



**STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT**

**SGI VARIA** 145

B. Rosén

Radonavgång från torvaska

**Linköping 1985**

RADONAVGÅNG FRÅN TORVASKA

Bengt Rosén  
Forskningsuppdrag för Statens energiverk  
SGI Dnr 1-290/84  
1984-11-29

FÖRORD

Projektet har utförts på beställning och genom finansiering av Statens energiverk.

Den gammaspektrometriska analysen har utförts av Christer Samuelsson, Radiofysiska institutionen, Lasarettet, Lund.

Projektet i övrigt har utförts vid enheten för fysisk planering där Sten Kullberg skött exhalationsutrustningen.

Linköping 1984-11-29

Bengt Rosén

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

|                | sid |
|----------------|-----|
| 1. INLEDNING   | 1   |
| 2. OMFATTNING  | 1   |
| 3. UTFÖRANDE   | 2   |
| 4. RESULTAT    | 4   |
| 5. BEDÖMNINGAR | 8   |
| 6. SLUTSATSER  | 9   |
| 7. REFERENSER  | 9   |

## 1. INLEDNING

1.1 Bakgrund

Torvmossar innehåller radioaktiva grundämnen, delvis till följd av radioaktivt nedfall från atmosfären. Vid förbränning av torven koncentreras de radioaktiva ämnena i askan som vid hantering, nyttiggörande och efter deponering kan ge icke önskvärda hälsoeffekter på människan.

1.2 Syfte

Projektet syftar till att mäta det radioaktiva innehållet av vissa nuklider och radonavgången från torvaskor. Uppmätta värden ställs i relation till befintliga gränsvärden och erfarenhetsvärden avseende radonrisk.

## 2. OMFATTNING

Av totalt elva askor har nio analyserats med gammaspektrometri, nr 3-11 i tabell 1. Samtliga elva askor har mätts med avseende på exhalation (radonproduktion) vid olika vattenkvoter.

Tabell 1. Förteckning över undersökta askor.

| Nr | Torv                    | Anläggning     | Asktyp  | Kemiska 1) egenskaper | Inpackningskod |
|----|-------------------------|----------------|---------|-----------------------|----------------|
| 1  | Skettmyren              | SGU            | inaskad | -                     | A330N          |
| 2  | Storflyten              | SGU            | inaskad | -                     | A0250N         |
| 3  | Rings mosse<br>0,3 % S  | Studsvik       | flyg    | 0                     | A291FA021      |
| 4  | Västermyren<br>0,25 % S | Avesta         | flyg    | 0                     | C294FA031      |
| 5  | "                       | "              | flyg    | 3                     | C308FA331      |
| 6  | "                       | "              | botten  | 0                     | C294SL031      |
| 7  | Skråttmyran<br>0,2 % S  | Sandviken      | flyg    | 0                     | G285FA031      |
| 8  | Röjnoret<br>0,2-0,5 % S | Umeå rost      | flyg    | 0                     | F291FA031      |
| 9  | "                       | "              | flyg    | 3                     | F288FA231      |
| 10 | "                       | "              | botten  | 0                     | F291SL031      |
| 11 | Kirunatorv<br><0,4 % S  | Vuollerim rost | flyg    | 0                     | B298FA011      |

1) Olika stökiometriska egenskaper S:Ca & förbränning

## 3. UTFÖRANDE

Den gammaspektrometriska analysen har utförts med Germanium-Litium detektor vid institutionen för Radiofysik i Lund. Följande nuklider har analyserats: radium -226, aktinium -228, kalium -40 och cesium -137. Torium -232 kan uppskattas med ledning av aktinium -228. De aktuella sönderfallskedjorna visas i tabell 2. Cesium -137 är en fissionsprodukt från kärnvapensprängningar.

Tabell 2. Sönderfallskedjorna för uran och toriumserien.  
Endast de för projektet intressanta nukliderna visas.

