maskin. Fylls med elastisk fogmassa.
- ③ Försegling.

Tätning vid rörgenomföringar m m

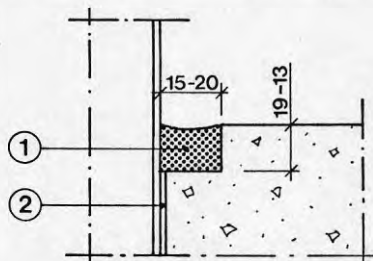
Tätning vid genomföringar av främst vatten- och avloppsrör måste kunna tåla en viss rörelse hos röret. Ett förslag till tätning visas i figurerna 4.31 och 4.32.

Mellan ett rör eller kabel och dess skyddsrör kan tätas på i princip samma sätt som visas i figur 4.32, men först måste man bottena runt röret eller kabeln med en botteningslist eller mineralull innan den elastiska fogmassan kan appliceras.

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



Figur 4.31



Figur 4.32

Tätning vid rörgenomföring.

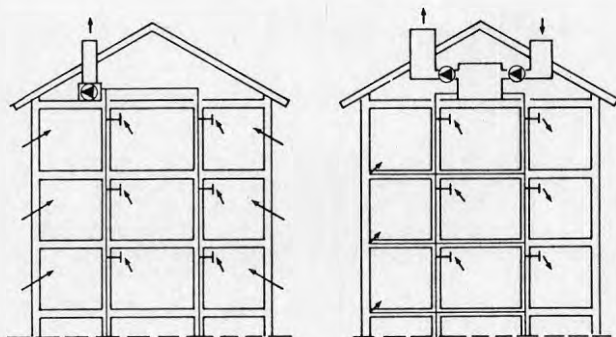
- ① Elastisk fogmassa.
- ② Eventuell sprickinjektering med lämpligt material med avseende på rörelser hos röret. Se även figur 4.27.

4.3 Ventilationstekniska åtgärder, allmänt

I vår iver att spara energi har vi under senare år tätat fönster och ytterdörrar samt tilläggsisolerat ytterväggar och vindsbjälklag i en omfattning som ur energisynpunkt varit mycket positiv, men ur radonsynpunkt fått den motsatta effekten. Åtgärderna har nämligen inte bara tätat till huset så att ventilationen minskat, eftersom några tilluftsdon oftast inte monterats, utan också orsakat att mera radonhaltig jordluft relativt sett sugts in i huset. Den lägre ventilationen och den större andelen tilluft från marken gör att radonotterhalten inomhus kan öka avsevärt.

Luftväxlingen i våra bostäder sker enligt något av följande fyra ventilationssystem

- . S-system - ventilation genom självdrag
- . F-system - ventilation med fläktstyrda frånluftsflöden
- . FT-system - ventilation med fläktstyrda till- och frånluftsflöden
- . FTX-system - ventilation med fläktstyrda till- och frånluftsflöden med värmeväxling från frånluften till tilluften.



Figur 4.33 Ventilation med fläktstyrda frånluftsflöden (F) respektive med fläktstyrda till- och frånluftsflöden (FT).

Av dessa system är typ S det vanligast förekommande, framför allt i småhus och äldre flerbostadshus. S- och F-systemen förutsätter att tilluften kommer in genom öppningsbara fönster, vädringsluckor eller springventiler, men även otätheter t ex mellan fönsterbåge och -karm och mellan fönsterkarm och vägg kan ha stor betydelse för luftväxlingen. Ur hygienisk synpunkt föreskrivs en luftväxling på minst ca 0.5 oms/h, men mätningar visar, att många hus har så liten luftväxling som 0.1-0.2 oms/h. Eftersom radonhalter, när dess förhöjning orsakas av radon från byggnadsmaterial, är ungefärligen omvänt proportionell mot luftomsättningen kan denna halt i många hus minskas till en nivå under det provisoriska gränsvärdet för ombyggnad enbart genom att öka ventilationen till ca 0.5 oms/h. Denna luftväxling skall givetvis i första hand säkerställas i utrymmen där man vistas under den största delen av dygnet.

Med luftomsättning menas hur många gånger den totala luftmängden i ett hus byts ut per tidsenhet och anges normalt i omsättningar per timme (oms/h). Byts t ex en lika stor luftmängd som husets invändiga volym ut på två timmar är luftomsättningen 0,5 oms/h.

Det är en tidsödande och därmed relativt dyr procedur att mäta luftomsättningen i ett hus med självdrag, men förekommer det att

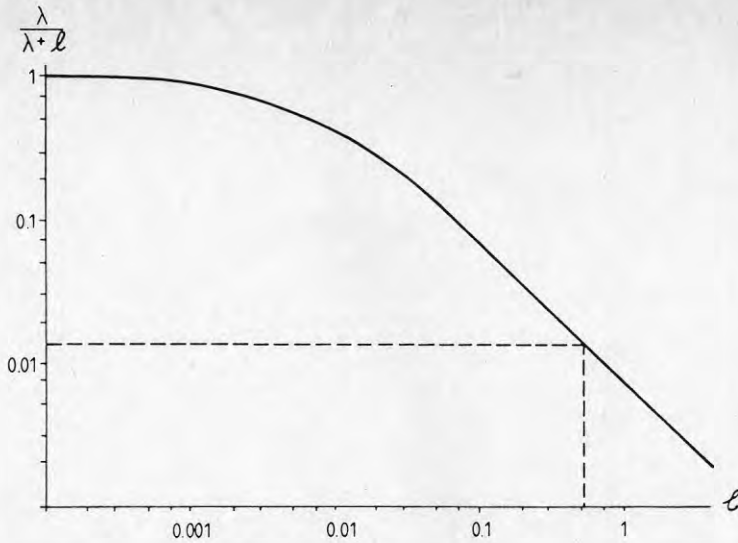
- . luften inomhus känns "instängd" eller unken
- . det blir kondens (imma) på insidan av fönster, när utetemperaturen sjunker nedåt 0°C
- . tvätt torkar långsamt

är sannolikt omsättningen låg, d v s under 0.5 oms/h.

I Svensk byggnorm (SBN 1980) finns föreskrifter och anvisningar om hur ventilationen i bostäder skall anordnas i samband med ny- och ombyggnad. Att ändra eller komplettera befintligt ventilationssystem kan vara en byggnadslovspliktig åtgärd. I SBN finns också bestämmelser på hur hög ljudnivå, som bostadens installationer får alstra.

Radonavgången från byggnadsmaterial är liksom flödet av markradon in i huset i stort sett oberoende av luftomsättningen i rummet under förutsättning att lufttrycket inomhus eller tryckdifferensen mellan ute-inne och mark-inne inte ändras vid en förändring av luftomsättningen. Detta innebär att vid en ökning av luftomsättningen till det dubbla kommer radonhalten i rummet att sjunka till ungefär hälften av ursprunglig halt.

I marken under ett hus är luftomsättningen normalt mycket låg och bland annat därför kan relativt höga radonhalter byggas upp i jordluften. En annan faktor som påverkar radonhalten här är jord- och bergarternas halt av uran-238. Vid ökad ventilation i marken sjunker radonhalten drastiskt, figur 4.34, t ex vid 0.1 luftomsättning per timme i jordlagret blir radonhalten i porerna endast 7 % av vad den skulle ha blivit vid helt obefintlig ventilation.



Figur 4.34 Ventilationens inverkan på koncentrationen av radon-222.

$$\lambda = \text{sönderfallskonstanten för Rn-222} = 7.55 \cdot 10^{-3} \text{ (h}^{-1}\text{)}$$

$$\ell = \text{ventilationen (oms/h)}$$

(Ericson 1981)

En förbättring av ventilationen inomhus genom att mera luft sugs ut med hjälp av en frånluftsfläkt får därför till följd att

- radonavgången från byggnadsmaterialet påverkas minimalt men detta radon späds ut i mera luft och radonhalten i rumsluften sjunker därför
- mera luft sugs in genom ventiler och otätheter i den omgivande konstruktionen, varvid förhållande jordluft/uteluft i tilluften knappast ändras under förutsättning att inte några otätheter sätts igen eller nya tilluftsdon monteras in. Detta skulle således resultera i en oförändrad radonhalt i rummet, eftersom den tillförda radonmängden inte förändras i förhållande till den mängd luft den späds ut i. Ett ökat luftintag från marken innebär emellertid en ökad ventilation i porerna i jord- eller stenmaterialet, vilket sänker radonhalten i jordluften. Radonhalten i den inströmmande jordluften bör därför också sjunka. Men ofta är det så att vid självdrag fungerar en eller ett par frånluftskanaler som tilluftskanaler. Inmonteras en fläkt som suger luft i samtliga frånluftskanaler kan därför vissa tilluftsvägar strypas och jordluften får därigenom mycket större andel av tilluften, varför radonhalten i rummet trots allt kan stiga avsevärt.

Den av markradon orsakade radonhalten i rummet påverkas alltså på följande sätt vid en förändring av luftomsättning och/eller tätheten i golv, väggar och tak:

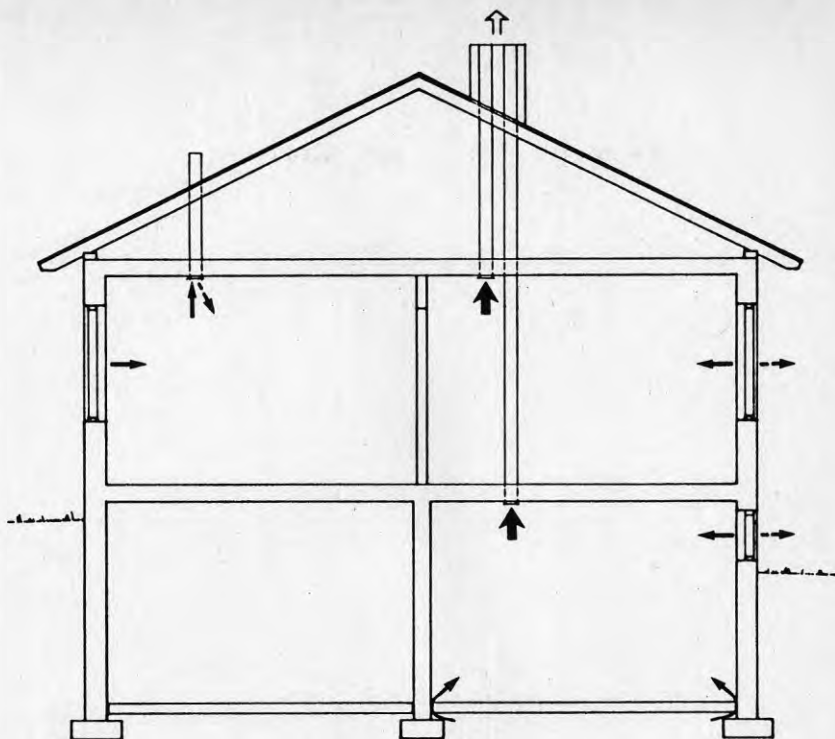
Vid konstant luftomsättning i rummet och

- tätning av sprickor m m mot mark minskar luftinflödet från marken, men radonhalten i jordluften ökar (figur 4.34). Totala mängden radon som per tidsenhet läcker in från marken bör dock minska och därmed också radonhalten i rummet.
- tätning av läckageställen i ytterväggar och vindsbjälklag minskar luftintaget utifrån. Radonflödet från marken påverkas knappast, men eftersom markradonet späds i mindre mängd total tilluft ökar radonhalten i rummet.
- montering av tilluftsdon i ytterväggar ökar luftintaget utifrån. Det i stort sett konstanta radonflödet från marken kommer således att spädas i mer luft och radonhalten i rumsluften sjunker.

Vid ett ökat undertryck i rummet och

- ingen förändring av tätheten kommer luftomsättningen att öka, men förhållandet mellan uteluft och jordluft i tilluften påverkas inte och därmed inte heller radonhalten i rummet, om inte det större luftuttaget ur marken sänker radonhalten i markporerna, vilket torde ske i de flesta fall (figur 4.34). Sprängstensfyllning eller annat material med mycket god luftgenomsläpplighet under huset kan i samband med tunn jordtäckning på markytan ha så god ventilation att en liten ökning av denna inte sänker radonhalten i jordluften nämnvärt. I ett kryppgrundshus med bottenbjälklag av trä kan en stor del av tilluften komma från kryputrymmet. Ett ökat undertryck i ett sådant hus kan därför kraftigt öka inströmningen av luft från kryputrymmet och därmed också radonhalten i bostaden.
- tätning av sprickor mot marken kommer luftomsättningen att öka och andelen jordluft i tilluften att minska. Detta får till resultat att radonhalten i rummet sjunker.
- tätning av läckageställen i ytterväggar och vindsbjälklag kan innebära en lägre luftomsättning. Eftersom radonflödet från mark ökar i förhållande till totala mängden tilluft ökar radonhalten i rummet. Denna ökning kan vara betydande.
- montering av tilluftsdon i ytterväggar ökar luftomsättningen i rummet genom att mera uteluft kommer in. Radonflödet från marken kommer också att öka men eftersom det späds ut i en betydligt större mängd luft sjunker radonhalten i rummet.

En ökning av undertrycket i rummet i kombination med inmontering av tilluftsventiler och gärna tätning av sprickor och dylikt mot marken ger således en god effekt på radonhalten i rummet. Det finns emellertid andra ventilationstekniska åtgärder som ger ännu bättre resultat inte minst ur energisynpunkt. Dessa kommer att behandlas i kapitlet 4.3.1 och 4.3.3.



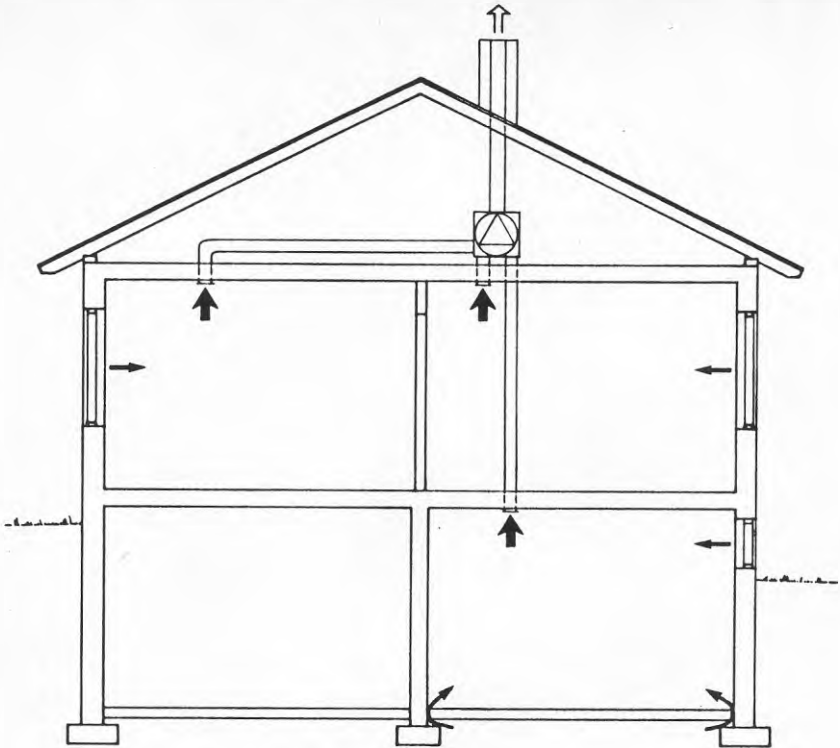
Figur 4.35 Självdragsventilation.

