

**STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT****RADONAVGÅNG FRÅN MARK**

Internt projekt
SGI Dnr 1-150/79

Linköping 1980-03-06, Reviderad 1980-04-09
Projektansvarig: Per Ahlberg
Handläggare: Alf Lindmark, Bengt Rosén

RADONAVGÅNG FRÅN MARK

1 BAKGRUND TILL PROJEKTET

I en undersökning, som Statens strålskyddsinstitut presenterade i januari -79, har man påvisat höga halter av radon och radondöttrar i hus byggda på avfall från hantering av alunskiffer. I och med att radonfaran åter aktualiserats har det i debatten förekommit krav på mätningar av markens radonpotential vid nybyggnation.

En geoteknisk undersökning bör ta hänsyn till alla faktorer, som kan påverka bebyggelsens placering och grundläggning. För att kunna följa med i radondebatten och eventuellt övervaka framtida bestämmelser för mätning av radon från mark, har Statens geotekniska institut (SGI) utfört denna internt finansierade förstudie. Projektet, som har skett i samarbete med Lennart Malmqvist, Boliden Metall AB, Gilbert Jönsson och Krister Kristiansson, fysiska institutionen, Lund, omfattar följande rubriker:

- Genomgång av litteratur på området.
- Inventering av metoder för radonmätning. Grov bedömning av dessa metoders användbarhet vid markmätningar.
- Mätning av gammastrålning och registrering av radondotterhalten med Kodaks film. Försöken gjordes på ett alunskifferområde, som överlagras av kalksten.
- Mätning av gammastrålning och registrering av radondotterhalten med Track Etch:s film. Dessa mätningar var förlagda till ett område med alunskifferutgående.
- Slutsatser.
- Förslag till framtida undersökningar.

2 LITTERATURGENOMGÅNG

Inriktningen har varit att inhämta tillräckligt med kunskap för att kunna delta i radondebatten. Litteraturgenomgången gör däremot inte anspråk på att vara en fullständig inventering av vad som publicerats inom detta fält.

Det är uppenbart att kunskap och erfarenhet saknas beträffande markmätningar av radon.

Bilaga 1 upptar svenska och utländska publikationer, som har anknytning till radonfrågor.

3 METODER FÖR MÄTNING AV RADONAVGÅNG FRÅN MARK

3.1 Klassificering av mätmetoder

Allmänt gäller att det vid mätningar och registreringar finns en hel rad med olika mätförfaranden. Vad som skiljer mätmetoderna åt är oftast pris, tidsåtgång (pris), tillförlitlighet och informationsvärde. Vår strävan har varit att hitta en billig mätmetod, som ger tillräckligt med information för att bedöma erforderliga åtgärder vid grundläggning av bostadshus. Litteraturstudier och erfarenheter från bl a egna mätningar i fält har legat till grund för denna översiktliga klassificering av mätmetoder.

3.2 Metoder för bedömning av radonavgång från mark

Vid en bedömning av ett markområdes radonpotential kan man använda sig av indirekta radonmätningar eller direkta metoder för radonmängdsuppskattning. Indirekta mätförfaranden ger underlag för att bedöma om det finns förutsättningar för en onormalt hög radonproduktion i berggrunden eller i jordarterna. De direkta mätmetoderna mäter på ett mer eller mindre noggrant sätt den mängd radon och radondöttrar som finns i

marken.

3.2.1 Indirekta mätmetoder

Indirekta metoder kan bara visa förutsättningar för radonanomalier, såsom

- geologisk-geoteknisk bedömning
- gammastrålningsmätning.

GEOLOGISK-GEOTEKNISK BEDÖMNING

Områden med radioaktiva graniter och alunskiffer är till stor del kända liksom transportriktningar för istidsproducerade jordarter. Geologiska berg- och jordartskartor samt geotekniska undersökningar är utgångsmaterialet vid denna typ av bedömning. Genom att studera detta material kan man i stora drag bedöma förutsättningarna för lokalt producerat radon.

FÖRDELAR: En snabb och billig metod, som kan täcka relativt stora markområden.

NACKDELAR: Osäkerheterna i bedömningarna är relativt stora. Många faktorer, som kan påverka markens radonmängd, förbises lätt vid denna typ av bedömning.

SLUTSATS: Metoden kan bara användas vid mycket översiktliga bedömningar och då främst för att i ett första skede styra mera detaljerade undersökningar.

GAMMASTRÅLNINGSMÄTNING

Ämnen som uran, thorium och kalium förekommer i våra berg- och jordarter i varierande mängd. Det är dessa ämnen som huvudsakligen står för de gammastrålningsanomalier, som uppmätts på skilda platser i vårt land. Berg- och jordarter, som producerar radon, uppvisar i många fall en förhöjd gammastrålningsnivå.