Uranserien

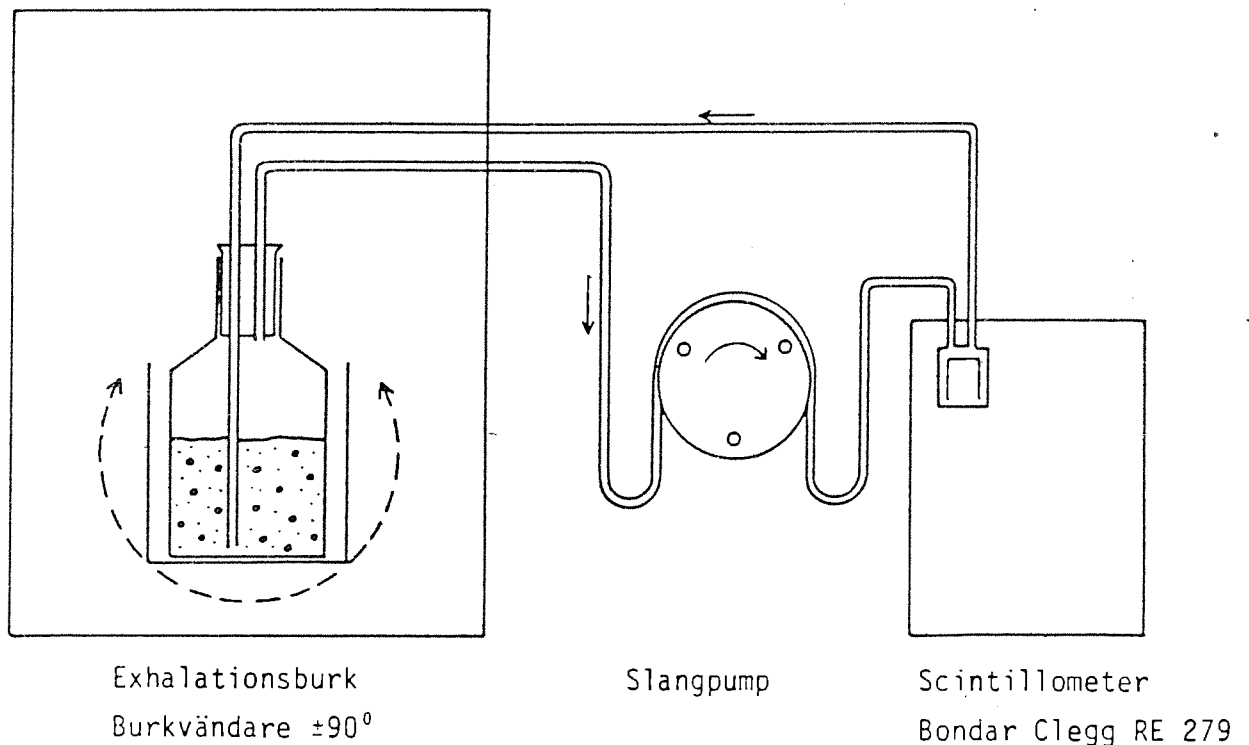
Uran -238

↓  
Radium -226↓  
Radon -222↓  
Radonddöttrar (Po-218, Pb-214,  
Bi-214, Po-214)↓  
Bly -206 (stabilt)Toronserien

Torium -232

↓  
Aktinium -228↓  
Radium -224↓  
Radon -220 (toron)↓  
Bly -208 (stabilt)

Exhalationen mäts med en apparatur enligt figur 1. Toronavsökning sker genom att toronet hinner sönderfalla till minst 95% före mätning i scintillometern. Före scintillometern sitter ett filter som avskärmar radonddöttrarna.



Figur 1. Principfigur av exhalationsutrustningen.