Tilluften kommer in i huset genom tilluftsdon (ventiler) och genom otätheter i den omgivande konstruktionen (golv, ytterväggar och vindsbjälklag), men även någon frånluftskanal kan under vissa förhållanden fungera som tilluftskanal.

Luftomsättningen bestäms bl a av

- densitetsskillnaden hos luften inomhus och luften utomhus (temperaturskillnad, hushöjd)
- antal tilluftsdon, öppen area
- husets täthet
- vindpåverkan

Andelen jordluft i tilluften kan vara relativt stor t ex i hus som är omsorgsfullt tätade ovan mark och/eller har stora otätheter i konstruktionen under mark. Hus grundlagda på luftgenomsläpplig jord eller sprängstensfyllning får in mera jordluft än de som är belägna på tät mark t ex lera.

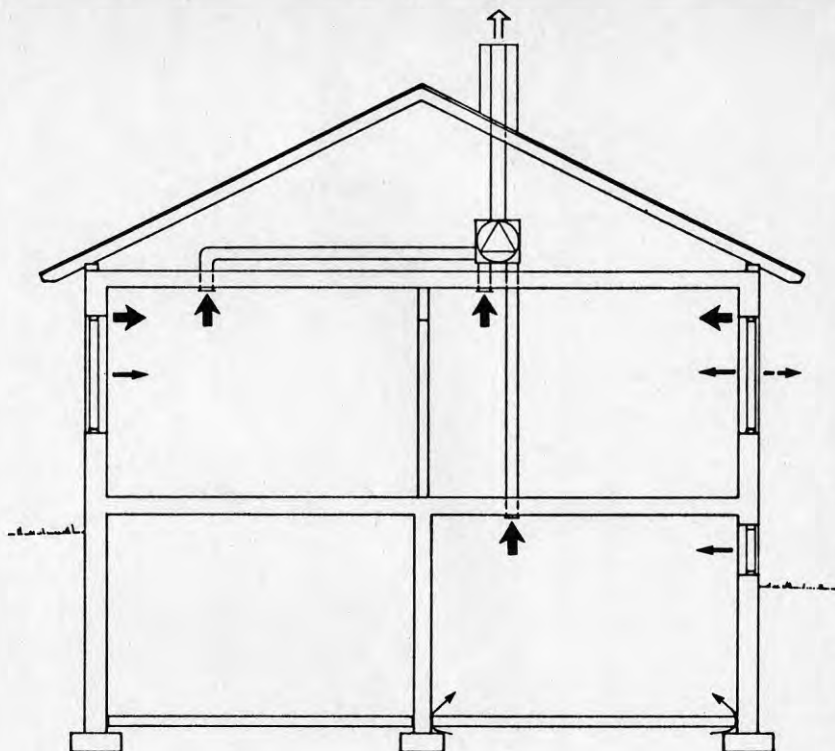


Figur 4.36 Mekanisk frånluftsventilation. Inga eller ett fåtal tilluftsdon.

Luftomsättningen bestäms bl a av

- . fläktens kapacitet
- . husets täthet inkl eventuella öppna tilluftsdon

Andelen jordluft i tilluften kan vara relativt stor, i vissa fall t o m större än vid självdragsventilation, eftersom ingen tilluft kan komma in genom någon frånluftskanal.

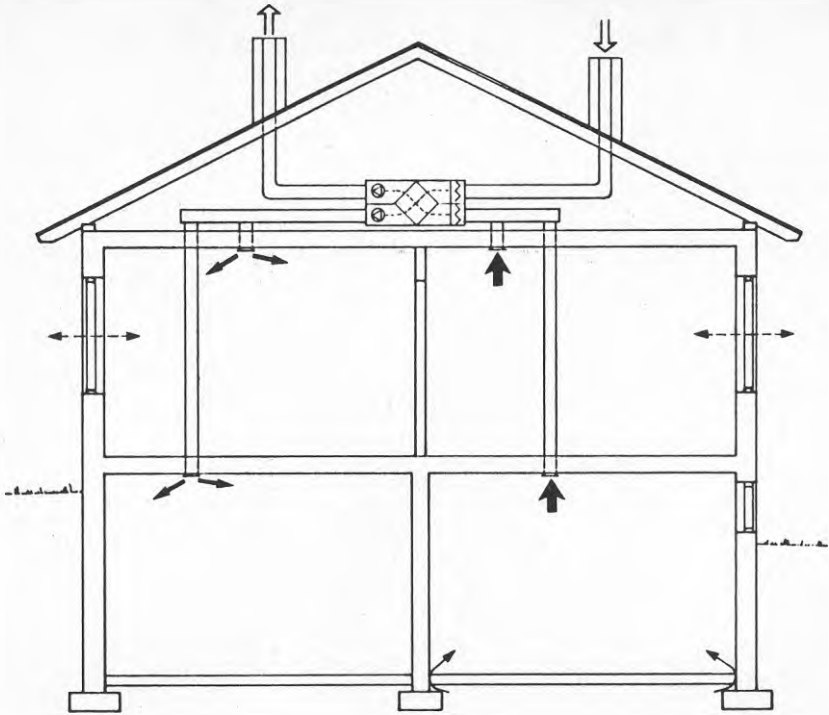


Figur 4.37 Mekanisk frånluftsventilation med tilluftsdon.

Luftomsättningen bestäms bl a av

- fläktens kapacitet
- antal tilluftsdon, öppen area
- vindpåverkan

Andelen jordluft i husets totala tilluft är normalt mindre än vid ventilation enligt figurerna 4.35 och 4.36.



Figur 4.38 Mekanisk tilllufts- och frånluftsventilation.

Luftomsättningen bestäms bl a av

- inreglerade till- och frånluftsflöden
- vindpåverkan

Andelen jordluft i husets totala tilluft är normalt liten vid väl balanserade luftflöden framför allt i rum med tilluftdon.

4.3.1 Ventilationstekniska åtgärder i småhus

Många hus kan få en bättre luftomsättning efter en översyn av befintligt ventilationssystem oavsett om detta är av typ självdrag eller fläktstyrt. 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 vara erforderlig och ge ett gott resultat. Vid F- och FT-ventilation är det särskilt viktigt att kanalväggar och anslutningar till don, luckor m m är täta. Befintliga tilluftsdon skall hållas öppna och vara i sådant skick, att de släpper in luft i huset. I småhus är det vanligt, att det endast finns tilluftsdon, typ tallriksventil, i något eller några få utrymmen i källarvåningen. Dessa ventiler skall givetvis vara öppna, eller på glänt när det är som kallast ute, men det är också nödvändigt, att luften kan komma vidare in i huset från dessa utrymmen genom springor vid dörrarna, om dessa ofta står stängda, eller genom särskilda överluftsdon.

En enkel åtgärd för att snabbt förbättra ventilationen i hus med S- eller F-system, där lufttillförseln är för liten, är att skära bort 15-20 cm av tätningslisten i fönstrens överkant. Denna åtgärd kan sedan förbättras genom montering av s k springventiler, som lämpligen monteras i fönsterkarmens överstycke i de rum, där man i första hand vill höja luftomsättningen. Placeringen i fönstrets övre del är bl a betingat av att minska obehaget av drag. Det finns även andra typer av tilluftsdon, t ex tallriksventiler, som kan vara lämpliga som alternativ till springventilerna.

Ett S-system är svårt att inreglera. Dess effekt är beroende av temperaturskillnaden inomhus-utomhus, vindförhållanden m m. Vintertid kan det ge god ventilation, sommartid ingen alls om man inte vädrar genom att öppna fönster. I många småhus kan ett befintligt S-system ändras till F-system genom en sammandragning av frånluftskanaler och komplettering med en fläkt. Befintliga frånluftsventiler bör bytas ut mot moderna frånluftsdon med större tryckfall än de som finns i självdragssystemet. Härigenom erhålls en ventilation som kan regleras in till önskad luftomsättning i huset som helhet under förutsättning att tillräcklig mängd tilluft erhålls genom ventiler och otätheter. Det kan dock vara förenat med vissa svårigheter att få önskad omsättning i varje enskilt rum.

Eftersom en eller annan frånluftskanal vid självdrag kan fungera som tilluftskanal kan vid ombyggnad av S-systemet till F-system en ökande mängd radonhaltig jordluft ge en kraftig förhöjning av radonhalten i rummet om inte motsvarande mängd tilluft kan erhållas genom nyinsatta ventiler i ytterväggar.

Genom att komplettera en S-ventilation med frånluftsf läkt sugsera luft okontrollerat in genom de otätheter som finns i bland annat ytterväggarna. Detta kan ge upphov till att huset känns mera dragigt.

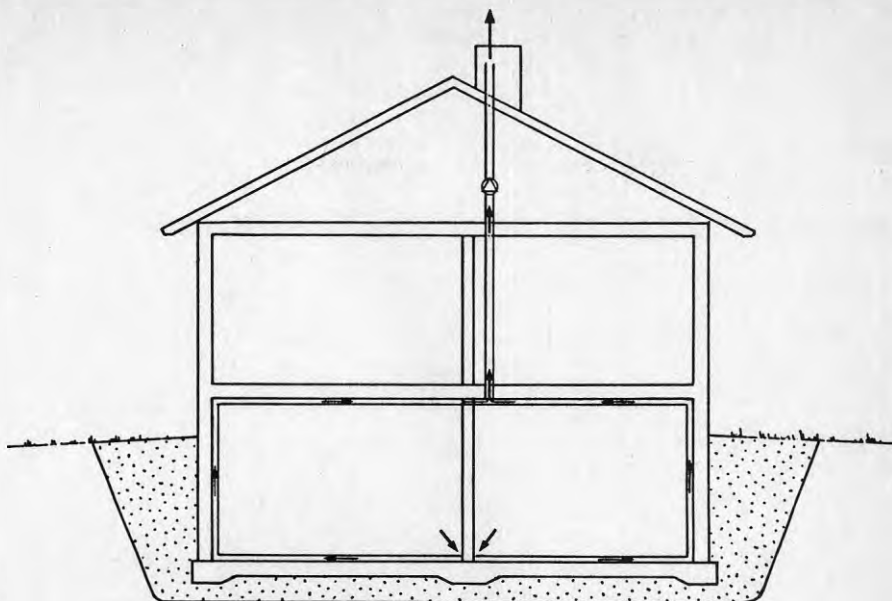
En ökning av luftomsättningen på detta sätt innebär också att mera energi behövs för uppvärmning av huset. Denna ökning kan hållas nere genom att t ex en värmepump installeras. Med hjälp av pumpen kan man utnyttja en del av energin i frånluften till att värma tappvarmvatten eller vattnet i centralvärmesystemet.

I hus där det inströmmande markradonet ger en stor del av den förhöjda radonhalten inomhus bör man sträva efter att minska undertrycket i huset. Detta sker lämpligast genom att installera ett FT- eller FTX-system, d v s ett system där både frånlufts- och tilluftsflödena drivs med fläkt. Ett väl injusterat sådant system ger ett minimalt undertryck, men kräver också att det rengörs och underhålls för att balansen mellan flödena inte skall 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 och inte tar närmaste väg till ett frånluftsdon ty om detta sker går naturligtvis en del av anläggningens effekt på radonhalten förlorad. Vidare måste man tillse att inte ventilationsluftens väg genom huset hindras om t ex en sovrumsdörr hålls stängd på natten. Skulle så vara fallet kan en ventilationsspringa fräsas upp i dörrkarmens övre del, tröskeln tagas bort eller ett överluftsdon monteras in i den aktuella vägen.

Enligt Svensk byggnorm skall anläggningen dimensioneras så att motsvarande 0.5 oms/h erhålls. Vid betydligt förhöjda radonhalter inomhus - framför allt vid stor radonavgång från byggnadsmaterialet - bör fläktar och kanaler dimensioneras för en något högre luftomsättning, kanske upp emot 1.0 oms/h. Vid högre luftomsättning än ca 1.0 oms/h blir de ökade energikostnaderna så stora att andra åtgärder bör övervägas som komplement till ventilationsanläggningen. Som tidigare nämnts kan emellertid en stor del av frånluftens energiinnehåll med hjälp av en värmepump föras över till varmvattenberedningen eller till att förvärma tilluften. Ett annat alternativ är att, om tillufts- och frånluftskanalerna kan dragas samman på ett lämpligt ställe, anläggningen förses med en luftvärmväxlare. Tilläggskostnaden för ett sådant aggregat är relativt liten och åtminstone cirka hälften av frånluftens värme kan överföras till tilluften. Dessutom vinner man att tilluften förvärms och därför inte uppfattas som drag i lika stor omfattning som om den var ouppvärmd. Tilluften bör dock ha ett par grader lägre temperatur än rumsluften för att den skall blanda sig med denna i tillräcklig omfattning.

I kapitel 6.3 redovisas några metoder att genom ventilation av bjälklagskonstruktionen förhindra markradon att nå in och blanda sig med rumsluften. En av dessa metoder kan relativt enkelt tillämpas på en del befintliga hus, nämligen de som har ett uppreglat övergolv på bottenplattan. Genom att med en fläkt suga ut luft från den luftspalt som normalt ingår i en sådan golvkonstruktion kan också radonflödet från marken avlänkas. Se även figur 4.12 med tillhörande text.

Luftspalter kan också byggas längs väggar av kraftigt radonavgivande material och utmed källarytterväggar, där markradon befaras tränga igenom (figur 4.39). Liksom i föregående exempel släpps rumsluften in i spalterna och sugs därefter ut ur huset. Luftspalterna måste utföras så att inga större ytor med stillastående luft bildas. Luftspalter längs väggarna kan naturligtvis kopplas ihop med spalter utmed golv och anslutas till en och samma fläkt.



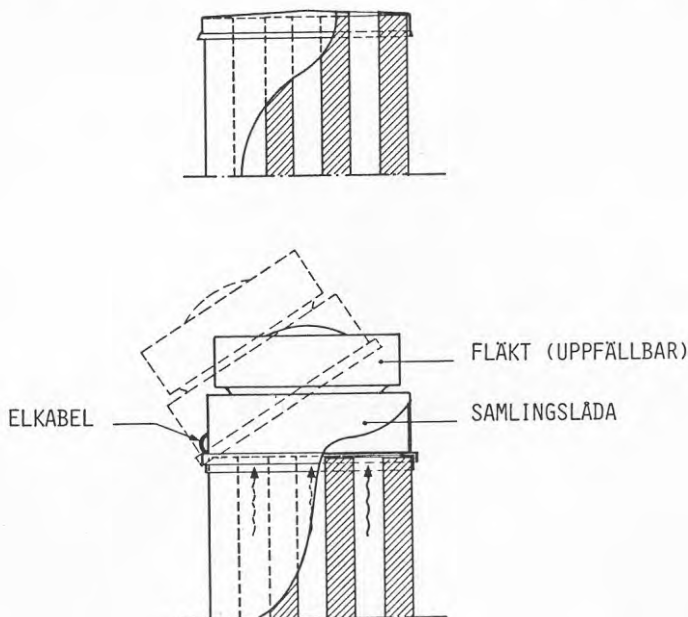
Figur 4.39 Ventilerade luftspalter längs golv och väggar anslutna till en frånluftsfläkt.

4.3.2 Ventilationstekniska åtgärder i flerbostadshus

I flerbostadshus av gasbetong är det vanligt att endast ytterväggar och icke bärande mellanväggar är uppförda i detta material. Lägenhetsskiljande väggar och trapphusväggar är på g a främst ljudisoleringskrav tillverkade av betong eller annat tungt material. Bjälklagen består av platsgjutna eller prefabricerade betongplattor. Detta gör att andelen byggnadsmaterial, som kan ha en hög radonexhalation är relativt liten, vilket delvis förklarar att högre radondotterhalter endast uppmätts i få fall i flerbostadshus. Bostäder i nedre planet i källarlösa flerbostadshus kan dock påverkas av radon från marken på samma sätt som småhus.