Mätningarna utförs med handinstrument på markytan eller på planerat grundläggningsdjup. Gammastrålning

mäts också från lågt flygande flygplan, främst ur prospekteringssyfte.

FÖRDELAR: Vid okomplicerade berg- och jordartsförhållanden är det en snabb och relativt billig metod.

NACKDELAR: Gammastrålningsmätningen är bara representativ för de allra översta jordlagret. Några decimeter jord eller berg räcker för att dämpa i stort sett all gammastrålning. Radonet däremot kan transporteras i genomsläppliga berg- och jordarter. Ett lågt gammastrålningsvärde på markytan eller på grundläggningdjupet är därför ingen garanti för ett lågt radonvärde. Teoretiskt sett kan gammastrålningsmätningen vara missvisande också i andra avseenden. Om thorium står för den förhöjda gammanivån behöver man för den skull inte befara en högre radonmängd. Detta kommer sig av att det thoriumproducerade radonet Rn^{220} har mycket kort halveringstid.

SLUTSATS: Användningsområdet för gammastrålningsmätning kan jämföras med geologisk-geoteknisk bedömning. Ett sätt att undvika feltolkningar vid gammamätningar kan vara att alltid låta geologisk-geoteknisk kunnig personal granska mätplanen.

3.2.2 Direkta mätmetoder

Direkta mätförfaranden gör anspråk på att mäta markens radonavgång, såsom

- scintillationsdetektorer
- jonisationskammare
- alfakänslig film
- halvledardetektorer
- termoluminiscensdosimetrar.

SCINTILLATIONSDETEKTOR

Luft, som sugts från ett borrhål i marken, får passera ett fluorescerande ämne. Absorberade alfapartiklar

avger strålningens energi, som i sin tur återsänds i form av ljus eller ultraviolett strålning. Dessa ljuspulser omvandlas i en fotomultiplikator till en mätbar laddningsmängd.

FÖRDELAR: Mätresultatet kan avläsas direkt och mät-förfarandet bör bli både billigt och snabbt.

NACKDELAR: Radonavgången från mark varierar starkt bl a beroende på lufttryck, nederbörd, luft- och marktemperatur samt vindförhållanden.

Jordarternas olika permeabilitet inverkar också på mätresultatets tillförlitlighet.

SLUTSATS: Stora fördelar ligger i metodens snabbhet. Vidare skulle denna typ av mätningar relativt lätt kunna anpassas till övriga geotekniska mätmetoder, vilket ytterligare skulle förbilliga radonundersökningarna. Det är emellertid tveksamt om momentanmätningar är lämpliga med tanke på variationerna i radonavgången.

JONISATIONSKAMMARE

Uppsugen jordluft får passera en jonisationskammare. I kammaren finns två elektroder mellan vilka det ligger en spänning. När en alfapartikel kommer in i kammaren bildas joner, som ger upphov till en mätbar jonström.

Beträffande FÖRDELAR, NACKDELAR och SLUTSATS, se scintillationsdetektorn.

ALFASTRÅLNINGSKÄNSLIG FILM

En plastfilm med ett överdrag av cellulosantrat sitter nedgrävd i marken under ca 4 veckor. Filmen är fastklistrad på insidan av en plastbägare. Alfa-partiklar, som träffar det känsliga överdraget, lämnar ett spår efter sig. Genom att etsa filmen görs dessa

spår synliga i ett vanligt ljusmikroskop. Track Etch är försäljningsnamnet på en typ av film som saluförs.

FÖRDELAR: Den långa exponeringstiden gör att man till stor del undviker mätfel orsakade av korttidsvariationer i radonavgången.

NACKDELAR: Metoden är både tidskrävande och relativt arbetsintensiv, vilket också avspeglar sig i kostnaden för mätningarna.

SLUTSATS: Filmmätning är tillsvidare den tillförlitligaste metoden för radonmängdsmätning i mark. Genom en modifiering av tekniken vid markmätningar skulle viss tidsbesparing kunna göras vid ned- och uppgrävningen av filmerna.

HALVLEDARDETEKTOR

Alfadetekteringen sker med en backspänd pn-diod t ex Si(Li). Elektronhålpår bildas då en alfapartikel absorberas i området mellan p- och n-skiktet. Den bildade laddningen samlas upp över diodens kapacitans och ger upphov till en mätbar spänningspuls.

FÖRDELAR: Avläsning kan ske direkt på ett instrument.

NACKDELAR: Mätperioden måste i vissa fall utsträckas till flera veckor. Vid korttidsregistreringar finns det risk för att samma mätfel uppkommer som vid t ex mätning med jonisationskammare. Apparatkostnaden kan bli stor vid mera omfattande mätningar.

SLUTSATS: Tillhör för dagen inte de intressantaste mätmetoderna för radondetektering.