Exhalationen ( $\text{Bq kg}^{-1}\text{h}^{-1}$ ) beräknas med utgångspunkt från (Lindmark och Rosén, 1984)

$$E = Rn(t) \frac{\lambda_{\text{eff}}}{m_s} \frac{1}{1 - e^{-\lambda_{\text{eff}} t}} \left( V_A + \frac{V_w}{3} \right) \text{ där}$$

$Rn(t)$  = radonhalt ( $\text{Bq m}^{-3}$ )

$t$  = tid

$\lambda_{\text{eff}}$  = effektiv sönderfallskonstant bestående av radonets naturliga sönderfallskonstant ( $0,007554 \text{ h}^{-1}$ ) och läckaget i försöksutrustningen

$m_s$  = jordmaterialets torrsvikt (kg)

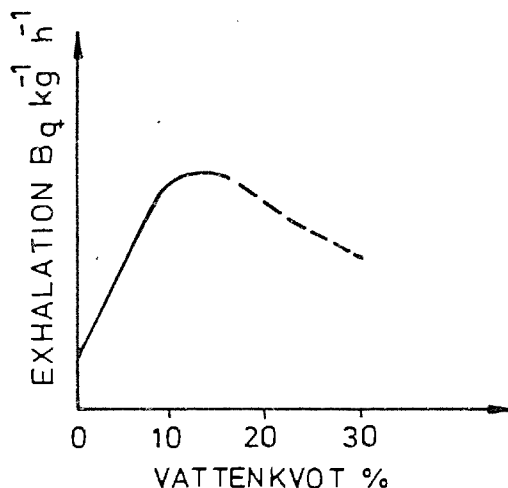
$V_A$  = porgasvolym ( $\text{m}^3$ )

$V_w$  = porvattenvolym ( $\text{m}^3$ )

Då  $t \rightarrow \infty$  (jämvikt) kan ekvationen skrivas

$$E = \frac{Rn(t)}{\lambda_{\text{eff}}} \frac{\left( V_A + \frac{V_w}{3} \right)}{m_s}$$

Exhalationsmätningarna har gjorts vid olika vattenkvot för askorna då det finns ett beroende enligt figur 2.



Figur 2. Principfigur som visar exhalationen som funktion av vattenkvoten.

Vattenkvoten har bestämts genom uttorkning i ugn,  $105^{\circ}\text{C}$ . Luftvolymen har kunnat beräknas med kännedom om askornas kompakt densitet ( $\rho_s$ ) som i sin tur har beräknats via torr densitet  $\rho_d$  och vattenkvot ( $w$ ) med formeln

$$s = \frac{1}{\frac{1}{\rho_d} - w}$$

Torr densiteten är hämtad från ett parallellt SGI-projekt (Elander 1984) där liknande askor m a p förbränning och kalk analyserats. Torr densiteten för askorna 1 och 2 har uppskattats.

#### 4. RESULTAT

Resultaten från gammaspektrometrisk analys framgår av tabell 3. I samma tabell visas beräknade gammaindex och radiumindex enligt följande formler:

$$\text{gammaindex} = \frac{C_K}{10000} + \frac{C_{Ra}}{1000} + \frac{C_{Th}}{700}$$

Där  $C_K$ ,  $C_{Ra}$  och  $C_{Th}$  är koncentrationen av kalium -40, radium -226 respektive torium -232, uttryckt i Bq/kg av materialet.

$$\text{radium index} = \frac{C_{Ra}}{200}$$

där  $C_{Ra}$  är koncentrationen av radium -226 uttryckt i Bq/kg av materialet.

Gammaindex är ett mått på den totala mängden radioaktiva ämnen som ingår i ett material. Index skall vara mindre än 1,0 (Svensk byggnorm 1980 (31:143)) i det färdiga byggnadsmaterialet medan delmaterial som utgör en mindre del således får ha högre gammaindex.

Radiumindex är ett mått på mängden radium i ett material. Radiumindex skall i likhet med gammaindex vara mindre än 1,0.

Som framgår av tabell 3 är det endast de inaskade proverna nr 1 och 2 som överskrider radiumindex.

I arbetsmiljösammanhang kan man beräkna bidraget från varje nuklid och ställa det i relation till den internationella årliga dosgränsen. Vid ett damminnehåll i luften på  $10 \text{ mg/m}^3$  med radioaktiviteten  $1000 \text{ Bq/kg}$  (jämför tabell 3) utsätts arbetaren för  $0,3 \text{ } \mu\text{Sv/år}$ .



