

Radon og Radioaktivitet i danske bjergartere og sedimenteR

- Hvad er radon og er det farligt?
- Hvad viser den danske radon-undersøgelse?
- Hvor er der radon i Danmark?
- Hvordan kommer radon ind i huset?
- Hvordan dannes radon?

Hvad eR sammenHængen mellem Radon og mobiltelefoner?

Radon og Radioaktivitet i danske bjerge og sedimente

den radioaktive ædelgas radon findes naturligt i luft, vand og jordlag. Hvis store mængder radon trænger gennem sprækker i husmure og fundamenter kan der opbygges et stort indhold i indeluften, som kan påvirke befolkningen og forårsage alvorlige sygdomme som fx lungekræft. Også højt radonindhold i drikkevandet er en fare for helbredet. Landsdækkende kortlægning af radon i indeluften har vist, hvad der er de vigtigste faktorer, som bestemmer radonkoncentrationen i enfamiliehuse, og hvor i landet risikoen for høje radonværdier er til stede.

Radon i indeluften stammer især fra jordlagene under og omkring husene. Jordlagene afgiver radon ved henfald fra radium i jordpartiklerne, og en del af denne radon bevæger sig med luften i jordens porer mod husene.

Uran- og radiumindholdet varierer meget i de forskellige jordarter og bjergarter, og dette har betydning for hvor store mængder radon, der kan frigives. Fra de prækvartære dannelser er det forvitret granit og diabas, ler med højt organisk indhold fra Palæocæn og Miocæn samt tungsand fra Miocæn, der har de højeste værdier for afgivelse af radon. I den lave ende ligger skrivekridt, kalksten og rent kvartssand.

Fra de kvartære aflejringer, som udgør den væsentligste del af jordoverfalden, er det oxideret moræneler og smeltevandssand, der har de højeste værdier for radonafgivelse, mens reduceret moræneler, morænesand og smeltevandssand og grus der har de laveste værdier.

Radon optræder også i grundvandet og i nogle tilfælde også i drikkevandet, men generelt er indholdet af radioaktive kom-

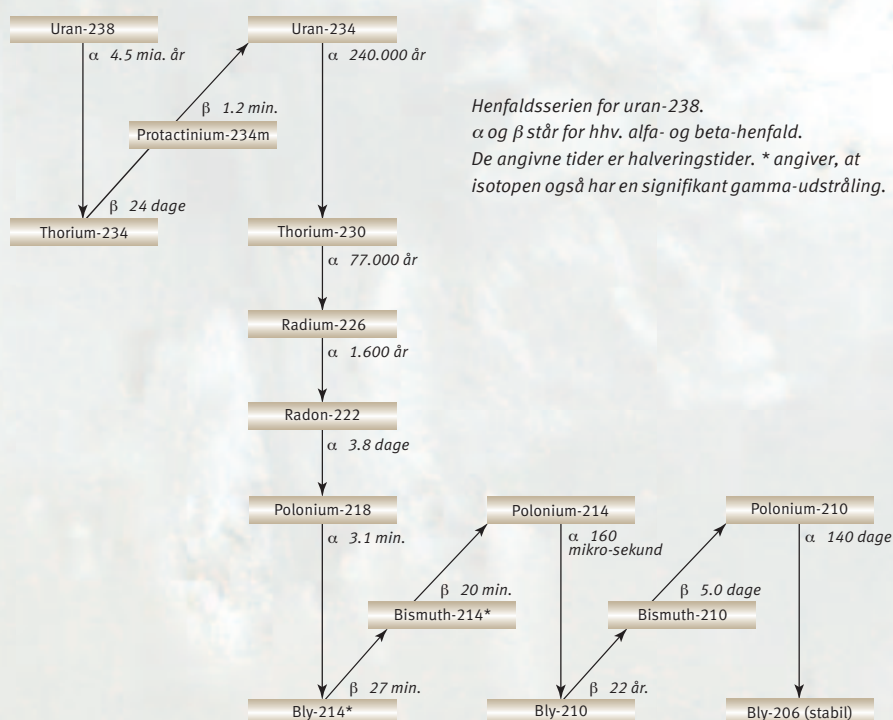
ponenter lavt i det danske grundvand og under de referenceværdier som er fastlagt af EU.

På Bornholm er der på grund af det højtliggende grundfjeld dog eksempler på høje værdier i grundvandet.

HVAD ER RADON OG ER DET FARLIGT?