TERMOLUMINISCENS DOSIMETER (TL-DOSIMETER)

Radondöttrarna, som är positivt laddade, vandrar i ett elektriskt fält mot den negativa polen där en TL-dosimeter sitter. TL-dosimetern detekterar den

gammastrålning som radondöttrarna avger.

Fältdelen av mätutrustningen består av en cylinder med batteri, torkmedel och glasfiber. Radonet diffunderar genom torkmedlet och filtret. På grund av thoronets korta halveringstid hinner detta praktiskt taget sönderfalla helt vid passagen genom filtret. Vid analysen av TL-dosimetrarna behöver man en dyr laboratorieutrustning.

FÖRDELAR: Thoronet avskiljs effektivt. NACKDELAR: Se halvledardetektorn. SLUTSATS: Se halvledardetektorn.

4 FALLSTUDIER

4.1 Försöksområde A

Syfte

Försöket har syftat till att belysa radonavgångens variationer i ett område med likartad berggrund men med skilda förhållanden beträffande de lösa jordlagren. Vidare har försöket syftat till att visa på fall då gamma- och alfastrålningsnivån inte följs åt.

Geologi

Hela området ligger på uppskattningsvis 20 m mäktig kalkstensberggrund, som underlagras närmast av alunskiffer. Morän, ca 1,5 m mäktig, överlagrar kalkstenen och går delvis i dagen. Delar av området är täckt av inhomogena fyllnadsmassor. Huvudsakliga innehållet är kalksten och morän, men även inslag av alunskiffer förekommer, speciellt norr om ett dike. Fyllningens mäktighet varierar och når maximalt ca 4 m.

Mätmetoder

Ett direktvisande instrument, gammameter 2414A, har använts för gammastrålningsmätningar i ett rutnät 40 x 40 m. Mätningarna på markytan och en meter ovanför har multiplicerats med 1,3 för att kompensera mätnoggrannheten, $\pm 30\%$, och redovisa högsta tänkbara

mätvärde.

Som mätmetod för alfastrålningen har filmmetoden, typ Kodak LR 115, valts. Plastbägare med film har under 6 veckor utsatts för alfastrålning, dels längs en N-S profil, dels i två 4 x 4 matriser, med (A) respektive utan (B) fyllning. Se figur 1B. I profilen har bägarna suttit på ca 0,3 m djup och i matriserna på två olika nivåer, ca 0,3 och ca 0,6 m.

Resultat

Gammastrålningsnivån har varit låg i samtliga mätpunkter. Variationer har uppmätts mellan 9 och 15 $\mu\text{R/h}$.

Alfastrålningen redovisas endast som ett "mätvärde", som hänför sig till antalet spår i filmen inom en viss ytenhet. Exempelvis kan nämnas att hus i Ekedalen, Tidaholms kommun, byggda på alunskiffer visar på markmätvärden ≥ 1000 .

Resultaten av mätningarna längs profilen redovisas i figur 1.