Tabell 3. Mätresultat av gammaspektrometrisk analys (inst Radiofysik, Lund) samt beräkning av gammaindex och radiumindex.

| Aska<br>(nr) | N u k l i d         |                                |                   |                     | Gamma-<br>index | Radium-<br>index |
|--------------|---------------------|--------------------------------|-------------------|---------------------|-----------------|------------------|
|              | Ra - 226<br>(Bq/kg) | Ac-228 <sup>1</sup><br>(Bq/kg) | K - 40<br>(Bq/kg) | Cs - 137<br>(Bq/kg) |                 |                  |
| 1            | 610 <sup>2</sup>    |                                |                   |                     | >0,9            | 4,50             |
| 2            | 900 <sup>2</sup>    |                                |                   |                     | >0,61           | 3,05             |
| 3            | 83±6                | 49±5                           | 290±20            | 570±30              | 0,18            | 0,42             |
| 4            | 68±4                | 30±4                           | 280±20            | 280±20              | 0,14            | 0,34             |
| 5            | 68±4                | 34±3                           | 260±20            | 330±20              | 0,14            | 0,34             |
| 6            | 45±3                | 35±2                           | 950±60            | 140±10              | 0,19            | 0,23             |
| 7            | 110±10              | 51±3                           | 340±20            | 370±20              | 0,22            | 0,55             |
| 8            | 110±10              | 27±2                           | 580±40            | 470±30              | 0,21            | 0,55             |
| 9            | 52±3                | 10±1                           | 260±20            | 170±10              | 0,09            | 0,26             |
| 10           | 37±2                | 8±1                            | 130±10            | 83±4                | 0,06            | 0,19             |
| 11           | 34±2                | 21±2                           | 170±10            | 280±20              | 0,08            | 0,17             |

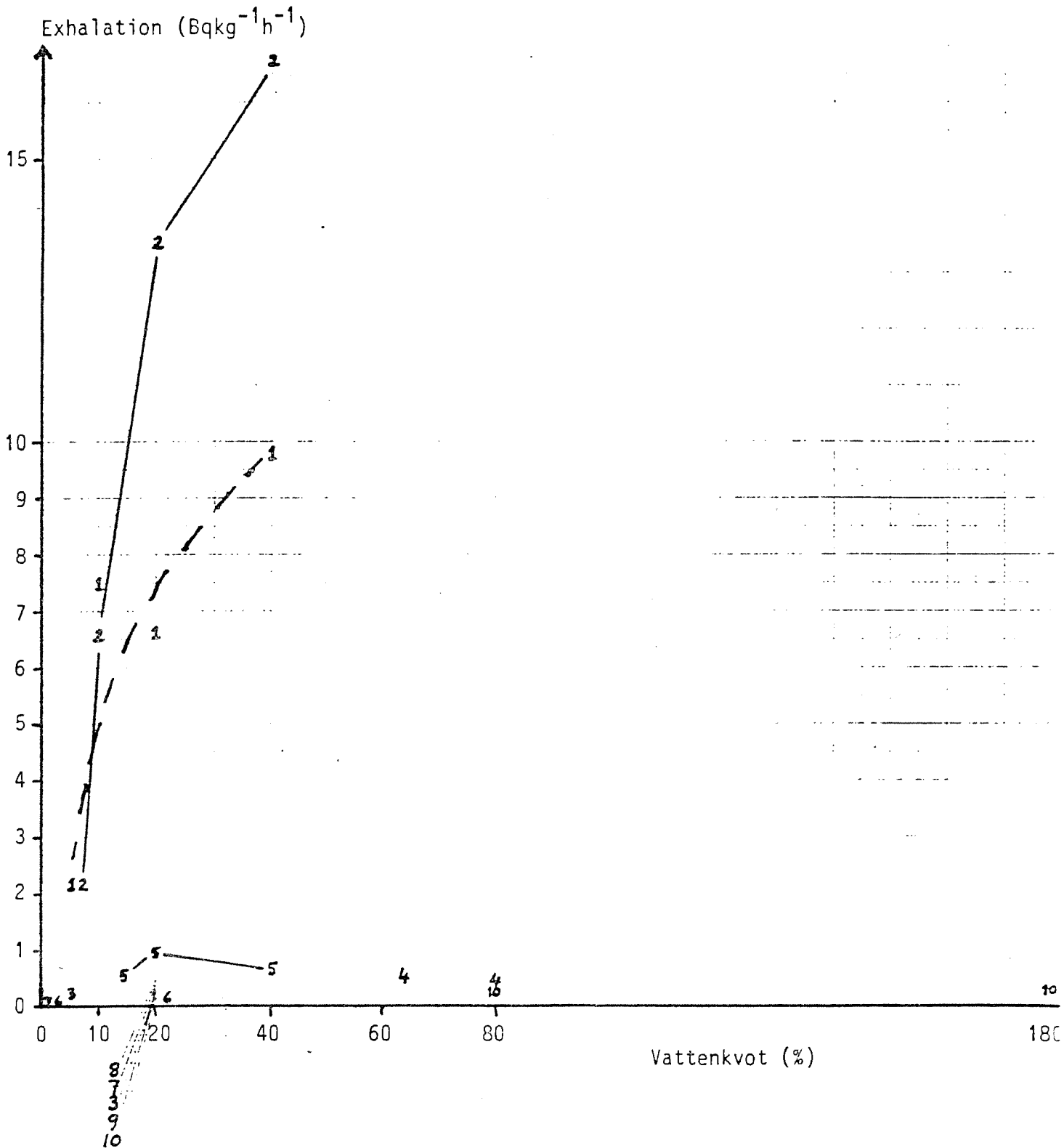
<sup>1</sup> Aktivitetskoncentrationen av Th-232 om radioaktiv jämvikt förutsättes.