Jorden blev dannet for ca. 4,5 milliarder år siden og indeholdt fra sin fødsel fra naturens side radioaktive stoffer. Disse radioaktive stoffer er ikke blot ansvarlige for den stadige varmeproduktion i Jordens indre og dermed for de tektoniske og vulkanske processer i jordskorpen, men også for en væsentlig del af den ioniserende stråling, som Jordens befolkning udsættes for. I denne artikel belyses det efterhånden ganske kendte radioaktive stof radon fra en geologisk synsvinkel.

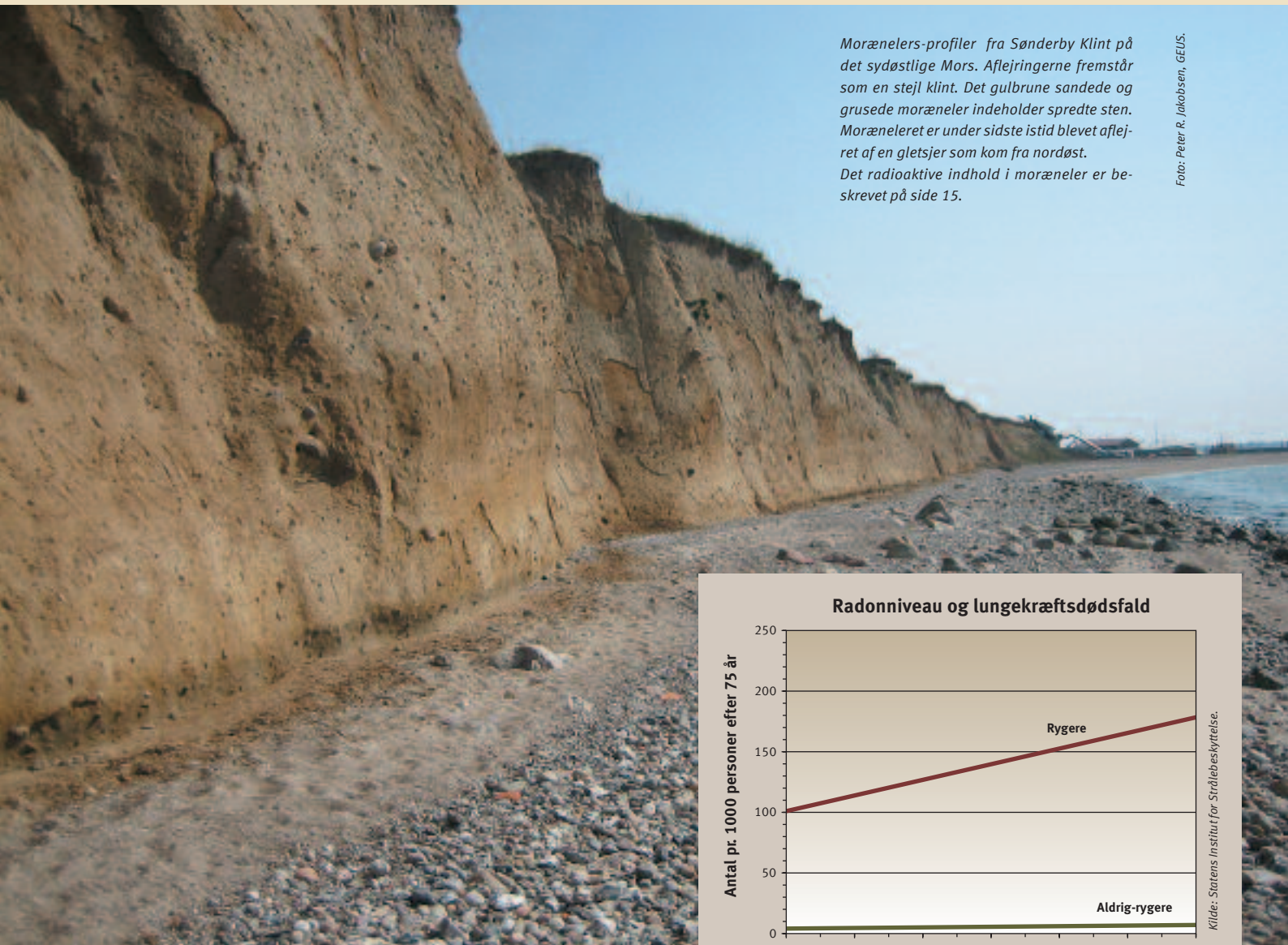
Alle radioaktive stoffer har en bestemt halveringstid, der kan variere fra brøkdele af sekunder til mange milliarder år. De radioaktive stoffer, der kan henføres til Jordens fødsel, hører alle til de såkaldte terrestriske henfaldskæder, der starter med uran-238, uran-235, thorium-232 og kalium-40, der har halveringstider på henholdsvis 4,5; 0,7; 14 og 1,3 milliarder år. Vi skal se nærmere på radon-222 – i det følgende blot benævnt radon. Radon tilhører uran-238 henfaldsserien (vist nedenfor) og dannes, når radium-226, der er nummer 6 i henfaldsserien med en halveringstid på 1600 år, henfalder under udsendelse af alfastråling. Radon selv har en halveringstid på 3,82 dage og efterfølges i henfaldsserien af de såkaldte kortlivede radondøtre: polonium-218, bly-214, bismut-214 og polonium-214. Henfaldsserien slutter med det stabile bly-206.