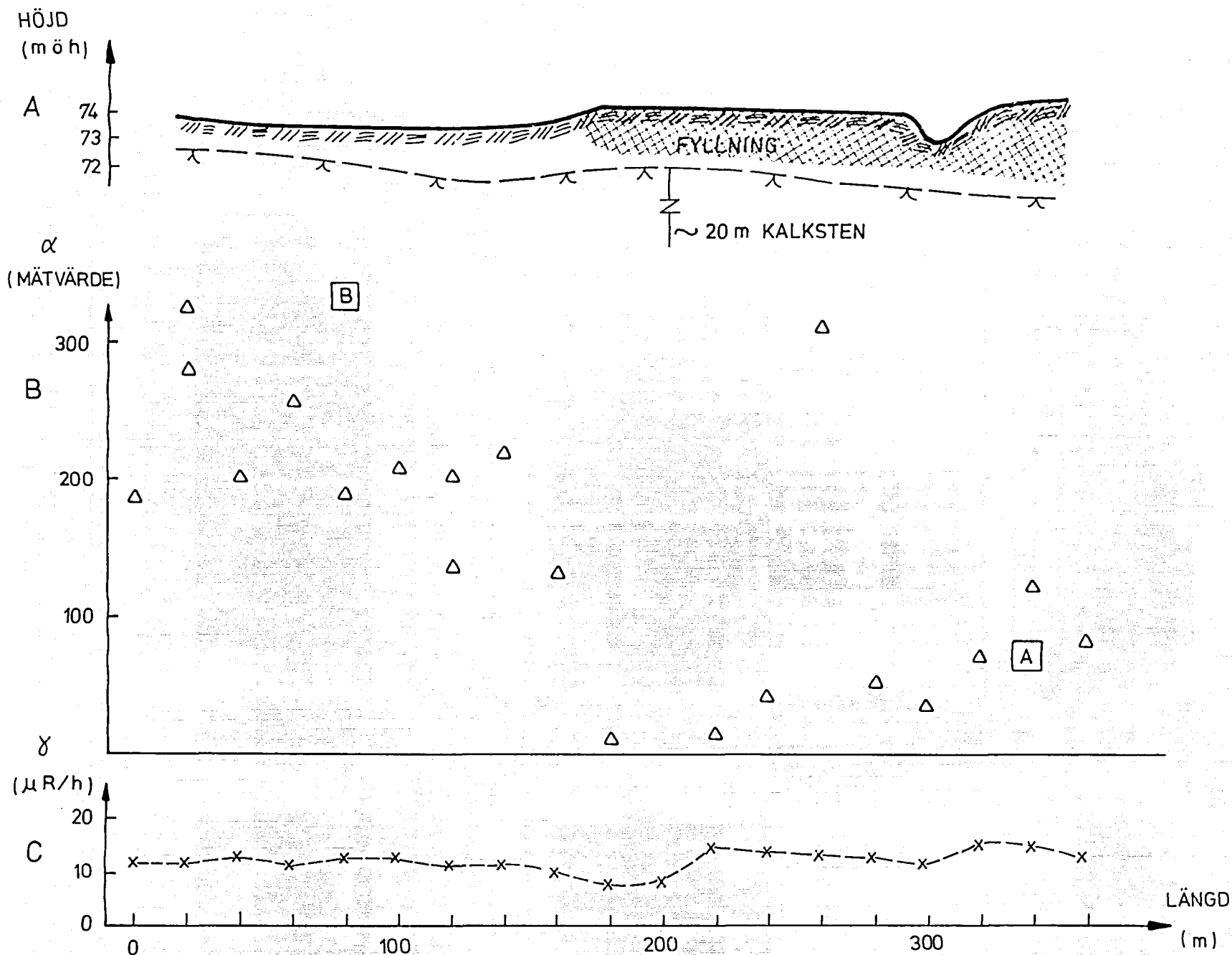
Matriserna redovisas sammanfattat i följande tabell:

Matris	Djup under markyta (m)	Antal bägare	Antal bägare med mätvärde >1000	Medelvärde av mätvärden
A (fyllning)	0,3	15	0	81
A	0,6	16	1	295
B (ej fyllning)	0,3	14	1	338
B	0,6	16	4	649

Slutsatser

I figur 1 kan variationerna av gamma- och alfastrålningsnivån jämföras längs profilen. Gammastrålningsnivån ökar något över fyllningen, vilket kan förklaras av alunskifferinblandningen. Alfastrålningsnivån visar omvända förhållandet. För fyllningsområdet representerat av matris A är alfastrålningsnivån således lägre än för orörd mark representerat av

FIG. 1 FÖRSÖKSOMRÅDE A



matris B. Det förmodas bero dels av att fyllningsmassorna verkar hämmande på genomströmningen av radongas dels av naturlig ventilation av övre markskiktet. Vidare framgår det tydligt att alfastrålningsnivån avtar mot markytan beroende på luftningen.

Faktorer som troligen inverkar är främst vindförhållanden, jordart, lufttrycksförändringar och nederbörd.

4.2 Försöksområde B

Syfte

Huvudsyftet (med mätningarna) har varit att studera radonavgångens variationer vid övergång från kalksten- till alunskifferberggrund. Försök har även gjorts för att se vilken dämpande effekt jordlagret har.

Geologi

Mätningar har utförts längs en profil på en sluttning där alunskiffern har utgående i dagen. Se figur 2. Ett kalkstenslager täcker underliggande alunskiffer i profilens lägre parti och tunnar ut mot profilens mitt där lagret också upphör. Övre delen av profilen ligger på alunskifferberggrund. Hela mätområdet är täckt av ett jordlager med varierande mäktighet. Jordlagret består i huvudsak av morän med inslag av alunskiffer och kalksten. Lerinslag förekommer i moränen och ökar i omfattning mot det låglänta partiet.

Mätmetoder

Gammastrålning har mätts med ett direktvisande instrument typ "yellow box". Avläsningar har skett längs hela profilen dels på markytan dels på botten av 0,3 m djupa gropar. Alfastrålningen har mätts i samma gropar som gammastrålningsmätningarna med filmmetoden Track Etch. Filmbägarna har suttit nedgrävda på 0,3 m djup och i ett fåtal fall på det dubbla djupet. Se figur 2BC.