Många flerbostadshus har idag F-system, d v s luften sugs mekaniskt ut ur lägenheterna. Det torde i de allra flesta fall vara tillräckligt ur radonsynpunkt, att befintlig anläggning ses över och justeras, så att den verkligen ger 0.5 oms/h i lägenheterna, framför allt i sovrummen. Detta kan kräva att tilluftsventiler monteras in, där sådana saknas. En nedvarning av fläktar får ej förekomma, om radondotterhalten i sovrummen därmed stiger till en oacceptabel nivå.

Ventilationen i många hus med självdug kan förbättras genom en enkel ombyggnad av skorstenstoppen, som därvid också kompletteras med en fläkt (figur 4.40). Kanalerna ses över, rensas och tätas, om så erfordras. För att möjliggöra en inreglering av systemet måste befintliga ventiler bytas ut mot moderna frånluftsdon med större tryckfall än de som finns i S-systemet. Dessutom måste man se till att erforderlig mängd luft kan komma in för att ersätta den luft, som sugts ut. Det kan liksom vid F-system krävas att tilluftsventiler monteras i lämpliga rum.



Figur 4.40 Takfläkt monterad på skorstenstopp för att förbättra ventilationen i ett hus med tidigare S-system.

4.3.3 Lufttryckssänkande åtgärd i mark under byggnad

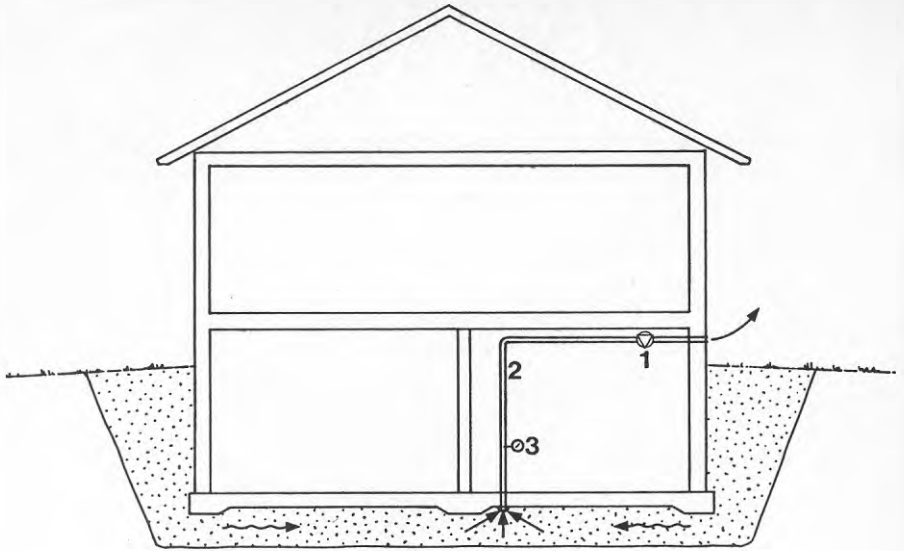
Lufttrycket inomhus är ofta lägre än i den omgivande marken. Detta är mest markant i hus med F-system och under eldnings-säsongen i hus med självdragsventilation. I dessa hus skapas ett undertryck genom fläktens sugkraft respektive genom luftens termiska stigitkraft betingat av temperaturdifferensen inne-ute. Denna lufttrycksskillnad kan förorsaka att luft sugas in från marken genom sprickor och andra otätheter, t ex vid rörgenomgångar och rensluckor, i golv och källarytterväggar. I vilken grad radonhalten inomhus påverkas av markradonet beror på

- . markluftens radoninnehåll
- . luftomsättningen inomhus
- . tryckdifferensen markluft-inomhusluft
- . omfattningen av och storleken hos sprickor och andra otätheter
- . markens luftgenomsläplighet

Lämpliga åtgärder mot radoninträngning från mark bör därför riktas mot en eller flera av dessa förhållanden. Första åtgärd bör vara att täta de synliga sprickor och andra otätheter, som kan finnas i golvet vid bl a rörgenomgångar och längs bärande källarväggar samt sprickor och skador i källarytterväggar.

En ökning av luftomsättningen genom installation av balanserad ventilation, d v s FT-system med lika tillufts- och frånluftsflöden, sänker även tryckdifferensen markluft-inomhusluft och motverkar därför radoninströmningen. Är radon-dotterhalten mycket hög, kan det dock vara svårt att med rimlig luftomsättning få ner den till acceptabel nivå.

En annan metod att sänka tryckdifferensen eller till och med skapa ett undertryck under betongplattan är att på ett eller flera ställen dra ner en ventilationskanal, som med sin övre ände får mynna i hussockeln över mark (figur 4.41). Kanalen förses med en mindre kanalfläkt, som säkerställer den erforderliga sugkraften i kanalen. Effekten av denna åtgärd beror på hur det undertryck, som uppstår vid kanalmyningen, kan fortplantas vidare ut under betongplattan. Djupt neddragen grundläggning av bärande väggar kan t ex vara effektiva spärrar mot denna tryckutjämning under plattan. Om risk för tjälskjutning föreligger, måste man vara observant på hur mycket luft som på detta sätt dras ner till grundläggningsnivån framförallt vid suterränghus och källarlösa hus. Även vatten- och avloppsledningar under golvplattan kan skadas av frost. Eftersom man genom denna åtgärd kan vända på luftströmmen från mark till hus till att gå från huset till marken, finns det en viss risk att fukt kan kondensera i golvkonstruktionen. Man måste därför i varje enskilt fall bedöma denna risk för kondensering och i vad mån eventuell fuktutfällning kan skada konstruktionen.



- 1 Kanalfläkt
- 2 Rund kanal av förzinkad plåt eller PVC
- 3 Manometer

Figur 4.41 Att sänka lufttrycket under en betongplatta på mark kan vara en effektiv metod mot radonin-
trängning underifrån. En manometer för mätning
av lufttrycksdifferensen kanal-rum bör monteras.

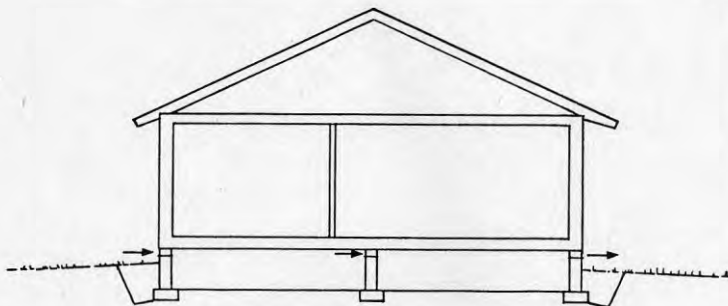
4.4 Luftfilter

Radondöttrarna är metallatomer, som har stor benägenhet att fastna på dammpartiklar i luften. Vanliga dammfilter i en ventilationsanläggning samlar därför upp de radondöttrar, som är bundna till dammet. Även fria radondöttrar kan samlas upp i ett filter.

I luft med mycket litet damm kommer andelen fria radondöttrar att var större, eftersom det tar längre tid innan dessa fastnar på dammpartiklar. De fria radondöttrarna anses ha större betydelse ur risksynpunkt, varför en filtrering av luften inte med säkerhet minskar riskerna.

5 HUS MED KRYPRUMSGRUND

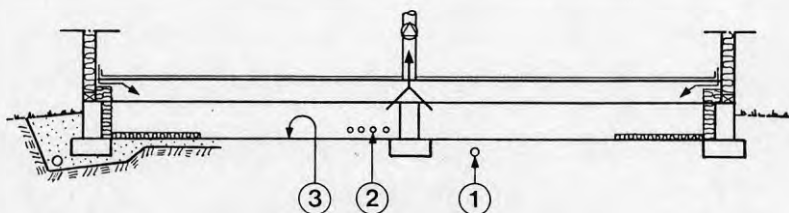
Med kryprumsgrund förstås en grundläggningskonstruktion som består av låga väggar eller betongbalkar på tryckfördelande grundplattor, plintar eller pålar (figur 5.1). Utrymmena mellan grundmurarna kallas kryputrymme eller kryprum.



Figur 5.1 Sektion genom ett hus med kryprumsgrund.

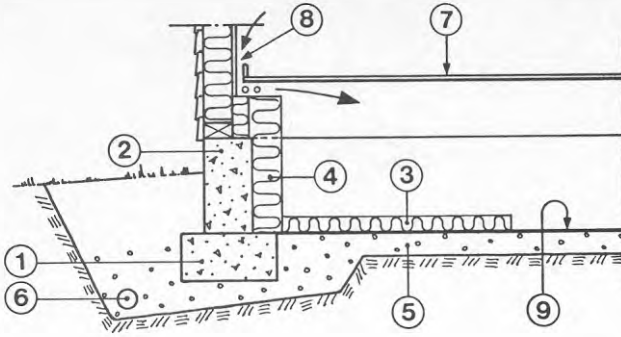
Kryprumsgrunder finns i princip i två olika utföranden, nämligen ineluftsventilerade och uteluftsventilerade. Det senare utförandet kan man dessutom dela upp i två grupper efter ventilationsgrad.

Det ineluftsventilerade kryputrymme har vanligen ungefär samma temperatur som bostaden, eftersom frånluften från bostaden passerar genom kryputrymme och bjälklaget över detta oftast saknar värmeisolering. Yttergrundmurarna och botten runt om en bit från dessa värmeisolerar däremot alltid. I kryputrymme finns gott om plats för ledningar av olika slag. Figur 5.2 och 5.3.



Figur 5.2 Inneluftsventilerat kryputrymme.

- ① Förläggning av avloppsledning.
- ② Förläggning av ledningar för kallvatten, varmvatten, värme, el m m.
- ③ Diffusionstätt skikt t ex PVC-folie ovanpå marken i kryputrymme.

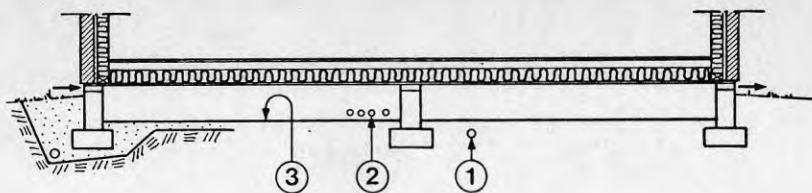


Figur 5.3 Inneluftsventilerat kryputrymme. Detalj.

- ① Grundsula av betong.
- ② Vägg av murverk eller betong.
- ③ Värmeisolering av mineralullsmatta tjocklek a.
- ④ Värmeisolering av mineralullsmatta tjocklek 2a.
- ⑤ Avjämnande och dränerande skikt av grus.
- ⑥ Dräneringsledning.
- ⑦ Undergolv på bärverk av träbjälkar.
- ⑧ Öppning i sockeln för ventilation av kryputrymmet samt lämplig förläggning av värmeledning. Utluftning genom ventilationsrör, som utmynnar ovanför yttertaket.
- ⑨ Diffusionstätt skikt t ex PVC-folie.

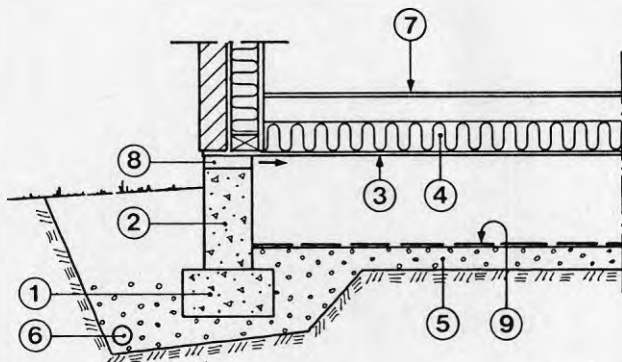
Ett slutet uteluftsventilerat kryputrymme skiljer sig från föregående konstruktion genom att luft utifrån det fria släpps in i kryprummet genom små ventiler i socklarna, utförande enligt SBN 1980, 32:3222. Genom den måttliga tillförseln av kall luft kan denna värmas upp något av transmissionsvärmen från bjälklaget och av jordvärmen. Kryputrymmet får därför vintertid en högre temperatur än uteluftens, men lägre än inomhustemperaturen. Grundsulorna måste med hänsyn till tjälrisken nedföras djupare än vid det inneluftsventilerade kryputrymmet, dock ej till frostfritt djup. Bjälklaget över kryputrymmet måste vara värmeisolerat. Figur 5.4 och 5.5.

Kryprumsgrund med öppen uteluftsventilation innebär att luft utifrån släpps in i kryputrymmet genom stora öppningar i sockeln. Detta blir därför kallt. Figur 5.6 och 5.7.



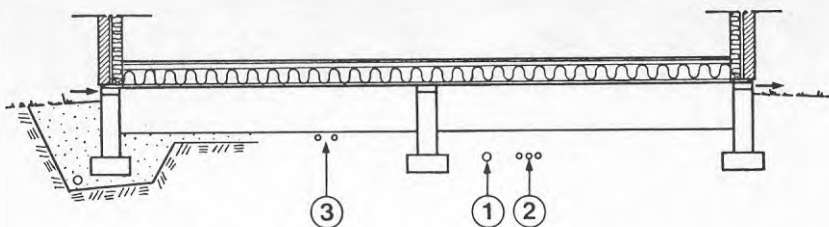
Figur 5.4 Slutet uteluftsventilerat kryputrymme.

- ① Förläggning av avloppsledning.
- ② Förläggning av ledningar för kallvatten, varmvatten, värme, el m m.
- ③ Diffusionstätt skikt t ex PVC-folie ovanpå marken i kryputrymmet.



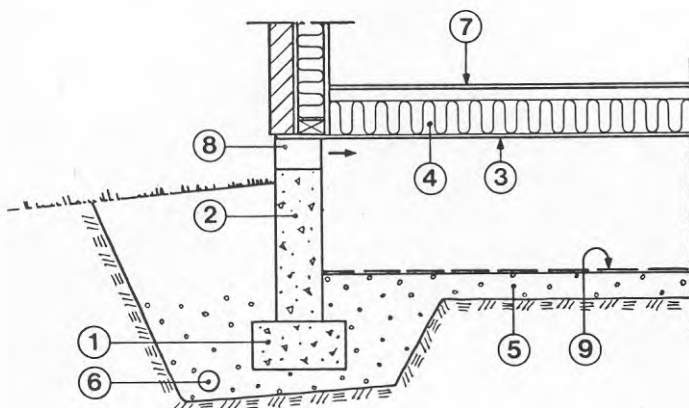
Figur 5.5 Slutet uteluftsventilerat kryputrymme. Detalj.

- ① Grundsula av betong på reducerat frostfritt djup.
- ② Väggbetong eller murverk med värmeisolering.
- ③ Bärverk med blindbotten av tryckimpregnerade träbjälkar resp asfaltimpregnerade träfiberskivor.
- ④ Värmeisolering av mineralull.
- ⑤ Avjämnande och dränerande skikt av grus.
- ⑥ Dräneringsledning.
- ⑦ Undergolv på bärverk av träbjälkar.
- ⑧ Öppning i väggen för genomgående ventilation av kryputrymme. Öppningsarea enligt SBN 1980, 32:3222.
- ⑨ Diffusionstätt skikt t ex PVC-folie.



Figur 5.6 Kryptrymme med öppen uteluftsventilation.