Henfaldsserien for uran-238.

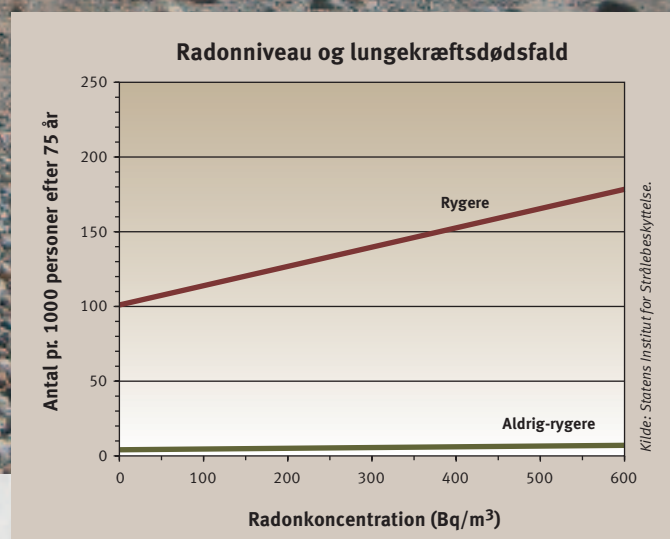
α og β står for hhv. alfa- og beta-henfald.

De angivne tider er halveringstider. * angiver, at isotopen også har en signifikant gamma-udstråling.



Morænelers-profiler fra Sønderby Klint på det sydøstlige Mors. Aflejringerne fremstår som en stejl klint. Det gulbrune sandede og grusede moræneler indeholder spredte sten. Moræneleret er under sidste istid blevet aflejret af en gletsjer som kom fra nordøst. Det radioaktive indhold i moræneler er beskrevet på side 15.

Foto: Peter R. Jakobsen, GEUS.



Antal lungekræftdødsfald efter 75 år blandt 1000 rygere eller aldrig-rygere, hvis disse livet igennem udsættes for den samme radonkoncentration.

Grundstoffet radon tilhører gruppen af ædelgasser i det periodiske system, og det enkelte radon-atom har derfor efter dannelsen fra radium-226 mulighed for at bevæge sig i det uranholdige udgangsmateriale, ja sågar i sjældne tilfælde, i dets relative korte levetid, at overgå til et nærliggende luft- eller vandholdigt medie.

Når radonatomet frem til en luftmasse, der tjener som indåndingsluft for mennesker, kan atomet og dets senere kortlivede henfaldsprodukter indåndes og give anledning til bestråling af fortrinsvis lungevævet. Ender radonatomet i drikkevandet, kan atomet og dets senere henfaldsprodukter drikkes af mennesker med bestråling af specielt mave-tarmkanalen til følge. Radon-atomet kan også frigøres til luften i forbindelse med madlavning, badning og vask.

Allerede i 1500-tallet blev det observeret, at personer, der arbejdede i sølvminer i Sachsen (Erzebirge) i stort omfang led af en dødelig lungesygdom i en relativ ung alder, den såkaldte Schneeberger-minesygge. I dag ved vi, at der var tale om lungekræft og at de pågældende sølvminer havde et stort indhold af uran og derfor også meget høje koncentrationer af radon i mineluften. Det er i dag veldokumenteret for både minearbejdere og folk der bor i enfamiliehuse, at det indebærer en øget risiko for senere i livet at få lungekræft at blive udsat for radon og radon-datterprodukter. Risikoen stiger i takt med mængden af radon, man udsættes for, og i de fleste tilfælde vil de ramte være rygere. Risikoen ved at blive udsat for radon er ca. 25 gange større for rygere end for personer, som aldrig har røget, men risikoen er også betydelig for ikke-rygere (figur på side 2).