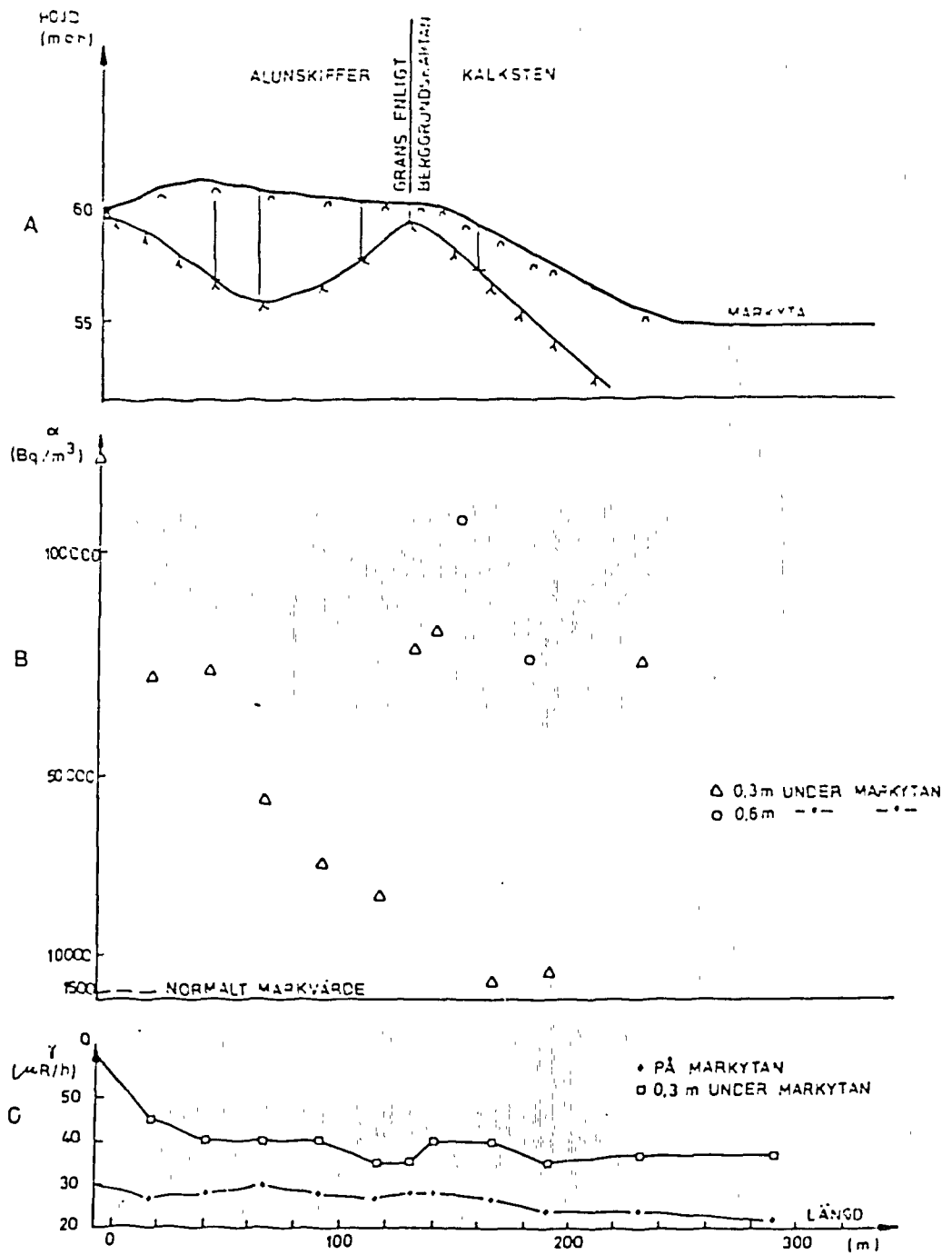


FIG. 2. FÖRSÖKSOMRÅDE B.

Jordprofilens utseende och bergytans läge har bestämts genom viktsondering och skruvborrning. Se figur 2A.

Resultat

I profilens övre parti (alunskiffer i dagen) har uppmätts såväl höga gammastrålningsvärden som höga radon-dotterhalter. Se figur 2C. Radonhalten har minskat i takt med ökningen av jordtäcketets mäktighet. Även gammastrålningsnivån har minskat markant för att sedan stabiliseras på ett värde, som kan vara representativt för jordartens alunskifferinblandning. Den mätta radon-dotterhalten stiger kraftigt i profilens mitt (gränsen mellan alunskiffer och kalksten) för att åter sjunka med tilltagande jorddjup.

Slutsatser

De mätningar som utförts direkt på alunskiffern eller med några decimeter jordtäckning visar höga värden med båda metoderna.

I profilens mitt har radon-dotterhalten ökat kraftigt, medan gammastrålningsnivån inte ändrats i detta parti. Det kan finnas många förklaringar till mittpartiets förhöjda radonhalt, t ex ökad alunskifferinblandning i jorden eller en lokal möjlighet till snabb radonavgång vilken uppkommit som följd av radontransport genom kalkstenen i kombination med tunt jordtäckte.