- ① Förläggning av avloppsledning.
- ② Förläggning av ledningar för kallvatten, varmvatten och värme.
- ③ Förläggning av ledningar för el m m.



Figur 5.7 Kryptrymme med öppen uteluftsventilation. Detalj.

- ① Grundsula av betong på frostfritt djup.
- ② Vägg av murverk (betongsten) eller betong.
- ③ Bärverk med blindbotten av tryckimpregnerade träbjälkar resp asfaltimpregnerade träfiberskivor.
- ④ Värmeisolering av mineralull.
- ⑤ Avjämnande skikt.
- ⑥ Dräneringsledning eventuellt.
- ⑦ Undergolv på bärverket.
- ⑧ Öppning för genomgående öppen ventilation av kryptrymmet.
- ⑨ Diffusionstätt skikt t ex PVC-folie.

Över- eller undertryck i kryputrymmet i förhållande till atmosfärstrycket har sin betydelse för radonhalten i kryprummet. Om det saknas ett radontätande skikt på markytan i detta, strävar radonet i jordluftens porer att diffundera upp ur marken och utjämna radonkoncentrationerna i de båda volymerna. Eventuell tryckdifferens mellan luften i kryprummet och uteluften påverkar knappast denna transport. Radonet kan emellertid också förflytta sig konvektivt, vilket innebär att ett undertryck i kryputrymmet kan ge upphov till luftströmmar från dräneringsledningarna eller direkt från atmosfären genom markporerna och in i kryputrymmet. Radon kan därvid följa med från marken. Ett övertryck skulle däremot motverka det konvektiva radonflödet från marken och därmed ge en lägre radonhalt i kryputrymmet.

Ventilationen och lufttrycket i ett uteluftsventilerat kryputrymme står i ett direkt förhållande till yttre faktorer, såsom vindriktning och -styrka. En dag med svag vind kan ventilationen i kryprummet vara näst intill obefintlig för att en annan dag med hårda vindar vara mycket kraftig. Över- eller undertryck i förhållande till atmosfärstrycket vid markytan beror bland annat på hur öppna ventilerna i socklarna är och på vegetationen utanför. Vid blåsig väderlek kan vinden ge upphov till ett övertryck i kryprummet eftersom tryckökningen på husets lovartssida normalt blir större än tryckminskningen på dess läsida. I ett ineluftsventilerat kryputrymme är tryckdifferensen mellan kryprummet och bostaden ovanför beroende av hur ventilationen i det enskilda fallet är ordnad.

Åtgärder i befintliga hus med kryprumsgrunder blir i stort sett lika med de åtgärder som i preventivt syfte kan utföras i ny bebyggelse, varför dessa behandlas tillsammans i detta kapitel. Kryputrymmet ger möjlighet att stegvis motverka inströmning av markradon i ett bostadshus. I ett befintligt uteluftsventilerat kryprum kan t ex först ventilationen förbättras så att ett svagt undertryck gentemot bostaden erhålls, därefter kan marken i kryputrymmet radontätas, grundmurarna tätas och till sist kan kryprummet ändras till ineluftsventilerat om inte önskvärd radonöverskottshalt dessförinnan erhållits i bostaden.

Hus med kryprumsgrund är också att föredraga vid nyproduktion på kraftigt radonavgivande mark, eftersom en ekonomiskt måttlig anpassning till radonproblemet kan göras vid uppförandet och därefter kompletteras vid behov. Detta förutsätter dock att höjden i kryprummet är tillräcklig för att arbeten skall kunna utföras där på ett tillfredsställande sätt.

Ett hus med ineluftsventilerad kryprumsgrund kan också ge vissa fördelar ur energi- och komfortsynpunkt.

5.1 Åtgärder i bostadsutrymme

Om en förhöjd radonhalt inomhus i huvudsak orsakas av radon från byggnadsmaterialet skiljer sig de åtgärder som man behöver vidtaga i ett hus på kryprumsgrund på intet sätt från åtgärderna i andra hustyper - t ex tätning av väggytor enligt kapitel 4.2.1 och ventilationstekniska åtgärder enligt kapitel 4.3.1.

5.2 Åtgärder i befintligt kryputrymme

Kryputrymmet medger ett flertal lösningar på problemet att hindra markradon från att nå in i bostadsutrymmena.

Bjälklaget över kryputrymmet är ofta av trä och med stora otätheter inte enbart i träkonstruktionen utan även vid rörgenomföringar och luckor. Även bjälklag av prefabricerade element av gasbetong och betong kan vara otäta vid elementfogar och inte minst vid genomföringar. I kryprummet finns en stor luftvolym som vid ett undertryck i bostaden kan bidra med mycket luft till denna. En måttlig förhöjning av radonhalten i denna luft kan därför ge ett stort radontillskott till inomhusluften. Åtgärder mot den här radontransporten kan bestå av

- tätning av markytan i kryprummet för att hindra markradon att avgå till luften i kryputrymmet
- ventilation av kryputrymmet för att hålla radonhalten i denna luftvolym nere
- tätning av bjälklaget över kryputrymmet samt sänkning av lufttrycket i detta utrymme för att förhindra luft därifrån att nå rumsluften.

Att enbart utföra åtgärder enligt den sista punkten kan medföra en hög radonkoncentration i kryputrymmet, varvid radon kan diffundera genom träbjälklaget oavsett hur lufttätt detta än är och orsaka en förhöjning av radonhalten inomhus.

Ett enkelt sätt att såväl förbättra ventilationen i ett ute-luftventilerat kryprum som att säkerställa ett undertryck där är att suga ut luft därifrån. Bästa effekten erhålls om fläkten placeras i sockeln vid husets ena gavel och de närmaste öppningarna i socklarna sätts igen. Före en sådan åtgärd måste man dock undersöka risken för tjälskjutning under grundmurarna, eftersom de vid denna grundläggningstyp normalt är nerförda till ett reducerat frostfritt djup. Risken för kondensering i bjälklaget av inifrån kommande vattenånga måste likaså undersökas. Dessutom måste de i kryputrymmet befintliga vatten- och avloppsledningarna skyddas mot den lägre temperaturen som blir en följd av den högre luftomsättningen.

Ett visst undertryck i kryputrymmet kan genom skorstensverkan också erhållas framför allt vintertid genom att från kryputrymmet bygga in en ventilationskanal genom varmt utrymme upp över yttertaket enligt figur 5.8. Även här måste man ta hänsyn till den nedkylning som vintertid kan ske av kryputrymmet och marken därunder.

Oavsett åtgärder i kryprummet i övrigt bör - åtminstone vid kraftigt radonavgivande mark - radonavgången från markytan begränsas genom att ytan beläggs med ett radontätt skikt av t ex asfalt, gummiasfalt, asfaltnattor eller betong, som bör ameras för att minska risken för sprickor. Särskild omsorg bör ägnas åt att få tätt mot grundmurar och vid rör. I figurerna 5.9-5.13 visas några förslag på tätning mot markradon. Dessa tätningar bör utföras även om kryputrymmet inte byggs om till ineluftsventilerat kryprum. De i figurerna visade luftkanaler-

na från bostaden till kryprummet får ej utföras om åtgärderna i övrigt inte säkerställer en luftström i markerad riktning.

Ett uteluftsventilerat kryprum kan byggas om och ventileras med frånluften från bostaden, varvid man förutom effekten på radon-dotterhalten i bostaden även erhåller ett varmare golv och en viss värmeåtervinning. För att det inte skall bildas mögel och röta i kryprumskonstruktionen på grund av för hög fuktighet i kryputrymmet måste man beakta följande

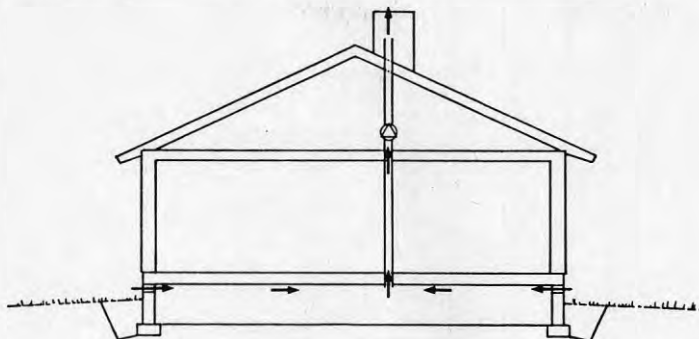
- temperaturen i kryprummet skall hållas i närheten av rums-temperaturen
- köldbryggor och otätheter t ex vid anslutning mellan bjälklag och grundmur får ej förekomma
- kryputrymmet ventileras i sin helhet

För att lufttemperaturen inte skall sjunka till en för den relativa luftfuktigheten kritisk nivå krävs att grundmurarna värmeisolerats, liksom markytan i kryprummet närmast yttermurarna, om den inte redan är isolerad. Bjälklaget över kryputrymmet är ofta otätt och genom att luften till kryprummet tas från bostaden finns stora möjligheter för luften att röra sig i fel riktning. Det är därför nödvändigt att ett undertryck skapas i kryprummet, vilket enklast erhålls med en fläkt, som suger från detta. Om man dessutom skall ha en fläkt som suger luft från kök, bad, tvätt m m i bostaden, vilket förekommer i nedanstående exempel, är inte lika självklart, eftersom ett undertryck i kryprummet driver ersättningsluft genom de kanaler som finns från dessa utrymmen. Men utan denna fläkt har man ingen kontroll på ventilationen i bostaden, särskilt om luft suges genom otätheter i bjälklaget. I SBN 1980, 52:32 c finns krav på bjälklagets utförande ur brandsynpunkt.

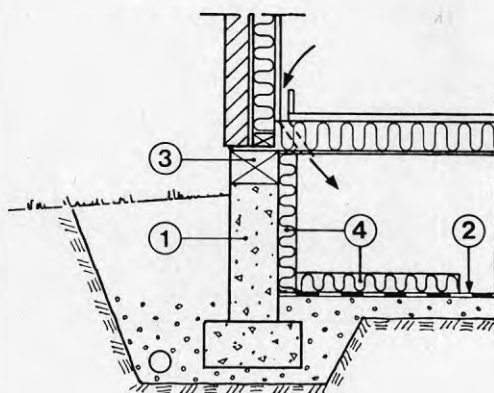
I ett forskningsprojekt har ett enplans småhus på krypgrund byggts om från uteluftsventilerat till ineluftsventilerat kryprum. Detta arbete och dess resultat är redovisat i (Clavensjö m fl 1982) och skall därför endast kortfattat beskrivas här.

Radonhalten i huset, som är självdragsventilerat ogh byggt i början av 1970-talet, varierade mellan nära 0 Bq/m³ till cirka 6000 Bq/m³ under en 14 dagar lång kontinuerlig mätning. Variationerna orsakades bland annat av vädring samt start och stopp av spisfläkt i kök, men kanske framför allt av yttre förhållanden såsom vindens olika riktningar och styrka. I grundmurarna fanns på varje långsida fyra ventiler. Dessa murades igen, varefter yttermurarna värmeisolerades med 120 mm mineralull. För att dämpa radonavgången från markytan göts på denna en 100 mm tjock betongplatta, som armerades för att minska risken för sprickor. Mellan plattan och murarna utfördes en fog, som fylldes med polyuretanskum. Vid plattans krympning skulle annars en springa utstå här, där markradon skulle kunna tränga igenom. På vinden placerades en fläkt som genom befintliga kanaler evakuerar luft från badrum, wc och tvättstuga samt genom en ny kanal från kök. Denna luft fördelas ut i kryprummet längs ena gaveln. Figur 5.14. Genom en uppsamlingskanal längs motstående gavel suges luften ut från kryprummet med hjälp av en annan fläkt, som installerades vid yttertak. Båda fläktarna har justerats in så att ett undertryck erhålls i kryprummet jämfört

med bostaden samt kopplades samman över en gemensam tyristor för varvtalsreglering. Spisfläkten byttes mot en kolfilterfläkt, eftersom lufttrycksdifferensen annars skulle ändras på ett icke önskvärt sätt, när spisfläkten användes. Tilluft till bostaden erhålls genom befintliga ventiler och otätheter i ytterväggar och vindsbjälklag. Resultatet av dessa åtgärder blev att radon-dotterhalten inomhus sjönk till en nivå under 50 Bq/m^3 .

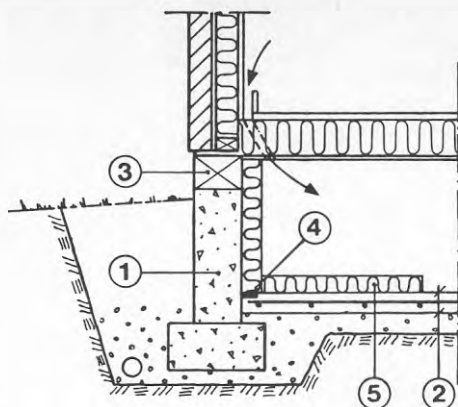


Figur 5.8 Uteluftsventilerat kryputrymme med frånlufts-kanal till yttertak. Kompletteras med fläkt om så erfordras.



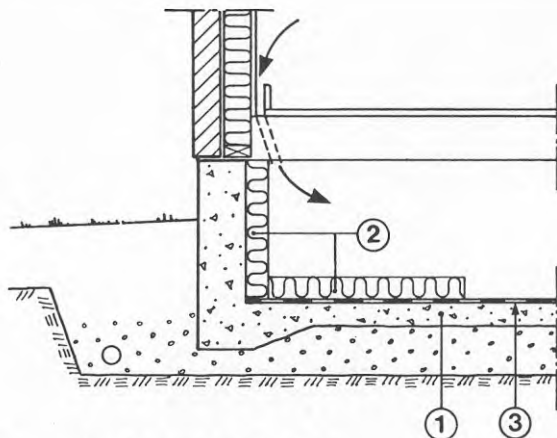
Figur 5.9 Tätning mot markradon.

- ① Grundmur av betong.
- ② Radontätande skikt kan utgöras av asfalt, gummi-asfalt, asfaltmatta med aluminiumfolie och med svetsade skarvar, betong m m. Skiktet bör inte anbringas på grund av fuktrisk (kondensering av luftfuktighet). Asfalt och gummi-asfalt kan ges den egenskapen att de elektrostatiskt binds mot undergrunden.
- ③ Tätning av ventiler. Kallt kryputrymme konverteras till varmt utrymme. Detta innebär att man ordnar ventilationen med inneluft i kryprummet på sådant sätt att ett undertryck erhålls i detta i förhållande till bostaden.
- ④ Värmeisolering.



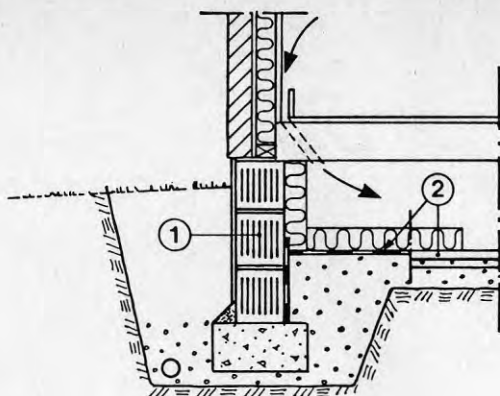
Figur 5.10 Tätning mot markradon.

- ① Grundmur av betong.
- ② Armerad betongplatta som gastätning. Då det kan vara svårt att komma åt att gjuta i kryprummet, kan användning av flytbetong underlätta. Man har numera använt sådan även i tjockare konstruktioner.
- ③ Tätning av ventiler.
- ④ Tätning av vinkel mot grundmur med någon av de i kapitel 4.2.5 beskrivna metoderna.
- ⑤ Värmeisolering.