PETER GRAVESEN

Chefkonsulent, GEUS.
pg@geus.dk

KAARE ULBAK

Chefkonsulent, Statens Institut for Strålebeskyttelse, (SIS).
ku@sis.dk

PETER ROLL JAKOBSEN

Seniorforsker, GEUS.
prj@geus.dk



Radon i en bolig.

RADON I BOLIGER

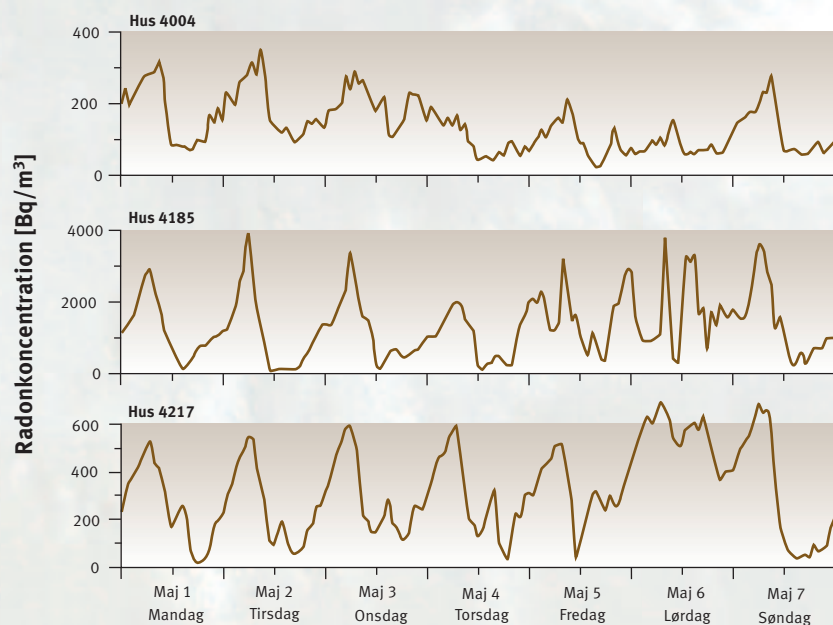
Forhøjede radon-niveauer i indendørsluften skyldes i langt de fleste tilfælde i Danmark, at jordluft med en høj radonkoncentration kan trænge ind i boligen. Mindre mængder radon fås også fra byggematerialer, og endnu mindre fra drikkevand og naturgas (se ovenfor). Radon kan trænge ind i et hus ved diffusion fra jorden og ved strømning gennem revner og sprækker. Indstrømning gennem revner og sprækker i fundament- og gulvkonstruktionen er som regel den dominerende mekanisme. Indstrømningen drives af det svage undertryk, der opstår i huset som følge af temperaturforskellen mellem den varme indendørsluft og den koldere udendørsluft. Indstrømningen varierer derfor både i døgnets og i årets løb med tilsvarende variation i radon-koncentrationen i indendørsluften, se figuren til højre. Det anbefales derfor at måle radon-koncentrationen i en bolig over 2–3 måneder i fyringssæsonen for at få en rimelig vurdering af årsmiddelværdien.

Vores viden om radon-niveauerne i danske boliger stammer primært fra en landsomfattende repræsentativ undersøgelse af radon-koncentrationen i 3019 boliger, der blev gennemført i 2001 af Statens Institut for Stråle- beskyttelse (SIS), Risø DTU og GEUS i fællesskab. Hovedresultatet af undersøgelsen er vist i Boks på side 5. Der blev også udarbejdet et dansk radonkort (side 5), der viste procentdelen af enfamiliehuse i de enkelte

gamle kommuner, som estimeredes at have en radonkoncentration over 200 Bq/m³ (becquerel pr. kubikmeter, se Boks nederst side 5).

Som det fremgår af boks øverst side 5 er jordarten under et enfamiliehus en af de bestemmende faktorer for radon-koncentrationen i huset. I den landsomfattende radon-undersøgelse blev jordarten knyttet til det enkelte

enfamiliehus ud fra GEUS' digitale jordartskort og de oplyste koordinater, der var blevet bestemt med hjælp af Kort- og Matrikelstyrelsen. Tabellen på side 6 viser en sammenstilling af resultaterne for forekomsten af de enkelte typer jordarter under de 3019 undersøgte enfamiliehuse og de tilhørende radon-koncentrationer.