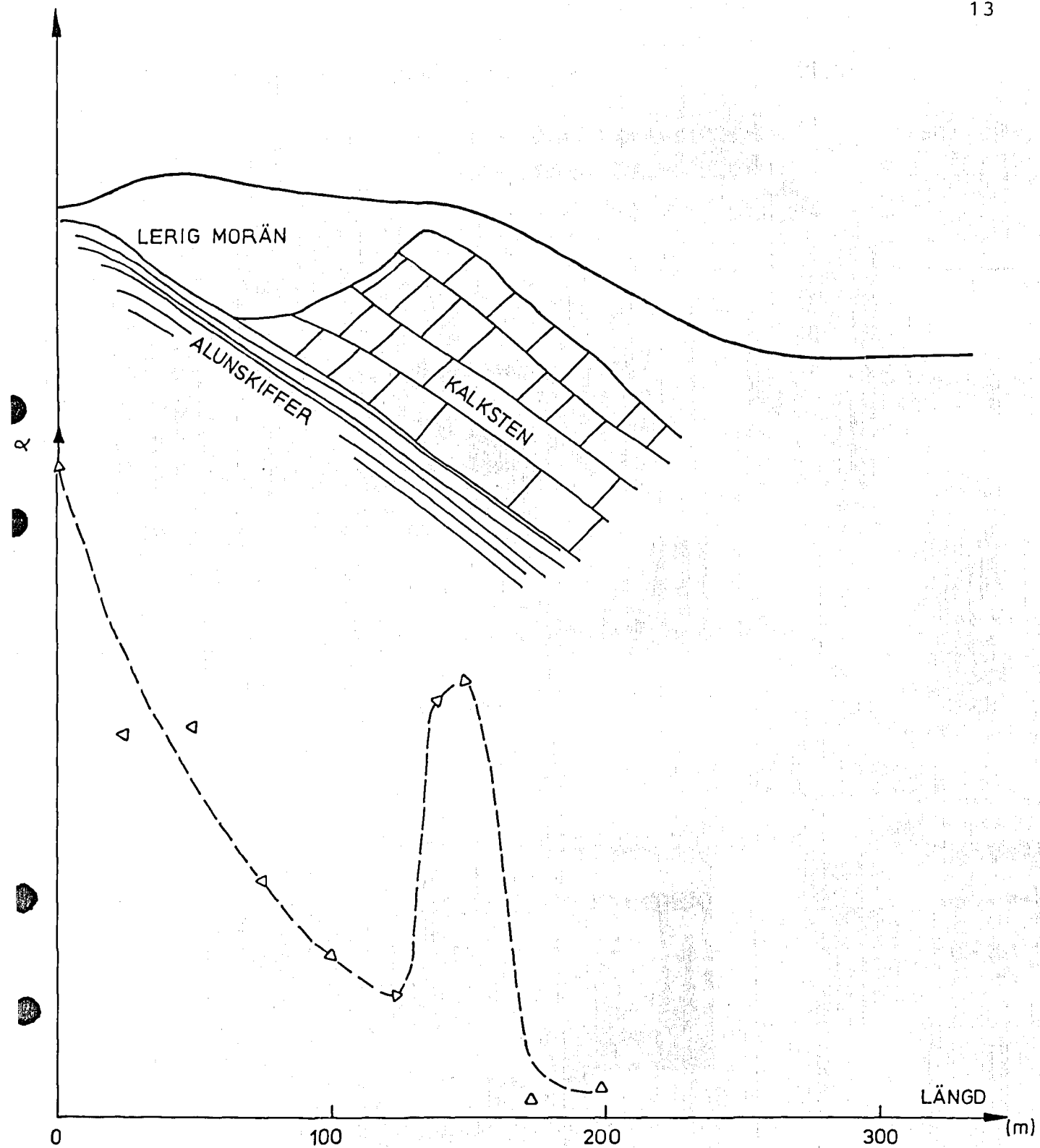


FIG.3 TOLKNING AV GEOLOGI SAMT
RADONDOTTERHALTSVARIATIONER

5 MARKVÄRDE - GRUNDLÄGGNINGSSÄTT - INOMHUSVÄRDE

I tidigare kapitel har vi berört en del av de svårigheter man stöter på vid mätning av markens radonavgång.

Betydligt större problem hopar sig, om man med ett markvärde som utgångspunkt, skulle ge sig på en bedömning av ett förväntat inomhusvärde.

Det är idag föga känt hur olika typer av grundläggningssätt motverkar en inströmning av markproducerad radon. Teoretiskt sett kan vi finna tre sätt att minska inflödet av underifrån kommande radon, nämligen genom:

- inomhusventilation
- spärrskikt
- undergrundsventilation

5.1 Inomhusventilation

Ventilationen bör vara så dimensionerad att den minst uppfyller Svensk Byggnorms krav på 0,5 luftomsättningar per timme. Om ventilationen åstadkommer ett undertryck i huset, innebär detta att radontransporten väsentligt ökas.