<sup>2</sup> Muntlig uppgift, analyserad i annat projekt.

Exhalationsresultaten framgår av tabell 4 och figur 3. Mätningarna har prioriterats mot tillgänglig tid. Först har askprover med naturlig vattenkvot mätts därefter med successivt stigande vattenkvot.

Tabell 2. Resultat av exhalation från torvaskor.

| Aska<br>(nr) | Torrsvikt<br>(g) | Naturlig<br>vattenkvot<br>$w_n$ (%) | Kompakt-<br>densitet<br>( $t/m^3$ ) | Exhalation vid vatten-<br>kvot (%) | Exhalation vid vatten-<br>kvot (%) |
|--------------|------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| 1            | 0,0696           | 0,5                                 | 2,064                               | 2,19<br>7,49<br>6,31<br>9,82       | 5,5<br>10<br>20<br>40              |
| 2            | 0,0394           | 1,6                                 | 2,064                               | 2,14<br>6,55<br>13,5<br>16,7       | 7,1<br>10<br>20<br>40              |
| 3            | 0,1799           | 5,2                                 | 2,064                               | 0,24<br>0,28                       | $w_n$<br>20 <sup>n</sup>           |
| 4            | 0,1616           | 64,0                                | 2,064                               | 0,52<br>0,45                       | $w_n$<br>80 <sup>n</sup>           |
| 5            | 0,1829           | 14,4                                | 2,102                               | 0,57<br>0,93                       | $w_n$<br>20 <sup>n</sup><br>40     |
| 6            | 0,4136           | 3,0                                 | 2,347                               | 0,07<br>0,14                       | $w_n$<br>22 <sup>n</sup>           |
| 7            | 0,2298           | 0,7                                 | 2,064                               | 0,07<br>0,38                       | $w_n$<br>20 <sup>n</sup>           |
| 8            | 0,1806           | 4,4                                 | 1,803                               | 0,00<br>0,44<br>0,00               | $w_n$<br>20 <sup>n</sup><br>40     |
| 9            | 0,2126           | 4,0                                 | 2,006                               | 0,00<br>0,31                       | $w_n$<br>20 <sup>n</sup>           |
| 10           | 0,0929           | 178,5                               | 1,473                               | 0,29<br>0,15<br>0,24               | $w_n$<br>20 <sup>n</sup><br>80     |
| 11           | 0,1503           | 2,8                                 | 1,803                               | 0,00<br>0,00                       | $w_n$<br>20 <sup>n</sup>           |



Figur 3. Exhalationen som funktion av vattenkvoten. Mätvärdet är markerat med respektive nummer för askprovet.