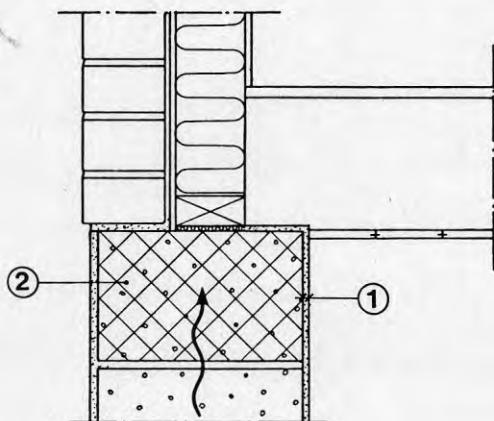
Figur 5.11 Tätning mot markradon.

- ① Krytrum av betong.
- ② Värmeisolering.
- ③ Tätning med någon av de i figur 5.9 pkt 2 beskrivna metoderna.



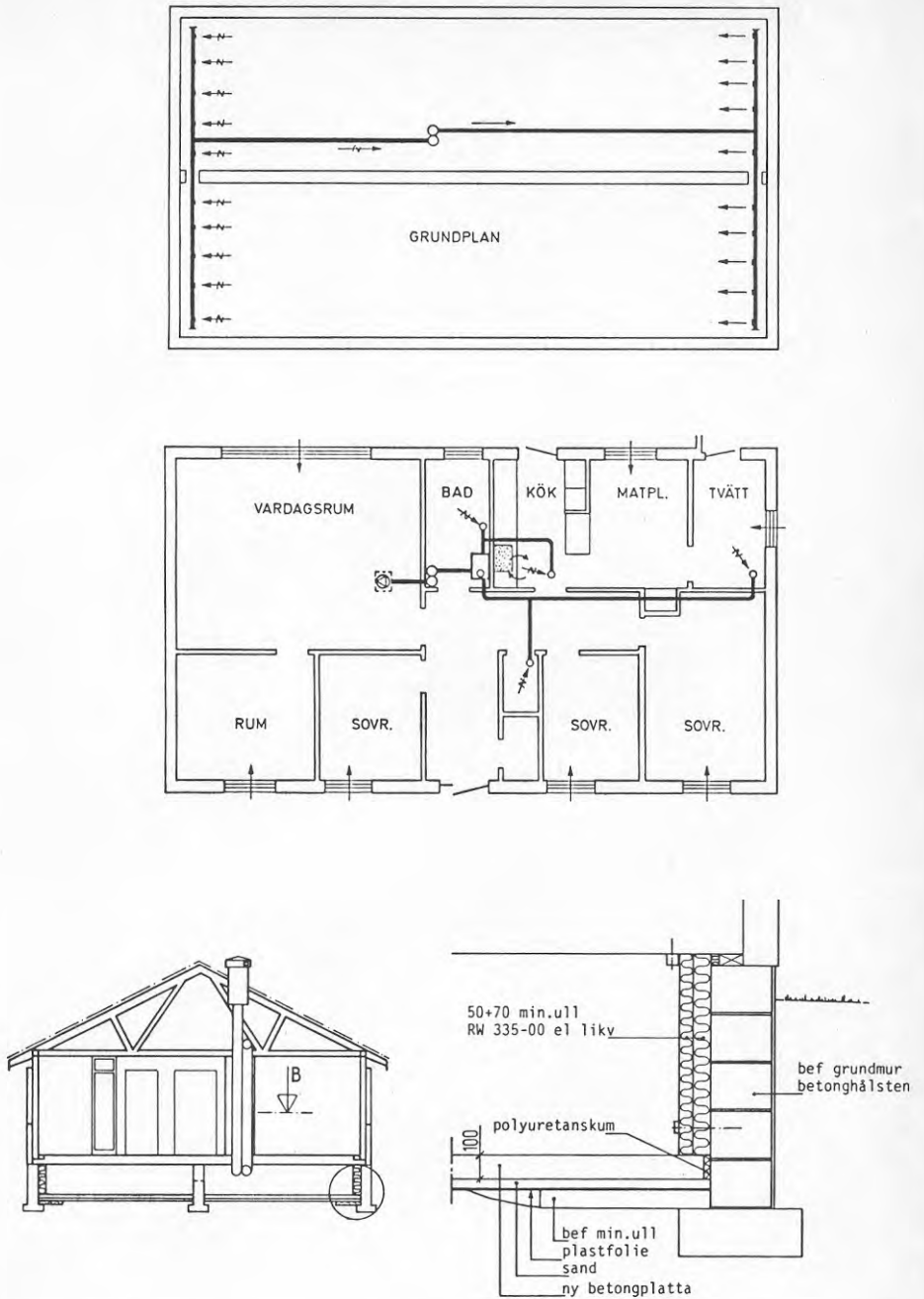
Figur 5.12 Tätning mot markradon.

- ① Vid grundmur av betonghålststen eller lättklinkerblock kan radongasen söka sig från marken genom håligheter i muren upp i bostaden. Det är därför viktigt att muren är putsad på båda sidor i hela sin höjd. Det kan också komma att krävas åtgärd enligt figur 5.13.
- ② Tätskikt enligt 2 i figur 5.9. Isoleringen bör om möjligt även appliceras på grundmuren under marknivån i kryprummet. Eventuellt görs detta som alternativ till putsning av denna yta.
- ③ Detalj enligt figur 5.13.



Figur 5.13 Tätning mot markradon.

- ① Putsskiktet dras upp på den horisontella ytan och ansluts mot remstycket.
- ② I svårartade fall kan injektering utföras enligt kapitel 4.2.4.



Figur 5.14 Förbättrad ventilation i småhus. Ombyggnad av krypprum från utelufts- till ineluftsventilerat utrymme.

5.3 Åtgärder i kryputrymme vid nyproduktion

Vid projektering av hus på mark med hög radonhalt kan man välja mellan ett flertal tekniskt olika lösningar beroende på vilken säkerhet man vill ha mot en förhöjd radondotterhalt inomhus och vilken merkostnad man är beredd att ta.

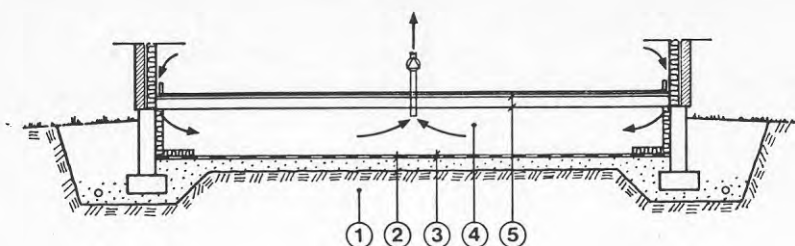
Den enklaste lösningen är att bygga en konventionell uteluftsventilerad kryplåda men med en frånluftskanal genom huset enligt figur 5.8. En plastfolie läggs normalt på marken i kryputrymmet för att minska fuktavgången från denna. Genom att använda en tjock folie och undvika att punktera den, ansluta den omsorgsfullt mot grundmurar och rör samt lägga den ordentligt omlott vid skarvar och belasta den med 50-100 mm sand bör man få en måttlig konvektiv ström av radonhaltig luft från marken. Detta kan vara tillräckligt för att få en låg radondotterhalt inomhus.

En säkrare lösning är dock att i det uteluftsventilerade kryputrymmet lägga ett radontätt skikt enligt t ex figur 5.9 på markytan.

Grundläggningsdjupet och värmeisoleringen i bjälklaget måste anpassas till den ventilation som kryprummet kommer att få.

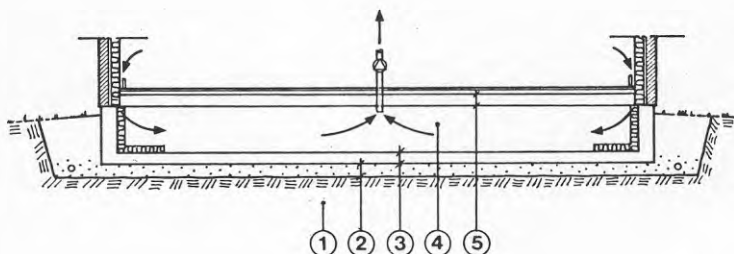
Ett inneluftsventilerat kryputrymme med utförande enligt någon av de lösningar som redovisas i figurerna 5.15-5.19 ger förutom en större säkerhet mot markradon även energimässiga fördelar. Konstruktionen och ventilationen av kryprummet måste utföras på sådant sätt att inte fuktproblem uppstår. (Bjerking, 1975)

Ett alternativ, som bygger på övertryck i kryputrymmet, är Ytongs varmgrund enligt figur 5.20. Här sugs luften ut ur bostaden och trycks ner i kryplådan, som därigenom får ett relativt stort övertryck i förhållande till lufttrycket i bostadsutrymmena. Detta ställer stora krav på tätheten i bottenbjälklaget. Eftersom övertrycket i kryprummet motverkar konvektiva strömmar av jordluft och därmed också av markradon upp i kryputrymmet hålls radonhalten i detta nere. Om den behöver sänkas ytterligare kan markytan beläggas med ett radontätt skikt enligt figur 5.18.



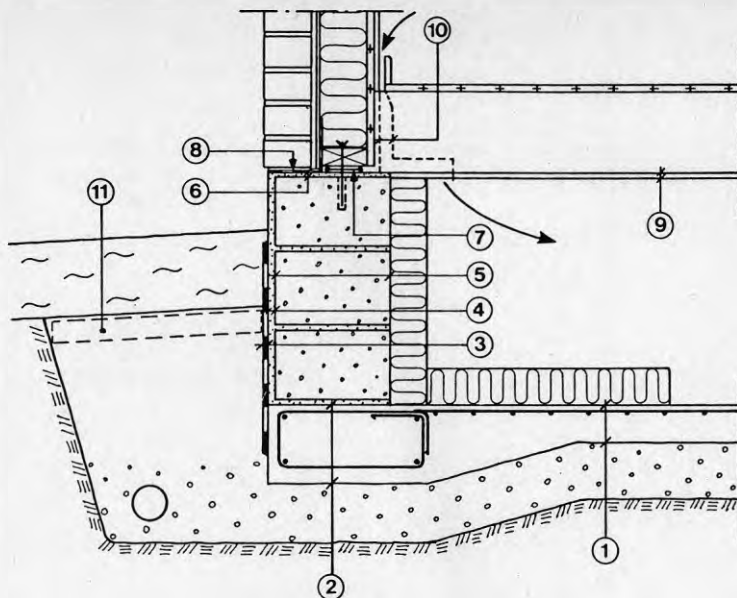
Figur 5.15 Tätning mot markradon.

- ① Radonavgivande undergrund.
- ② Dränerings- och avjämningsskikt.
- ③ Radonstoppande skikt. Kan vara asfalt, gummi-asfalt, asfaltmatta med aluminiumfolie, betong m m.
- ④ Kryputrymmet ventileras med rumsluft.
- ⑤ Temperaturen i ett inluftventilerat kryputrymme skall vara så nära bostadens temperatur som möjligt. Bjälklaget skall därför inte värmeisoleras. Eventuell isolering läggs i stället på markytan i kryputrymmet.



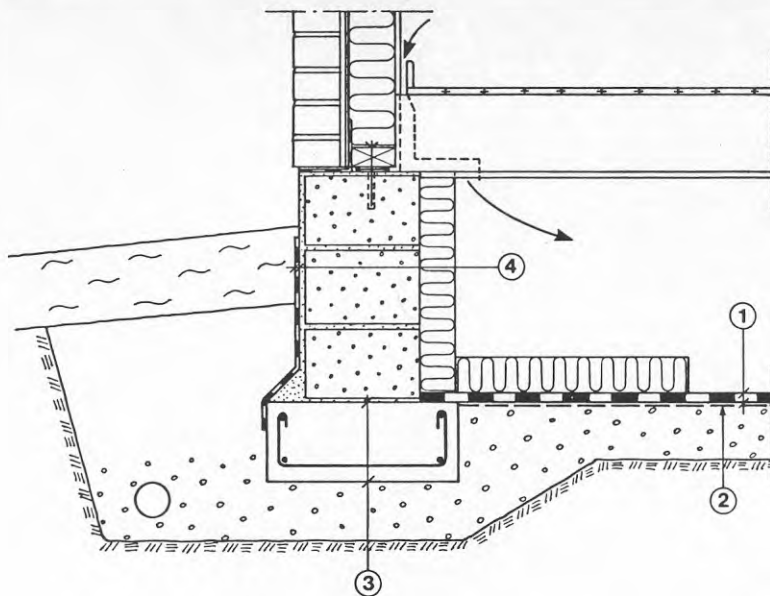
Figur 5.16 Tätning mot markradon.

- ① Radonavgivande undergrund.
- ② Dränerande och kapillärbrytande skikt.
- ③ Kryplåda av betong utförd av så lufttät betong som möjligt. Kryplåda är ett utmärkt sätt att erhålla en styv grundkonstruktion, som kan motstå deformationer i undergrunden utan besvärande sprickbildning.
- ④ Kryprummet ventileras.
- ⑤ Eventuell värmeisoleringen placeras enligt figur 5.15.



Figur 5.17 Kryprum ventilerat med inluft och anslutet till frånluftsfläkt.

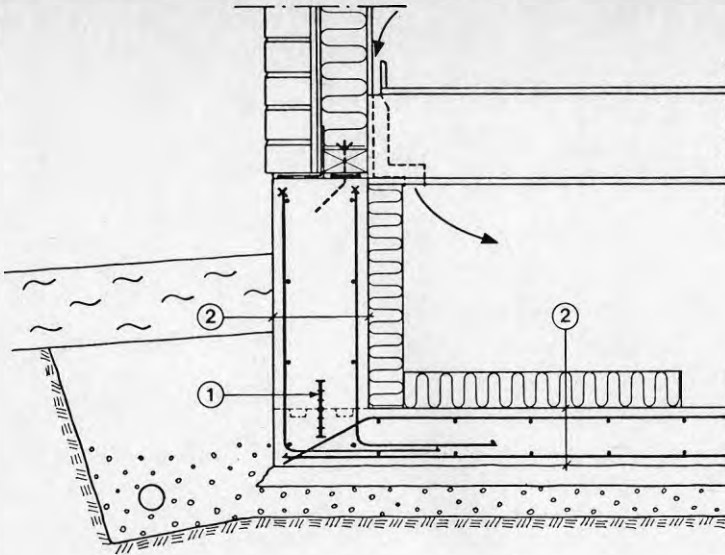
- ① Platta i radonsäkert utförande. Vid sättningsfri undergrund tjocklek 100 mm och rutarmering $\varnothing 6$ c 100 Nps 50 i överkant. Vid sättningsbenägen undergrund eller fribärande platta dimensioneras (tjocklek och armering) för varje enskilt fall.
- ② Kantbalk (grundsula). Ges för varje enskilt fall erforderlig styvhet och armering. Tillräcklig armering inläggs för att klara krypning och krympning utan besvärande sprickbildning.
- ③ Asfaltmatta med al-folie.
- ④ Cementputs med Sika eller likvärdigt.
- ⑤ Lättklinkerblock.
- ⑥ Cementputs med brädriven yta.
- ⑦ Syllisolering med t ex Rockwool S-list.
- ⑧ Papp SAL 1800/600.
- ⑨ Skiva med erforderlig lufttätthet även i skarvar.
- ⑩ Plåtstosar.
- ⑪ Markisolering vid hörn enligt SBN 1980 33:52.