Ett ventilationssystem, som arbetar med nolltryck, är därför att föredra, om man vill undvika denna "uppsugningseffekt". Insugningen av radon kan ske dels p g a otätheter i byggnadsmaterial och skarvar, dels genom läckage vid genomföringar av el och VVS.

Mekaniska fläktsystem kan som regel uppfylla kraven på hög luftomsättning samt nolltryck i de ventilerade utrymmena. Läger man sedan energisparsynpunkter på ventilationen, måste man nog tänka sig att komplettera systemet med någon typ av värmepump.

5.2 Spärrskikt

Otätheter i byggnadsmaterial och skarvar bör man, genom noggrannhet i utförande och kontroll, kunna reducera betydligt. För att ytterligare minska risken för punktläckage, kan någon form av eftertätning vara lämplig. Det kan räcka med en kontroll och tätning av eventuella gjutskarvar samt olika typer av genomföringar. Nästa steg i denna typ av åtgärder kan vara att bygga in gas- och diffusionstäta skikt. Plastinbakad aluminiumfolie har vid laboratorieförsök visat sig lovande. Praktiska försök görs för närvarande av Avd för Byggnadsteknik vid KTH.

Tätskikt av lera under bostadshus har också nämnts som en möjlig metod att förhindra radonets vandring. Ett sådant utförande kan emellertid vara förenat med vissa olägenheter. Man bör vara uppmärksam på sättningsrisker och uppsprickning av leran vid eventuell uttorkning.

5.3 Undergrundsventilation

Med undergrundsventilation menas att radonet ventileras bort innan det når fram till huskonstruktionen. Hus som byggts med s k kryputrymmen kan relativt lätt klara av denna typ av ventilation. Här kan det vara på sin plats att påpeka betydelsen av hur kryputrymmet ventileras. Dåligt ventilerade kryputrymmen kan istället fungera som uppsamlare av radon. Detta i kombination med sugande inomhusventilation kan ge mycket höga radon-dotterhalter i bostadsutrymmen.

Ett enkelt och energisparande system är att låta bostadsutrymmenas frånluft passera kryputrymmet innan den blåses ut (se bil 2). Fördelen är, förutom värmeåtervinning, en god ventilation av kryputrymmet och bostadsutrymmena.

Vid grundläggning med betongplatta på mark finns det också möjligheter till "undergrundsventilation". (Se bil 3.) En perforerad slang som läggs i dräneringslagret under betongplattan kan leda bort en viss del av den uppträngande gasen (se bild 1).



Bild 1. Bilden visar en dräneringsslang, som placerats i betongplattans gjutform. Slangen ligger nedgrävd i dräneringsgruset och mynnar i betongplattans kantbalk. Slangmellanrum 2 m.

Faktorer som kan påverka vädringseffekten, är bl a avståndet mellan dräneringsslangarna, dräneringsgrusets permeabilitet och vindförhållanden.

6 SLUTSATSER

Genomförda mätningar visar att höga radondotterhalter i mark kan förekomma, utan att gammastrålningsnivån avviker från det normala. Orsaken kan vara att radonet relativt lätt passerar kalkstenslagret som överlagrar alunskiffern i de undersökta profilerna. I vilken utsträckning jordlagrens mäktighet och sammansättning inverkar på radonflödet går inte att förutsäga med ledning av dessa mätningar.

Radondotterhalten beror av mätdjupet, vilket visar att en luftning av det översta jordlagret äger rum.

7 FÖRSLAG TILL FRAMTIDA UNDERSÖKNINGAR

Den dåliga samstämmigheten i mätresultaten från gammastrålningsmätning och radondotterhaltsmätning ger underlag för följande funderingar:

- Vilka begränsningar har gammastrålningsmätning som metod att förutsäga hög radonavågng från mark?
- Finns det någon annan metod, som på ett bättre sätt och till ett likvärdigt pris kan bestämma markens radonpotential?
- Hur stor del av det markproducerade radonet tränger in i bostadsutrymmen, beroende på typ av grundläggningssätt?