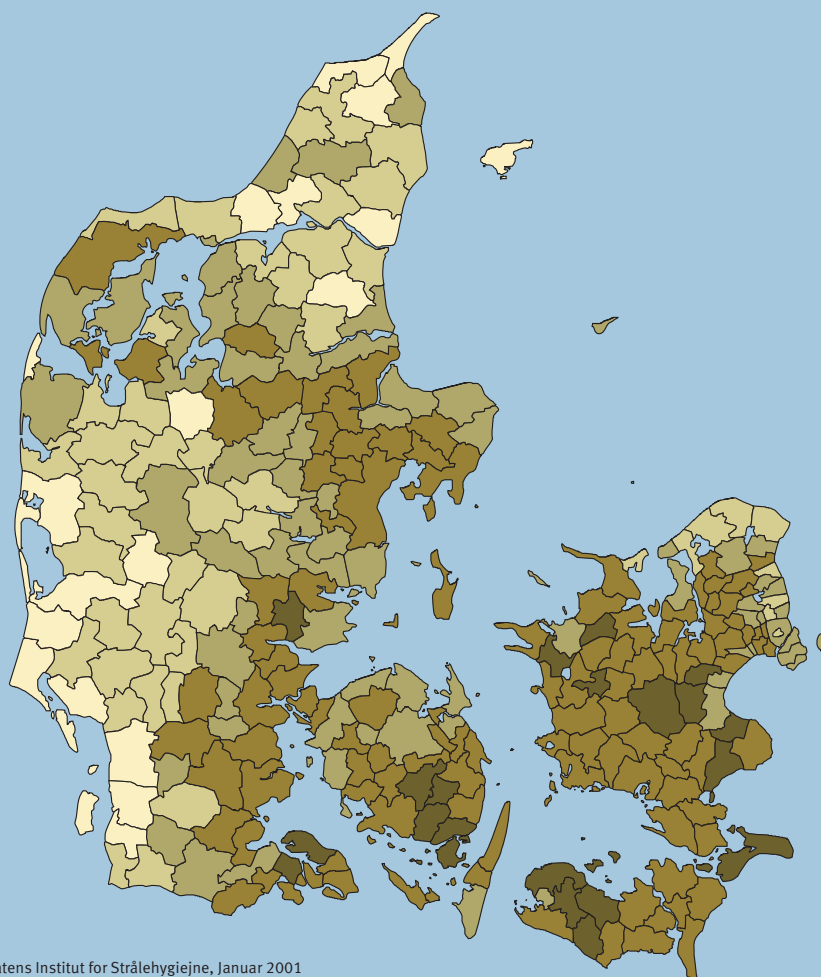
Kilde: Radon-95. En undersøgelse af metoder til reduktion af radonkoncentrationen i danske enfamiliehuse, Forskningscenter Risø, 1997.

Variationen i radonkoncentrationen i tre enfamiliehuse i løbet af en uge i maj 1995.

LANDSÆKKENDE RADONUNDERSØGELSE 2001

Hovedkonklusioner

- Det gennemsnitlige radon-niveau er 77 Bq/m³ for enfamiliehuse og 18 Bq/m³ for flerfamiliehuse (gennemsnit for alle danskere er 59 Bq/m³)
- Omkring 4,6 % af de danske enfamiliehuse (dvs. 65.000) har et indendørs radon-niveau over 200 Bq/m³
- De tre vigtigste faktorer, der er bestemmende for radon-koncentrationen i enfamiliehuse:
 1. Husets kælderforhold (terrændækhuse giver mest radon)
 2. Landsdel (Sjælland, Øerne og Bornholm giver mest radon)
 3. Jordart (moræneler, smeltevandsgur, og morænesand giver mest radon)



Statens Institut for Strålehygiejne, Januar 2001

Radon i danske boliger

Kommunekortet viser hvor mange procent af de enkelte kommuners enfamiliehuse, som vurderes at have en radonkoncentration over 200 Bq/m³. Kommunerne er inddeelt i fem klasser med tilhørende farve på følgende måde:

Farve	Andel over 200 Bq/m ³	Klasse
	10 - 30 %	4
	3 - 10 %	3
	1 - 3 %	2
	0,3 - 1 %	1
	0 - 0,3 %	0

Baseret på radonundersøgelse gennemført af Statens Institut for Strålehygiejne, Forskningscenter RISØ, Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse. Finansieret af Sundhedsministeriet.