## 5. BEDÖMNINGAR

Vid hantering och transport av minst 5 kg radioaktiva ämnen är gränsvärdet 200 ppm uran. Det är inte troligt att askorna nr 3-11 överskrider detta värde. Om sönderfallsjämvikt råder mellan uran -238 och radium -226 är aktiviteten densamma för båda nukliderna. Jämviktsförhållandet är inte känt men uranaktiviteten bedöms ligga inom dubbla radiumaktiviteten, jämför tabell 3. De inaskade proverna innehåller 700 ppm uran enligt muntlig uppgift från SGU.

Vid nyttiggörande av torvaskor som byggnadsmaterial kan proverna bedömas med utgångspunkt från gammaspectrometeranalyserna. Flertalet askprov klarar gamma- och radiumindex. De inaskade proverna (nr 1 o 2) överskrider radiumindex utan inblandning i annat material.

En deponi bedöms lämpligen enligt planverkets anvisningar (Statens planverk, 1982). För att undvika markradonproblem inomhus i boendemiljö rekommenderas byggnadstekniska åtgärder korresponderande mot markradonrisken indelad i tre klasser (hög-normal-låg). Till högriskområde hänförs områden med stor andel av mark med förhöjd radiumhalt, ca 125 Bq/kg. Till normalriskområde hänförs områden som huvudsakligen består av mark med normal radiumhalt, ca 35-125 Bq/kg.

Om således askorna deponeras utan annan uppblandning faller flertalet inom begreppet normalriskområde. Nr 11 faller inom lågriskområde medan nr 1 och 2 skulle bedömas som högriskområde om den typen av aska deponeras.

Det radon som kan avgå till porluften i marken är till viss del beroende av radiumhalten men också av andra faktorer som vattenkvoten. Radonets rörelseförmåga genom marken regleras i hög grad av permabiliteten för luft. Med utgångspunkt från exhalationsförsöken kan vissa bedömningar göras av motsvarande markradonhalt som med planverkets anvisningar indelas i hög-normal-lågriskområde. Bedömningarna baseras på ett mindre antal markmätningar in situ och motsvarande exhalationsvärden. Noggrannheten i exhalationen bedöms ligga inom  $\pm 30\%$ .

Vid exhalation över  $0,6 \text{ Bq kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$  bedöms tät mark som en torvaskadeponi vara högriskområde, mellan  $0,3-0,6 \text{ Bq kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$  normalriskområde och under  $0,3 \text{ Bq kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$  lågriskområde. Högriskområde kräver radonsäkert utförande av byggnad för att klara gränsvärdet  $70 \text{ Bq/m}^3$  i radondotterhalt inomhus. På lågriskmark kan byggnaden utföras "traditionellt" medan man på normalriskområde ställer vissa krav på grundkonstruktionens täthet, s k radonskyddande utförande.

De inaskade proverna (nr 1 och 2) faller då inom intervallet högrisk liksom nr 5. Som lågrisk vid deponi bedöms askorna 3, 6 och 11 medan övriga faller inom intervallet normalrisk (nr 4, 7, 8, 9 och 10).

Eftersom exhalationsnivån överlag är låg kan man inte utläsa någon säker skillnad mellan flygaskor och bottenaskor eller med/utan kalkinblandning.

## 6. SLUTSATSER

Överensstämmelsen mellan bedömningar gjorda på olika grunder stämmer helt när det gäller de inaskade proverna 1 och 2. Dessa har klart förhöjd radioaktivitet och måste hanteras med försiktighet. Nr 11 har entydigt låg radioaktivitet medan övriga askor varierar något i bedömningen kring normala aktiviteter.

## 7. REFERENSER

Elander, P., 1984. Torvaskors kemiska och fysikaliska egenskaper. (Statens geotekniska institut) Under färdigställande. Linköping.

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

Lindmark, A. och Rosén, B., 1984. Radon i jord. Exhalation-vattenkvot. Årstidsvariationer. Permeabilitet. (Statens geotekniska institut). Rapport No 24, Linköping.