REFERENSER

- Archer, V E, Wagoner, J K, Lundin, F E (1973). Uranium mining and cigarette smoking effects on man. *J Occup Med* 15:204-211 1973.
- Castrén, O, Asikainen, M, Annamäki, M & Stenstrand, K (1977). High natural radioactivity of bored wells as a radiation hygienic problem in Finland. Presented at the 4th International Congress of the IRPA, Paris, April 24-30 1977.
- Culot, V J, Olson, H G & Schiager, K J (1973). Radon progeny control in buildings. Report C00-2773-1, Colorado State University, Fort Collins, Colorado, USA.
- Dahlgren, E (1979). Lungcancer, hjärtkärlssjukdom och rökning hos en grupp gruvarbetare. *Läkartidningen* (76), 52, 4811-4814.
- Fischer, J C (1976). Application of Track Etch radon prospecting to uranium deposits, Front Range, Colorado. Presented at the 3rd MMIJ & AIME Joint Meeting, Denver, Colorado, September 1-3 1976.
- Gingrich, J E & Fischer, J C (1976). Exploration for uranium utilizing the Track Etch technique. Presented at the 25th International Geological Congress, Sydney, Australia, 16-25 August 1976.
- Hagberg, N & Möre, H (1978). Aktivitetshalt i ballastmaterial för betongtillverkning i Sverige. Statens strålskyddsinstitut, 1978-029.
- Hagberg, N & Suomela, J (1978). Strontium -90 and cesium -137 in precipitation in Sweden in 1977. National Institute of Radiation Protection. Report SSI: 1978-004.
- Harper, C T (1979). Track Etch, emanometer, spectrometer, and soil geochemistry surveys across the Carswell structure, northwestern Saskatchewan. Saskatchewan Geological Survey, Regina, Saskatchewan.
- International Commission on Radiological Protection (1977). Recommendations of the ICRP. Publication 26. *Annals of ICRP*, (1), 3, (Pergamon Press).
- Jordbruksdepartementet (1979). Preliminärt förslag till åtgärder mot strålrisker i byggnader. PM från radonutredningen. DS Jo 1979:9.
- Kulich, J, Möre, H & Swedjemark, G A (1978). Preliminär rapport om undersökning av den naturliga radioaktiviteten i hushållsvatten 1977-78. Statens strålskyddsinstitut, Miljölaboratoriet, Dnr 42-48/78.
- Kusnetz, H L (1956). Radon daughters in mine atmospheres: A field method for determining concentrations. *Amer Ind Hyg Assoc Quarterly*, 17:85.

- Letourneau, E G, McGregor, R G & Taniquchi, H (1978). Background levels of radon daughters in Canadian homes. Radiation Protection Bureau Department of National Health and Welfare, Ottawa, Ontario, Canada.
- Lindén, A H & Åkerblom, G (1976). Method of detecting small or indistinct radioactive sources by airborne gamma-ray spectrometry. Extract from "Geology, mining and extractive processing of uranium", Swedish Geological Survey.
- Lundin, F E, Wagoner, J K, Archer, V E (1971). Radon daughter exposure and respiratory cancer. Quantitative and temporal aspects, NIOSH and NIEHS Joint Monograph No 1. National Technical Information Service, Springfield, Virginia 1971.
- Malmqvist, L (1974). Expositionsratens beroende av byggnadsmaterials densitet, tjocklek och aktivitetssinnehåll. Statens strålskyddsinstitut, 1974-019.
- Mantel, N, Haenszel, W (1959). Statistical aspects of the analysis of the data from retrospective studies of disease. J Natl Cancer Inst 32:719-743 1959.
- Marsden, D A, Aitken, J H & Baker, E G (1978). Testing of newly built houses in Elliot Lake for compliance with radon daughter products criteria. Health and Safety Division Ministry of Labour, Ontario, Canada.
- Mjönes, L (1978). Measurements of gamma radiation in Swedish houses by means of mailed CaSO_4 -Dy dosimeters. Proc. Symposium on the natural radiation environment III, Houston, Texas, April 23-28 1978.
- Snihs, J O & Ehdwall, H (1976). Supervision of radon daughter exposure in mines in Sweden. National Institute of Radiation Protection. Report SSI: 1976-023.
- Socialstyrelsen, Statens planverk, Statens strålskyddsinstitut (1979). Information om strålningen i befintliga byggnader.
- Statens industriverk (1978). Alunskiffer. SIND PM 1978:2-3.
- Statens strålskyddsinstitut (1976). Strålningen i våra bostäder.
- Swedjemark, G A (1974). Radon i bostäder, några preliminära resultat av långtidsregistrering. Statens strålskyddsinstitut, 1974-020.
- Swedjemark, G A (1978). Radon in dwellings in Sweden. National Institute of Radiation Protection. Report SSI: 1978-013.

Swedjemark, G A, Håkansson, B & Hagberg, N (1979).
Strålningsnivåer i hus byggda på avfall från hante-
ring av alunskiffer. Statens strålskyddsinstitut,
1979-006.

U.S. Environmental Protection Agency (1976). Radiologi-
cal quality of the environment. EPA-520/1-76-010.
Washington DC.

Wahren, H, Mätikalo, A, Persson, T & Svensson, C E
(1979). Ett försök att spåra radonhus i Uppsala.
Länsläkarorganisationen i Uppsala län.

Ytong AB (1979). Några klarlägganden i debatten om
radon i våra bostäder.