Kilde: Radon i danske boliger. Kortlægning af lands-amts- og kommuneværdier, 2001, Statens Institut for Strålehygiejne.

ENHEDER FOR RADIOAKTIVE STOFFER

Uran måles i ppm: parts per million Radium i Bq/kg:
Becquerel pr. kilogram prøve. Sammenhængen er: Hvis der er ligevægt i henfaldskæden, vil 1 ppm uran svare til 12,3 Bq/kg radium. Radon-emanationsrater i jord: atomer/sek*kg: Atomer per sekund og kilogram prøve. Radon i vand: Bq/l: Becquerel pr. liter vand. Radon i luft: Bq/m³: Becquerel pr. kubikmeter.

Hovedrapporten om undersøgelsen kan ses og hentes på www.radon.dk

Landsdækkende radonundersøgelse i 2001. Kort over andelen af enfamiliehuse med radonkoncentrationer over 200 Bq/m³ i de 275 gamle kommuner.

Forekomst af jordarter i undersøgelsen og tilhørende radonkoncentrationer

	Forekomst i % af Dk's overfladeareal	Antallet af måleværdier	Geometrisk middelværdi Bq/m ³	Observeret %-del med værdier >200 Bq/m ³
Kvartære, postglaciale aflejringer				
Flyvesand	2,3	68	25	0,0
Ferskvandsgrus	0,1	1	110	0,0
Ferskvandssand	1,2	35	58	2,9
Ferskvandsler	0,3	9	46	0,0
Ferskvandsgytje	0,6	17	44	0,0
Ferskvandstørv	2,2	66	41	1,5
Saltvandssgrus	0,8	23	34	0,0
Saltvandssand	3,6	109	31	0,9
Saltvandsler	0,3	9	38	0,0
Kvartære, senglaciale aflejringer				
Ferskvandsgrus	0,7	20	68	10,0
Ferskvandssand	7,4	223	49	1,8
Ferskvandsler	0,1	3	140	33,0
Saltvandssgrus	0,1	1	39	0,0
Saltvandssand	1,8	53	51	9,4
Saltvandsler	0,1	4	19	0,0
Kvartære, glaciale aflejringer				
Issøgrus	0,1	1	49	0,0
Issøler	0,1	1	87	0,0
Smeltvandssgrus	3,2	97	70	4,1
Smeltvandssand	19,1	577	52	2,9
Smeltvandssilt	0,1	1	240	100,0
Smeltvandsler	0,8	24	52	4,2
Morænegrus	0,3	9	79	11,0
Morænesand	2,0	60	58	5,0
Moræneler	52,3	1579	74	6,6
Kalkmorænegrus	0,1	1	71	0,0
Andre jordarter				
Prækambrisk granit eller gnejs	0,2	5	150	40,0

Øvrige jordarter, der ikke er indeholdt i tabellen, udgør 1,1 % af Danmarksoverflade: Saltvandsgytje, Marsk, Miocæn kvartssand, Lillebælt ler, Fyld, Interglaciale smeltvandsler, Eocæn søvind mergel, Maastrichtien skrivelridt, Danien kalk.

Forekomst af jordarter under enfamiliehusene i den landsomfattende radon-undersøgelse i 2001 og tilhørende radon-koncentrationer.

dokumenteret, og at man nu har set signifikante effekter ved de radon-niveauer, man møder i boligmiljøet.

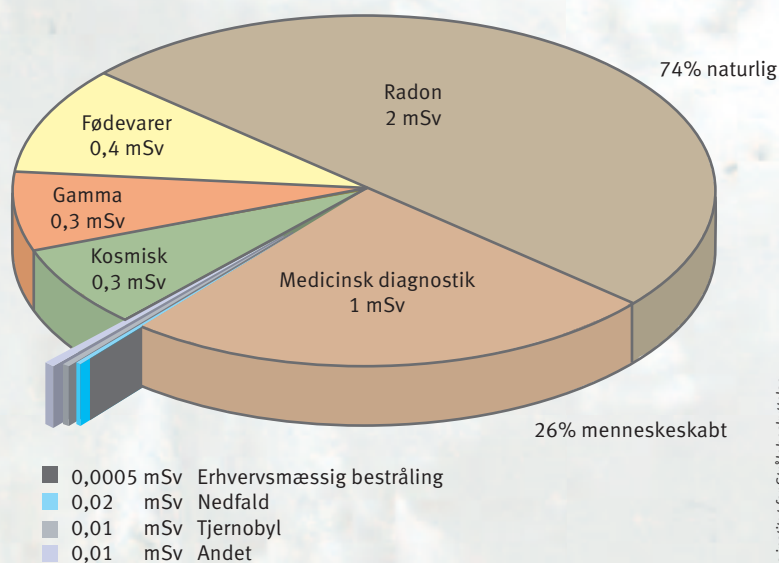
En gennemsnitlig radonkoncentration i boligen for alle danskere på 59 Bq/m³ betyder, at radon tegner sig for ca. halvdelen af den ioniserende stråling, som befolkningen udsættes for. Det betyder også, at ca. 300 lungekræftdødsfald om året i Danmark vurderes at have en sammenhæng med radon i boligen. Sammen med de andre radioaktive stoffer i de fire naturlige henfaldsserier og den kosmiske stråling tegner naturlig strålekilder sig således for ca. ¾ af den samlede bestråling af befolkningen, se nedenfor. Den sidste fjerdedel kommer primært fra den medicinske brug af røntgen og menneskeskabte radioaktive stoffer til undersøgelse og diagnosticering af sygdomme.