Figur 5.18 Kryprum ventilerat med inluft och anslutet till frånluftsfläkt.

- ① Radonspärr utförd av asfalt, gumviasfalt eller asfaltmatta med aluminiumfolie.
- ② Papp YAM 1200/50 eller folie.
- ③ Grundsula med brädriven yta och som gjuts radontät. Tjocklek och armering med hänsyn till undergrunden.
- ④ Asfaltmatta med aluminiumfolie.

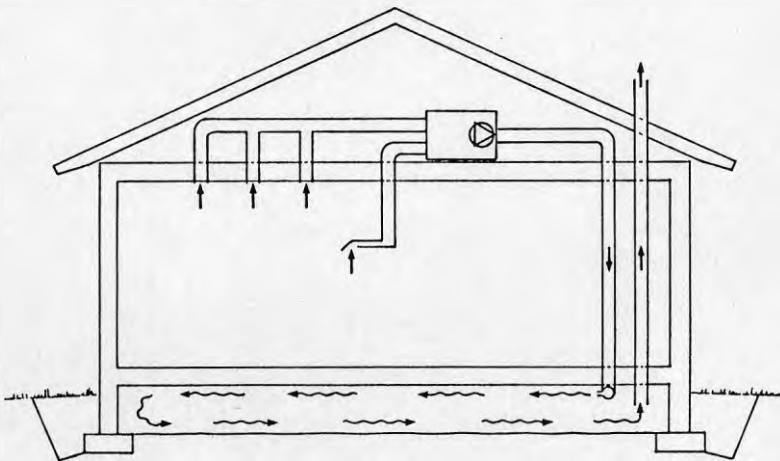
I övrigt enligt figur 5.17.



Figur 5.19 Kryprum av betong.

Utförs kryplådan av betong får man en bra radonspärr, som dessutom ger en styv konstruktion, vilket är bra vid sättningsbenägen undergrund.

- ① I eventuell gjutskarv måste fogband inläggas.
 - ② Balkar och platta dimensioneras med hänsyn till statisk last och hur sättningsbenägen undergrunden är.
- I övrigt enligt figur 5.17.



Figur 5.20 Inneluftsventilerat kryputrymme med mekaniskt frånluftssystem i bostaden. Bjälklag av sandbaserad gasbetong.

6.1 Allmänna synpunkter

Enligt Svensk byggnorm 1980 kapitel 31:143 får byggnadsmaterial som används i byggnader där personer stadigvarande vistas inte ha ett radiumindex överstigande 1.0. Detta innebär att radiumhalten i materialet skall vara så låg att, om det används i hela husstommen, radonavgången från materialet inte skall kunna orsaka en högre radondotterhalt i bostaden än 70 Bq/m^3 under förutsättning att ventilationen är ungefär 0.5 luftomsättningar per timme. Några åtgärder mot radon från byggnadsmaterialet behöver man därför i framtiden ej vidtaga i samband med nybyggnad.

Radon i hushållsvattnet kan, där så är befogat, avskiljas innan vattnet når tappställena inomhus enligt någon av de metoder som redovisas i publikationen "Sätt att minska radonhalten i dricksvatten" (Hedberg m fl 1982).

Av de tre radonkällorna återstår således en, nämligen marken. Det är främst vid byggnation av småhus samt flerfamiljshus utan källarvåning som man behöver beakta marken som radonkälla. En traditionell källarvåning under ett flerbostadshus utgör ett effektivt hinder för markradon att nå bostäderna genom att det ventileras bort direkt från källarvåningen. I en markbostad kommer radonet direkt in i bostaden liksom i ett småhus med källarvåning, eftersom våningarna i den senare hustypen normalt står i öppen förbindelse med varandra. Om vi generellt kunde göra husen helt lufttäta mot marken (även vid genomföringar av rör m m) skulle endast den som bygger på mark med mycket höga radonhalter i jordluften (i storleksordningen 500.000 Bq/m^3 och mera), d v s jordarter som innehåller alunskiffer, behöva vidtaga åtgärder mot radoninträngning. Vid sådana radonkoncentrationer i marken kan nämligen radon som diffunderar igenom ett normalt betonggolv, kvalitets- och tjockleksmässigt, ge en påtaglig förhöjning av radondotterhalten inomhus. Detta kan emellertid enkelt motverkas genom att betongplattan görs några centimeter tjockare. Det är betydligt svårare att göra konstruktionen lufttät och att få den att så förbli utan att det för med sig stora extra kostnader i byggskedet. Krympnings- och sättningssprickor, rörelser i ledningar m m kan förstöra ett från början gott resultat. Det behöver inte vara speciellt stor otäthet för att radonhaltig jordluft skall sugas in i sådan mängd att radondotterhalten inomhus kraftigt påverkas framför allt inte om skillnaden i lufttryck inne i huset respektive i marken är stor, vilket kan vara fallet vid självdraags- och F-ventilation.

Vilka tekniskt-ekonomiskt försvarbara åtgärder skall man då tillgripa för att förhindra att markradon tränger in i bostaden och där ger upphov till en hög radondotterhalt? Ja, det finns två betydelsefulla faktorer att ta hänsyn till vid detta val. Den första är markens "radonfarlighet". Planverket föreslår i sin rapport 59 "Radon - planläggning, byggnadslov och skyddsåtgärder" (statens planverk 1982) att marken, som huset skall byggas på, klassas som låg-, normal- eller högradonmark med tanke på risken för radoninläckning. Härvid skall man ta hänsyn till såväl radonhalt i jordluften som till markens luftgenom-

släpplighet och till den i marken tillgängliga luftvolymens storlek.

Man måste även beakta att markarbetena i samband med grundläggningen kan påverka dessa parametrar, t ex en slät yta på ett homogent berg avger mycket litet radon per ytenhet även om bergarten innehåller förhöjda halter av radium. Spränger man sönder berget och lägger ut en del av det losstagna materialet, som en sprängstensfyllning under det blivande huset, avgår betydligt mera radon inte bara från sprängstensfyllningen utan även från själva berget via sprickor som kan ha uppstått i samband med sprängningen. Förhållandet är i princip detsamma vid lera. En slät homogen leryta - liten mängd radon. Torrskorpelera med många sprickor - mera radon är tillgängligt.

Den andra faktorn är hustyp och grundläggningssätt. Följande är därvid väsentligt:

- a) Ju mindre markkontakt huset har desto mindre risk för inträngning av radonhaltig jordluft. Ett hus byggt på pelare eller plintar och med fri luftpassage under huset är den radonsäkraste hustypen. Kontrollera dock att jordluft inte kan sugas in i huset via en eventuell samlingsstromma för ledningar.
- b) Hus på kryprumsgrund är den ur radonsynpunkt näst bästa hustypen. I kryprummet kan markradonet kontrolleras genom tätskikt på marken och med kontrollerad ventilation som ger undertryck i kryprummet i förhållande till ovanförvarande rum.
- c) Undvik att bygga med källarvåning där risken för inträngande markradon är stor t ex vid högradonmark.
- d) Undvik defekter i grundkonstruktionen, bygg så att sprickfrihet så långt möjligt erhålls. Utför betongplattan med största möjliga lufttätethet.
- e) Bygg så att ojämna sättningar om möjligt ej uppkommer.
- f) Ju mindre undertryck i huset desto mindre risk för inläckning av markradon. Välj helst balanserad ventilation.
- g) Se till att luftomsättningen i huset är god och att erforderlig mängd tilluft tas in ovan mark antingen genom mekanisk tilluftssystem eller genom tillräckligt antal tilluftsventiler som skall hållas öppna.

I rapport 59 föreslås vidare att vid nybyggnad på högradonmark skall huset utföras radonsäkert d v s sådana åtgärder skall vidtagas att radondotterhalten inomhus vid normal ventilation inte kommer att överskrida tillåten gräns enligt nybyggnadskravet. På normalradonmark skall byggnaden ges ett radonskyddande utförande, medan man på lågradonmark kan bygga på traditionellt sätt.

Hur skall man då bygga för att det skall bli ett radonsäkert respektive radonskyddande utförande? Tyvärr går det inte att göra någon strikt uppdelning av hustyp-grundläggningssätt-utfö-

rande i de olika klasserna, eftersom det finns faktorer som man inte i förväg kan beräkna eller bedöma med i bilden. Ett på papperet radonsäkert utförande kan spolieras genom att t ex en ursparing eller rörgenomföring ej görs tät, medan ett omsorgsfullt utfört arbete vid traditionellt byggande kan ge ett mycket gott resultat. Det torde vara en bättre lösning sedd ur ekonomisk synvinkel att göra en måttlig anpassning till radonkravet vid projekteringen och förbereda för en kompletterande åtgärd att tillgripa om det skulle visa sig vara erforderligt att sänka radonhalter i det nybyggda huset. Men det är uppenbart att olika lösningar har olika förutsättningar att lyckas. De nedan beskrivna grundläggnings- och byggnadssätten är alla sådana att de kan ge ett radonsäkert utförande. I de fall där säkerheten ligger i ett enda tätskikt måste man dock vara medveten om att resultatet kanske inte blir så bra som man hoppats på, eftersom en otäthet så lätt kan uppstå under husets uppförande eller genom rörelser i husstommen eller installationerna i ett senare skede.

6.2 Plintgrundläggning

Radon som avgår från markytan "i det fria" spås snabbt ut av atmosfärisk luft och radonhalten i luften blir därför mycket låg. Placerar man ett hus på plintar ovan markytan på sådant sätt att luften får fri passage under detsamma bör således markradonets inverkan på inomhusluften vara minimal. Detta gäller dock under förutsättning att

- radonhaltig jordluft inte kan sugas in i huset via någon trumma för ledningar.
- luftväxlingen under huset inte hindras av snö vintertid.
- huset i framtiden ej förses med socklar på sådant sätt att luftväxlingen kraftigt försämras.

6.3 Kryprumsgrundläggning

I projektet "Markens inverkan på radonhalt och gammastrålning inomhus" (Andersson, Clavensjö, Åkerblom 1983) har radonmätningar utförts i ca 250 hus. Den hustyp som därvid uppvisade de genomgående lägsta radonhalterna inomhus var hus byggda på konventionellt sätt på kryprumsgrund. Fyra äldre hus med s k torpargrund hade däremot samtliga höga radonhalter, vilket sannolikt orsakas av betydligt sämre täthet i bottenbjälklaget beroende på ombyggnader, håltagningar för rördragningar m m samt på dålig ventilation mellan mark och bottenbjälklag. Även i andra undersökningar förekommer enstaka hus med kryprumsgrund med relativt höga radonhalter inomhus. Det går därför inte att generellt säga att denna hustyp är ett radonsäkert byggnadssätt vid konventionellt byggande, men ägnas tätheten hos bottenbjälklaget litet speciell uppmärksamhet kommer detta troligen att vara tillräckligt för att radonhalter inomhus skall vara under gällande nybyggnadsvärde. Detta bör framför allt vara fallet vid byggenskap på normalradonmark men även i många fall på högradonmark. Den stora fördelen med denna hustyp är annars att, om det konventionella utförandet med eventuell smärre

anpassning till radonrisken i det enskilda fallet inte ger godtagbar radonhalterhalt inomhus, kompletterande åtgärder relativt enkelt kan utföras i kryprummet.

Hus grundlagda på kryprum behandlas i kapitel 5, som även gäller blivande bebyggelse.

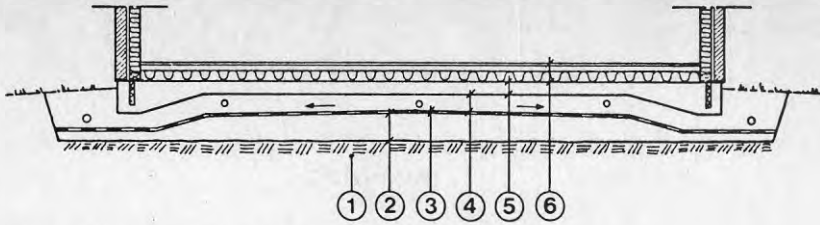
6.4 Källargolv, golv på mark

Vid grundläggning med kantförstyvad betongplatta på mark kan markradonet hindras att tränga in i huset genom att ett radonstoppande skikt läggs in någonstans i konstruktionen, figur 6.1. Det får dock inte placeras så att fuktproblem uppstår, se kapitel 4.2.3, eller så att jordluft i någon större mängd kan förflyttas runt tätskiktets kanter och in under huset. Det bör därför dragas ut utanför husliv om det placeras i mark.

Även betongplattan i sig kan utgöra det radonstoppande skiktet, om man lyckas få den fri från genomgående sprickor och andra otätheter t ex vid rör genomföringar. Det är konstruktionens lufttäthet mot marken som har den avgörande betydelsen för radonotterkoncentrationen inomhus, eftersom markradonet i huvudsak sugns in i huset tillsammans med markluft. För dimensionering av betongplattan se kapitel 6.6. Vid plattans utförande måste man för att få den så lufttät som möjligt vara observant på bl a hur golvbrunnar och rör pallas under och gjuts in samt att ursparingar gjuts igen omsorgsfullt. Använd gärna vid lagningar bruk som inte krymper.

Ett vanligt utförande av platta på mark är att den förses med kantisolering av lättklinkerelement, som motgjuts på ungefär halva höjden. På dessa elements luftgenomsläpplighet bör särskild uppmärksamhet ägnas åt att täta till den luftväg som kan finnas från marken innanför och under elementen. Ett förslag till en sådan tätning visas i figur 6.3. Denna högre motgjutning försämrar dock värmeisoleringen något, vilket kan kompenseras med markisolering enligt punkt 6 figur 6.4.

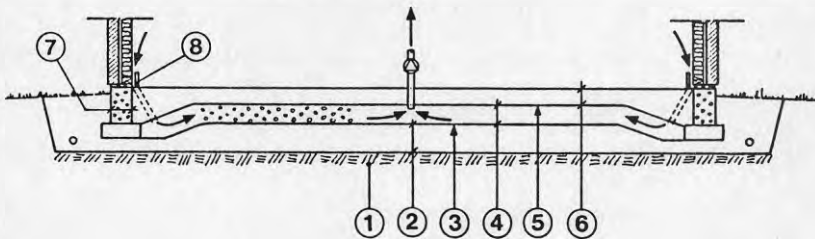
Det är fördelaktigt om tätheten mot marken kan erhållas i själva konstruktionen utan att man behöver lita på mekaniska arrangemang. En fläkt kan ju gå sönder och är då dess uppgift att suga luft från marken kanske ingen märker driftstoppet förrän lång tid efteråt. En förstärkt betongplatta eller ett separat tätskikt innebär ökade byggnadskostnader, men kan ändå inte ge ett hundra procentigt skydd, varför det kan vara befogat att som alternativ eller som komplement lägga in några strängar av perforerad plast (dräneringsslangar) i det kapillärbrytande skiktet. Slangarnas ena ände förses med ett tätslutande lock. Den andra änden ansluts till ett rör slangarna gemensamt rör som så centralt i huset som möjligt drages upp över yttertak. Vid flerbostadshus bör flera vertikala rör anbringas. Det kan möjligen vara tillräckligt med det självdrag som erhålls genom skorstensverkan i rören för att insugning av radonhaltig jordluft in i huset skall hindras, men man bör förbereda för en senare fläktinstallation genom att dra fram elledning till vindsutrymmet i samband med husets uppförande. Alternativt kan ventilations slangarna dragas ihop till en punkt under betongplattan och där proppas för att senare vid eventuellt behov



Figur 6.1 Golv på mark.