Kilde: Radon i danske boliger. Kortlægning af lands-, Amts- og kommuneværdier, 2001. Statens institut for Strålebeskyttelse.

DANSKE REGLER OG SAMMENLIGNING MED ANDRE STRÅLEKILDER

En radon-koncentration på 200 Bq/m³, der har været anvendt som referenceniveau i den landsomfattende undersøgelse, har i mange år internationalt været det mest anvendte referenceniveau for radon i boliger. I Danmark har Erhvervs- og Byggestyrelse, der er den danske bygningsmyndighed, i 2009 skærpet regler og anbefalinger i bygningsreglementet, således at der for nye bygninger nu gælder en grænseværdi på 100 Bq/m³. For eksisterende bygninger anbefales det, at der iværksættes enkle og billige forbedringer, når radon-indholdet er mellem 100 Bq/m³ og 200 Bq/m³, og at der iværksættes mere effektive forbedringer, når radon-indholdet overstiger 200 Bq/m³. De skærpede regler og anbefalinger kom efter nye internationale anbefalinger om øget fokus på radon i boliger, som et betydende indeklimaproblem. WHO (World Health Organization) og de nordiske strålebeskyttelsesmyndigheder henviste bl.a. til, at vurderingen af den sundhedsskadelige effekt af radon (lungekræft) er uforandret (samme risikofaktor) men nu meget bedre

Den danske befolkning - Årlig middeldosis pr. person



(Stråleterapi ikke medregnet)

Den danske befolknings udsættelse for ioniserende stråling – Årlig middeldosis pr. person. Enheden for stråledosis er mSv, millisievert.

Kilde: Statens institut for Strålebeskyttelse.

Uforvitret Vang Granit fra Vang Granitbrud, Bornholm.

a. Vang Granitten er gennemsat af både lodrette og vandrette sprækker, hvori der kan ske transport af vand og luft.

b. Granitten består af lysegrå kvarts, rød feldspat og forskellige sorte mineraler bl.a. glimmer og allanit.

Fotos: Merete Binderup, GEUS.



FRA JORDLAGENE TIL HUSENE

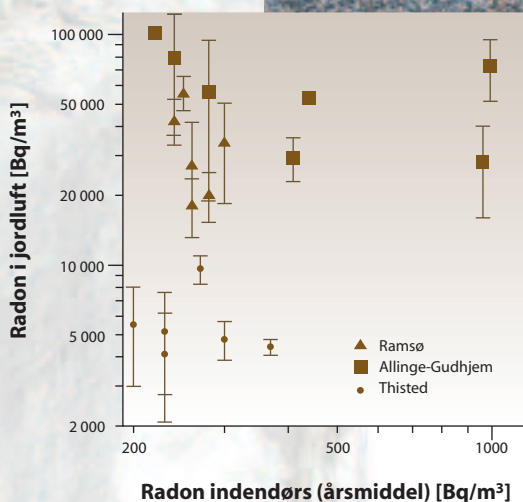
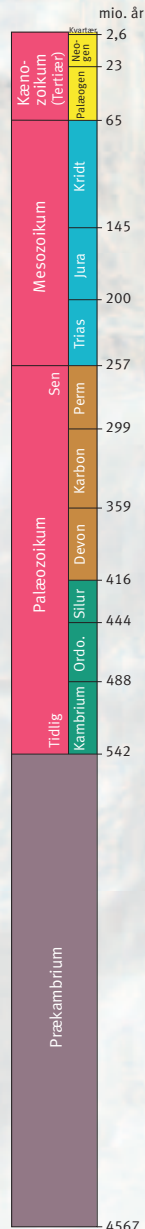
Den radon-holdige luft kommer fra de omgivende jordarter og bjergarter og deres karakteristika og indhold af radioaktive stoffer har stor betydning for indeluftsens indhold af radon som det ses på diagrammet til højre.