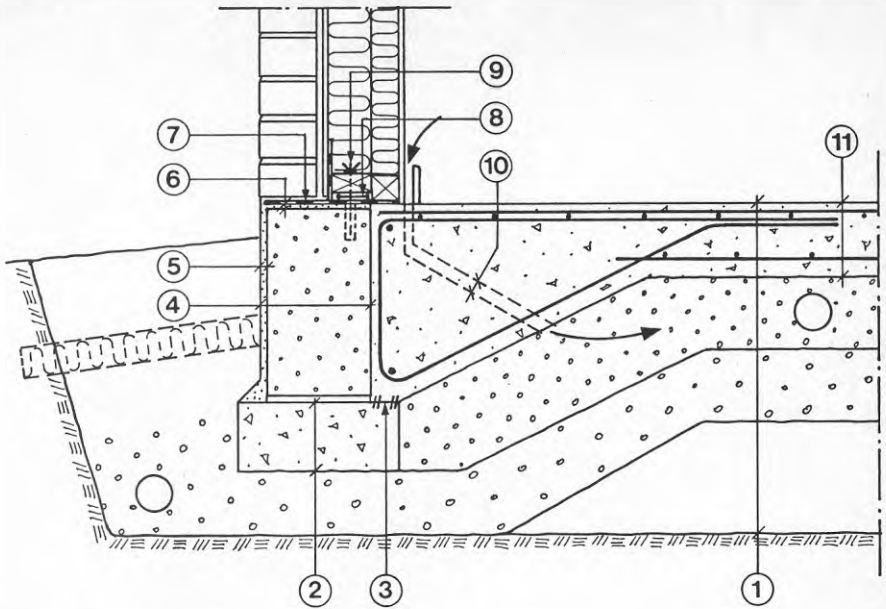
- ① Radonavgivande undergrund.
- ② Eventuell uppfyllnad som packas.
- ③ Radonstoppande tätskikt, t ex asfalt, gummi-asfalt, asfalt-matta med aluminiumfolie. Tätskiktet ges en lutning för att klara vattenavrinning. Eventuellt behövs skyddsskikt över och under tätskiktet t ex av YAM 1200/50.
- ④ Luftningsbart dränerande och kapillärbrytande skikt med ilagda dräneringsslangar, vilka förberetts för anslutning till frånluftsfläkt. Vid sugning av markluft måste man vara observant på nedkylnings- och tjälproblem. Avstängning med markskiva enligt figur 6.11 kan vara lämpligt. Eventuellt förberedes med stosar för att föra ned rums-luften i dräneringslagret.
- ⑤ Betongplatta i vanligt utförande.
- ⑥ Värmeisolering över betongplatta.

Lösningen kan naturligtvis även utföras med värmeisolering under betongplattan.



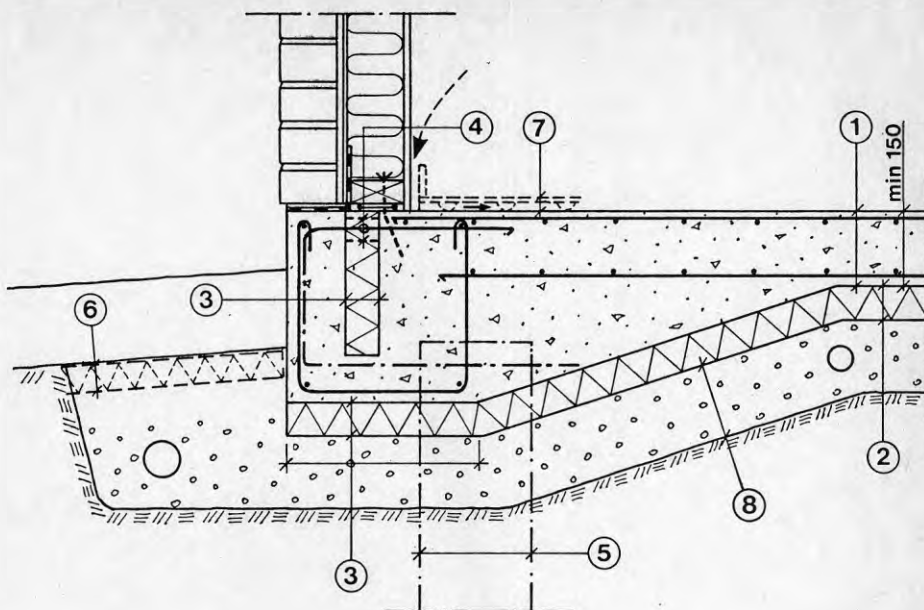
Figur 6.2 Grundplatta med värmeisolering av lättklinker och med tät betongplatta.

- ① Radonavgivande undergrund.
- ② Dränerings- och kapillärbrytande skikt.
- ③ Fiberduk.
- ④ Lättklinker, som ventileras så att kryprumsgrundsfunktion erhålls, d v s med rumsluft, som sugts ned så att undertyck erhålls i "lådan". Det är lämpligt att avstänga med markskiva enligt figur 6.4.
- ⑤ Fiberduk som ytstabilisering.
- ⑥ Betongplatta i radontätt utförande enligt kapitel 6.6.
- ⑦ Grundelement av lättklinker. Se figur 6.3.
- ⑧ Radontätning enligt figur 6.3.



Figur 6.3 Golv på mark med underliggande värmeisolering.

- ① Enligt figur 6.2.
- ② Sula till grundelementet. Tätheten skall vara lika betongplattan.
- ③ Gjutskarven mellan sulan och plattan utförs noggrant.
- ④ Grundelement av lättklinker.
- ⑤ Vindtätande puts.
- ⑥ Cementbruk med brädriven yta.
- ⑦ Asfaltmatta YAGv 4500/90-AL₂ som helklistras med varm-asfalt OA 85/25 minst 1 kg/m².
- ⑧ Syllist av gummi t ex Rockwool S-list.
- ⑨ Expanderskruv. Erforderligt c/c med hänsyn till lyftkraften, dock max 1 m. Skruven förses med gummikrage, som trängs på och placeras mot asfaltmattan.
- ⑩ Plåtstos med erforderlig area och c/c. Får ej gjutas in eller hållas öppna om det finns risk att jordluft kan komma in i huset genom dessa.
- ⑪ Radonsäker betongplatta enligt kapitel 6.6.



Figur 6.4 Golv på mark med underliggande värmeisolering.

- ① Betongplatta i radonsäkert utförande enligt kapitel 6.6. Stålglättad yta. Vid alternativ med värtförsedd polyetenskiva på översidan eller annat radontätande ytskikt kan naturligtvis plattan utföras med vanlig tjocklek och armering.
- ② Isolering av mineralullsskivor eller cellplast, typgodkända för ändamålet.
- ③ Cellplast.
- ④ B-järn \varnothing 6 KS 40 c/c 1000. Ingjutes \varnothing 50 i cellplasten.
- ⑤ Eventuellt påle, i så fall armering enligt streckprickad linje.
- ⑥ Isolering vid hörn enligt SBN 1980 kapitel 33:52.
- ⑦ Alternativt värtförsedd polyetenskiva, som "ventileras" på undersidan, eller asfaltmatta med aluminiumfolie.
- ⑧ Luftningsbart dräneringsskikt, förberett med dränerings-slangar av plast.

kompletteras med förbindelsen upp genom huset. I kapitel 4.3.3 behandlas en liknande åtgärd för att sänka lufttrycket under befintliga hus. De varningar för tjälskjutning, kalla golv m m som där utfärdas gäller givetvis även vid nybyggnad, men genom utläggning av dräneringsslangar kan undertrycket mycket lättare fördelas ut under betongplattan och sugkraften i det vertikala röret därför hållas lägre. Riskerna blir därmed mindre och kan så gott som elimineras genom förstärkning av värmeisoleringen t ex genom markisolering enligt figur 6.4.

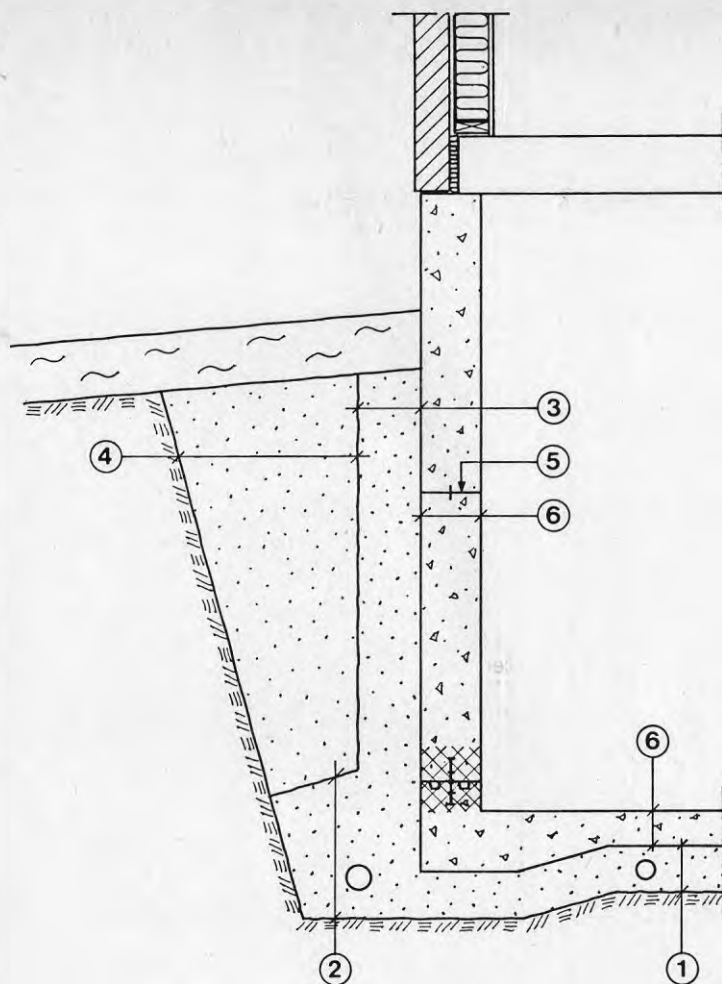
I några figurer visas plåtstosar, t ex punkt 10 i figur 6.3, mellan golvsockel i rum och mark. Deras uppgift är att föra ner luft från rummet till det kapillärbrytande skiktet för att ersätta den luft som sugs upp från detta skikt. Detta arrangemang ger varmare golv och eliminerar ovannämnda risker, men förutsätter att luften i stosarna verkligen rör sig i riktning mot marken. I annat fall kan markradon strömma in i huset genom dessa. Möjligen skulle de kunna förses med någon form av backventil som förhindrar luftrörelser i oönskad riktning.

Ett alternativ till tätskikt och lufttrycksändrande anordningar visas i figur 6.4. En vårtförsedd polyetenskiva av beständig kvalitet placeras på betongplattan och täcks med spånskiva. Den luftspalt som därvid erhålls kan gå obruten över hela bostaden genom att mellanväggar placeras ovanpå polyetenskivan. För lastöverföring från dessa fylls berörda vårtor med lämpligt spackelbruk. Luftspalten förbinds med husets frånluftssystem eller med en separat fläkt. Tilluft kommer från rummet genom ventilationsspringor vid golvsocklar. Avsikten med denna luftspalt är att radonhaltig jordluft, som kommer in genom otätheter i betongplattan, skall sugas ut ur huset innan den hinner blanda sig med rumsluften.

6.5 Källarväggar

Vid högradonmark är det ur radonsynpunkt fördelaktigast att bygga hus utan källarvåning p g a de svårigheter det kan vara med att få en sådan våning tät mot inläckande markradon. Det kan emellertid ändå finnas önskemål om en sådan våning i småhus och i suterränghus blir det nödvändigt att bygga väggar under mark. I figurerna 6.5-6.10 visas därför några olika lösningar på sådana väggar. Prefabricerade betongelement enligt figur 6.7 tillverkas på fabrik och har sådan kvalitet att de kan förutsättas vara radontäta. Fogarna mellan elementen och mellan element och betongplatta måste dock göras täta.

Traditionella, murade källarytterväggar bör vara tillfyllest på normalradonmark under förutsättning att de förses med en tät vattenisolering på utsidan, se även figur 6.10. Det är givetvis viktigt att väggen och grunden till denna utförs på sådant sätt att det i väggen inte uppstår sprickor som bryter igenom tätskiktet.



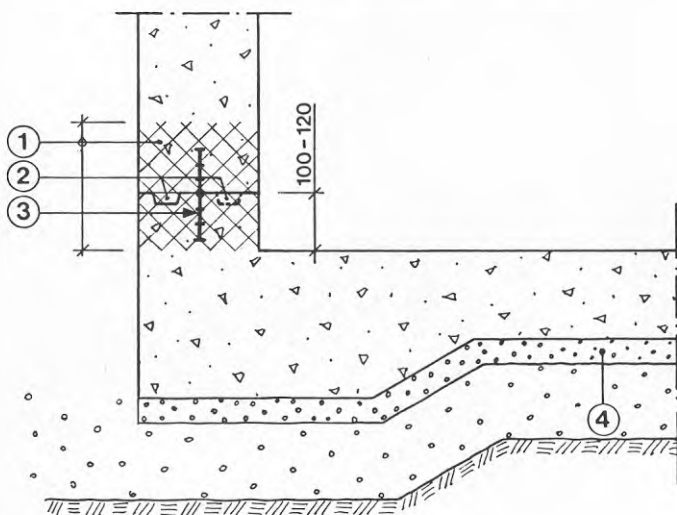
Figur 6.5 Källaryttervägg av platsgjuten betong.

- ① Dränerande och kapillärbrytande skikt enligt SBN 1980 kapitel 32:222 b-d.
- ② Dräneringsledningar och återfyllning enligt SBN 1980 kapitel 32:223.
- ③ Återfyllning enligt SBN 1980 kapitel 32:222 a.
- ④ Återfyllning med friktionsmaterial. Här förutsätts, att radiumindex är mindre än 1 för allt återfyllnads- och dräneringsmaterial.

- ⑤ Formstag bör vara kvarsittande och försedda med påsvetsade tätflänsar. Ilagningar skall utföras omsorgsfullt med Sikabruk eller likvärdigt. Rör genomgångar skall också vara försedda med tätflänsar. När det gäller rör- och elinstallationer bör man använda sig av de lösningar, som finns för skyddsrum i Tekniska bestämmelser för skyddsrum (TB 78)
- . ingjutna rör se ex 3:55.
 - . ventilationsinstallationer se 4:1.
 - . rörinstallationer se 4:2.
 - . elinstallationer se 4:4.

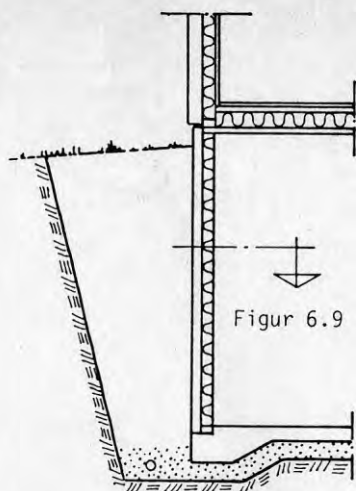
Exempelvis kan kabelgenomföring utföras enligt figur 4:43, TB 78.

- ⑥ Väggar och plattor bör utföras, beträffande sprickarmering, betongkvalitet m m enligt kapitel 6.6.

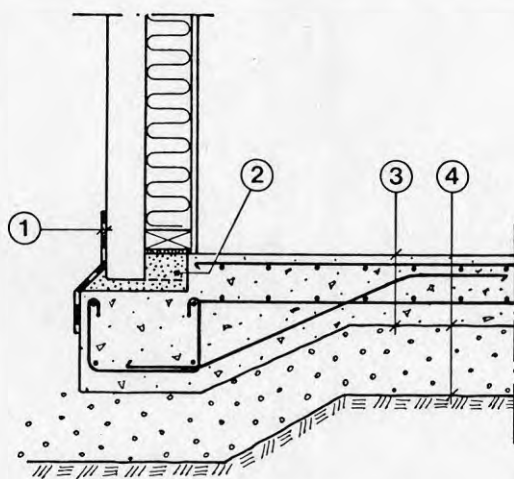


Figur 6.6 Detalj av gjutfog.

- ① Denna del gjuts med betong med ballast av ärtsingel.
- ② Förtagningar med lister $l = 1 \text{ m c/c } 2 \text{ m}$ placeras så, att de saxar varandra.
- ③ Typgodkänt fogband av plast med svetsade skarvar monteras enligt fabrikantens anvisningar.
- ④ Eventuellt arbetsdäck av betong.

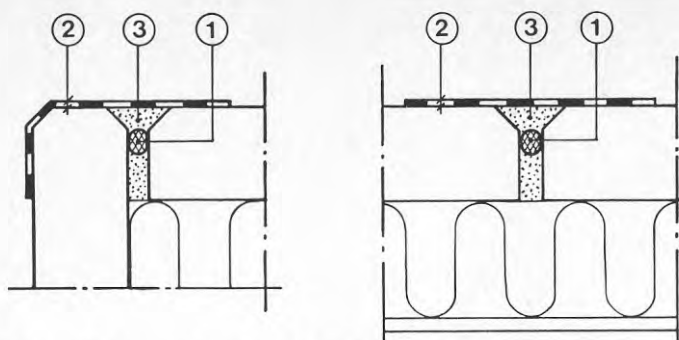


Figur 6.7 Källaryttervägg av prefabricerade betongelement.



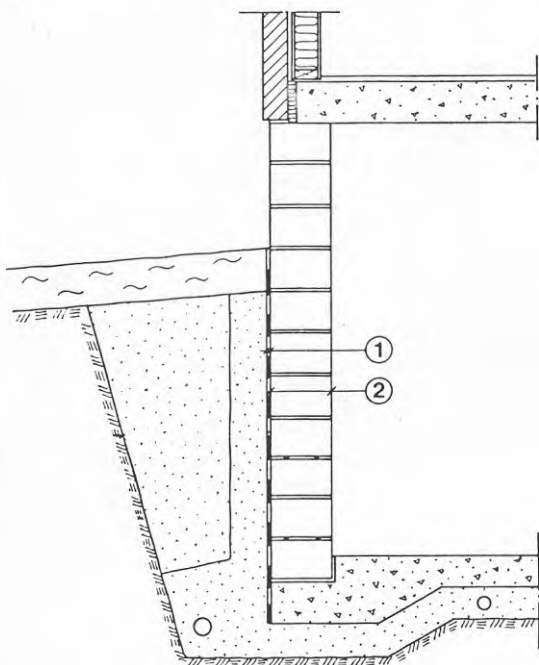
Figur 6.8 Detalj väggelement - källargolv.

- ① Asfaltmatta med aluminiumfolie t ex YAJv 4500/290-0.08 AL, som klistras över skarven.
- ② Cementbruk, som är vattentät med tillsats av Sika eller likvärdigt.
- ③ Radonsäker platta, enligt kapitel 6.6.
- ④ Luftningsbart dränerings- och kapillärbrytande skikt.



Figur 6.9 Fogar mellan betongelement.

- ① Bottningslist av gummi enligt L7 Hus AMA 72.
- ② Asfaltmatta enligt figur 6.8.
- ③ Cementbruk enligt figur 6.8.



Figur 6.10 Utvändigt tätning av murad källaryttvägg.

- ① Radontätning med material och metoder angivna i kapitel 4.2.4.
- ② Murverk av betonghålsten, lättklinkerblock eller lättbetongblock. Murning och armering enligt fabrikantens föreskrifter.

6.6 Förslag till minsta tjocklek och armering för radon-säker betong

Radon från marken transporteras in i huset genom

- diffusion genom materialet i de byggnadsdelar som ansluter mot mark (källargolv, -väggar, platta på mark, bjälklag)
- diffusion genom sprickor och andra otätheter i dessa byggnadsdelar
- konvektion genom sprickor och andra otätheter

Diffusionen genom en betongplatta av normal kvalitet är mycket liten och saknar i allmänhet betydelse för radonhalterhalten inomhus. Genom en 15 cm tjock betongplatta diffunderas till exempel vid en radonhalt i jordluften på 500 000 Bq/m³ och i inomhusluften 100 Bq/m³ så mycket radon att bidraget till radonhalten inomhus blir i storleksordningen 15-20 Bq/m³ vid 0.5 luftomsättningar per timme i rummet. För att få motsvarande bidrag till inomhusluften genom konvektion krävs att 15-20 liter jordluft med radonhalten 500 000 Bq/m³ sugs in per timme i ett normalstort rum. Därav följer att betongplattans och övriga byggnadsdelars lufttäthet är av helt avgörande betydelse för radontransporten från marken. Först och främst måste genomgående sprickor undvikas. Risken för sådana sprickor blir mindre om sättningsdifferenserna kan minskas.

Beroende på om man bygger på sättningsfri eller sättningsbenägen mark, om man har kompensationsgrundläggning eller om lasten förs ned till fast botten med pålar eller plintar, kan olika synpunkter läggas på undergrund och betongkonstruktion.

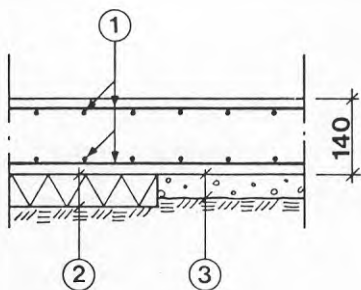
- a) Sättningsfri undergrund. Här måste naturligtvis alla uppfyllnader uppfylla graderings- och packningskrav enligt Svensk Byggnorm (SBN 1980) kapitel 23 eller Mark AMA 72 kapitel C. Betongplattan kan utföras med de tjocklekar och den armering som föreslås i det följande.
- b) Vid sättningsbenägen mark måste samspelet mellan undergrund och betongkonstruktion beaktas ur statisk synpunkt. Med sikte på radontäthet bör konstruktionerna utföras relativt styva men naturligtvis med ekonomiskt rimliga dimensioner och så att sprickvidden hålls nere, allt för att undvika genomgående sprickor. En armering som ger en sprickbredd på 0.15-0.20 mm bör vara rimlig i sammanhanget. Betongplattan utförs med minst de tjocklekar och armering, som anges i det följande. Vid dimensionering enligt BBK 79 kan detta avspeglats sig genom val av särskilda partialkoefficienter för betong och armering. Beaktas grundtrycksfördelning enl SBN 1980 kapitel 23:262 kan platttjocklekar erhållas som överskrider här rekommenderade minimivärden.
- c) Vid plintgrundläggning eller pålning blir betongplattan fribärande. Här gäller samma synpunkter som under b), d v s betongbestämmelsernas deformationskrav måste uppfyllas med hänsyn till täthetskraven.

Betongplattan skall utföras så lufttät som möjligt, d v s man förfar i princip på samma sätt som vid gjutning av vattentät betong. Se kapitel 8:12.3 "Permeabilitet för luft" Betonghandbok. Material. I detta finns en tabell på luftgenomsläpplighet hos 120 mm tjocka väggar. Värdena avser homogen, osprucken betong. En genomgående spricka ändrar radikalt förhållandet. Om en spricka ökar från 0.1 till 1 mm ökar luftgenomgången 1000 gr. Det är alltså viktigt att begränsa sprickvidden.

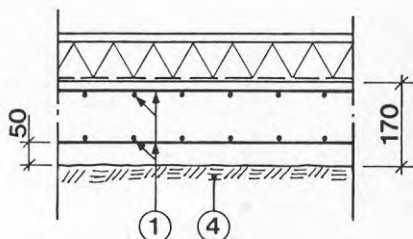
Följande angivna plattjocklekar och armeringar kan ses som ett förslag till minimikrav. Naturligtvis skall hänsyn tagas till undergrundens jordart och dess elasticitetsmodul som vid dimensioneringen kan ge andra, större värden.

En lämplig tjocklek ur ekonomisk synpunkt bör vara 140 mm vid gjutning mot markskivor eller arbetsdäck och 170 mm vid gjutning mot mark.

Täckskikt mot mark skall vara min 50 mm vid gjutning mot mark och i övrigt 20 mm i underkant samt 15 mm i överkant betongplatta.



Figur 6.11 Betongplatta gjuten mot markskivor eller arbetsdäck.



Figur 6.12 Betongplatta gjuten mot mark.

- ① Rutarmering Nps 50 ϕ 6 c 100 eller Ks 40 ϕ 8 c 150.
- ② Mineralullsskiva.
- ③ Arbetsdäck.
- ④ Undergrund eller uppfyllnad.

Betongens vibrering är synnerligen viktig. Användning av vibrobrygga har den fördelen att betongen blir jämnt vibrerad över hela ytan. Med vibrostav måste man vara noggrann så att hela plattan bearbetas.

Vakuumbehandling av betongen ger ökad täthet. Lämplig ballast och kraftig sugning kan ge en extra komprimering upp till 4 % av betongvolymen. Betongens hållfasthet omedelbart efter behandlingen gör att man kan färdigbehandla ytan snabbare.

Membranhårdning är också en metod som höjer kvaliteten. Särskild omsorg skall alltså nedläggas på betongmassans sammansättning och gjutegenskaper, betongens gjutning, bearbetning och efterbehandling för att erhålla en tät (vattentät) betong.

Betongen skall utföras med standardcement och ha minst hållfastheten K 30 MPa och vara vattentät.

Är det fråga om ett enskiktsgolv med synlig yta bör hållfasthetsklassen vara K 40 Mpa enligt E3.522 Hus AMA 72.

Utförandeklassen bör minst vara klass II och helst klass I. Tar man hänsyn till svårighetsgraden är det här alltid fråga om klass I-gjutning.

6.7 Ventilation

För ventilationens anordnande i den planerade byggnaden finns det bestämmelser i bl a kapitel 36 i SBN 1980. Ur radonsynpunkt är det viktigt att ventilationssystemet skapar ett så litet undertryck som möjligt inomhus, om bostaden har markkontakt, eftersom radonhaltig jordluft sugas in i proportion till undertryckets storlek (lufttryck inomhus i förhållande till lufttryck i mark). Ett övertryck inomhus torde t o m eliminera denna risk helt och hållet. Det finns dock andra risker (fukt) med övertryck, varför det måste avrådas från detta.

Ett väl fungerande ventilationssystem med tillräckligt stort tilluftsflöde antingen genom springventiler eller, vilket är att föredraga, genom mekanisk inblåsning är en första förutsättning för en låg radonhalterhalt inomhus. Att på högradon- och normalradonmark endast lita till ventilationen är emellertid inte rekommendabelt, eftersom man alltid bör hålla ett litet undertryck inomhus och även den bästa inbalansering av ett nytt FT-system förändras med tiden.

Ventilationstekniska åtgärder har behandlats på ett flertal ställen i denna publikation, se därför beträffande ventilationstekniska åtgärder inomhus kapitel 4.3, luftspalter i bjälklag kapitel 6.4, lufttryckssänkande åtgärder i mark under byggnad kapitel 4.3.3 och 6.4 samt ventilation av kryprumsgrunder kapitel 5.

LITTERATUR

- Andersson, P, Clavensjö, B och Åkerblom, G, 1983: Radon i bostäder. Markens inverkan på radonhalt och gammastrålning inomhus. Statens råd för byggnadsforskning. Rapport R9:1983. Stockholm. ISBN 91-540-3866-9.
- Bergström, B och Clavensjö, B, 1982: Radon i bostäder. Metod för beräkning av radonhalter i bostäder. Statens råd för byggnadsforskning. Rapport R88:1982. Stockholm. ISBN 91-540-3754-9.
- Bjerkning, S-E, 1975: Småhusgrundläggning. Val av grundläggningsmetod. Statens råd för byggnadsforskning. Rapport R39:1975. Stockholm. ISBN 91-540-2462-5.
- Clavensjö, B m fl, 1982: Radon i bostäder. Byggnadstekniska åtgärder för att minska radonhalten i inomhusluft. Statens råd för byggnadsforskning. Rapport R28:1982. Stockholm. ISBN 91-540-3658-5.
- Ericson, S-O, 1981: Radon i bostäder - litteraturstudie och förslag till forskningsinsatser. Statens råd för byggnadsforskning. Rapport R128:1981. Stockholm. ISBN 91-540-3593-7.
- Erikson, B E m fl, 1983: Markradon i småhus. Undersökningar och förslag till åtgärder. Statens institut för byggnadsforskning. Meddelande M83:1. Gävle. ISBN 91-540-9149-7.
- Fagerlund, G, 1980: Golv på mark utan fuktskador. BPA Byggproduktion AB - Svenska Riksbyggen. Handling nr 32. Stockholm.
- Hedberg, T m fl, 1982: Sätt att minska radonhalt i dricksvatten. Chalmers tekniska högskola. Publikation 2:82. Göteborg.
- Nevander, L E och Elmarsson, B, 1981: Fukthandbok - Teori, Dimensionering, Konstruktion. Svensk Byggtjänst. Stockholm. ISBN 91-7332-158-3.
- Nilsson, I och Hildingson, O, 1982: Radonhus. Exempel på åtgärder. Statens provningsanstalt. Teknisk Rapport SP-RAPP 1982:37. Borås. ISSN 0280-2503.
- Pettersson, H m fl, 1982: Radonexhalation från byggnadsmaterial. Statens provningsanstalt och Lunds Universitet. Teknisk Rapport SP-RAPP 1982:32. Borås. ISSN 0280-2503.
- BBK 79. Bestämmelser för betongkonstruktioner. Band 1. Konstruktion. Statens Betongkommitté. Stockholm. ISBN 91-7332-046-3.
- Betonghandbok. Arbetsutförande, 1980. AB Svensk Byggtjänst. Stockholm. ISBN 91-7332-059-5.
- Betonghandbok. Material, 1980. AB Svensk Byggtjänst. Stockholm. ISBN 91-7332-060-9.

Hus AMA 72. Allmän material- och arbetsbeskrivning för husbyggnadsarbeten, 1974. Byggandets samordning. Stockholm. ISBN 91-85008-23-0.

Mark AMA 72. Allmän material- och arbetsbeskrivning för markarbeten, 1972. Byggandets samordning. Stockholm. ISBN 91-85008-21-4.

Svensk byggnorm 1980. Statens planverk. PFS 1980-1. Stockholm.

Kommentarer till Svensk byggnorm, kommentarsamling 1981. Statens planverk. Stockholm.

Strålning i byggnader, 1981. Statens planverk. Rapport 54. Stockholm.

Radon - planläggning, byggnadslov och skyddsåtgärder. 1982. Statens planverk. Rapport 59. Stockholm.

Tekniska bestämmelser för skyddsrum, TB 78, 1978. Civilförsvarsstyrelsen. CFS 1978:2 A1. Stockholm.

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
810559-8 från Statens råd för byggnadsforskning
till Bjerking's Ingenjörbyrå AB, Uppsala.**

R90: 1984

ISBN 91-540-4178-3

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6704090

**Abonnemangsgrupp:
W. Installationer**

**Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 7853
103 99 Stockholm**

Cirka pris: 35 kr exkl moms