Udgangspunktet for radon-indholdet i de fleste danske bjergarter og sedimenter er, at disse indeholder mineraler med radioaktive komponenter, eller at radioaktive stoffer på en eller anden måde er tilknyttet aflejringerne. Oprindelig er de radioaktive grundstoffer uran og thorium dannet ved at smeltede dybgrunds-bjergarter er størknet (restmagna), fx i forbindelse med bjergkædedannelser eller ved at flydende bjergartsmasser har bevæget sig op til overfladen. Ved denne proces har uran og thorium fundet vej til en række forskellige mineraler, som nu indgår i bjergarter som fx granitter og andre mere specielle krystalline bjergarter. Granitter kendes fra Bornholm, hvor den yngste er dannet for omkring 1200 mio. år siden (se ovenfor). Granitterne indeholder radioaktive mineraler, men i beskedent omfang, og det bornholmske grundfjeld kan karakteriseres som et forholdsvis lav-radioaktivt grundfjeldsområde.

Når resten af Danmarks bjergarter og sedimenter indeholder radioaktive stoffer, skyldes det at ler-, silt-, sand- og grusmaterialer er blevet transporteret med floder fra forvitrede grundfjeldsområder i Norge, Sverige, Finland og Bornholm til aflejring i det danske bassin gennem tidsrummet Prækambrium til Kvartær. I Kvartærtiden er det især de store gletsjere, der har bragt materiale frem til aflejring i det danske område.

Baggrunden for indholdet af uran og thorium er således forvitring og nedbrydning af grundfjeldsbjergarter og senere transport og aflejring.

Geologisk tidsskala



Sammenhæng mellem radon i jordluft i 85 cm dybde og radon-koncentrationer i indeluft i 19 huse. Geologiens betydning i form af udgangsmateriale og permeabilitetsforhold ses af fordelingen med høje værdier fra grundfjeldet på Bornholm, lavere værdier fra moræner på Sjælland og de laveste værdier i kalkaflejringer ved Thisted.

Kilde: Radon-95: En undersøgelse af metoder til reduktion af radon-koncentrationer i danske enfamiliehuse. Forskningscenter Riso, 1997.



Forvitret Almindig Granit fra et lille granitbrud syd for Almindingen, Bornholm. Den rødbrune granit er gennemsat af lodrette sprækker og tynde lodrette, grønsorte diabasgange. Både granit og diabas er stærkt forvitrede og stedvist omdannet til leret materiale (pil). Radon-emanationen fra de to bjergarter er relativ høj.

ter kommer til et reducerende miljø vil det genudfældes især på lerpartikler og organisk materiale. I særlige tilfælde kan der under forvitringen dannes et restmateriale ved jordoverfladen indeholdende særligt mange af de tilbageværende særlige mineraler, som derfor danner et radioaktivt koncentrat.

TRANSPORT OG AFLEJRING

Materiale fra grundfjeldet og de forskellige aflejringer ovenpå grundfjeldet er formentlig transporteret med floderne og efterfølgende aflejret i floder, deltaer, laguner, søer og havet i det danske bassin. Endvidere har gletsjere og smeltevandsfloder ført materiale til det danske område. Der er tale om materiale med meget forskellig sammensætning og kornstørrelse, hvilket kan illustreres ved en gennemgang af de sedimenter, som findes øverst i jordlagene i det danske område.

Egentlige uranmalme findes ikke i Danmark. Men uran findes i grundfjeldet på Bornholm og i de danske sedimenter, der er transporteret hertil som nedbrydningsprodukter fra de norske og svenske fjelde. Og fordi uran henfalder til radium og derefter radon, er det væsentligt at kende til urans tilstedeværelse i danske sedimenter og bjergarter for at forstå fordelingen af jordarternes radon-indhold. Som tidligere beskrevet henfalder uran til radium. Radium er betydeligt mere stabilt end uran, så når uran under iltede forhold opløses og transporteres væk, bliver radium tilbage i sedimenterne.

FRA URAN TIL RADON I JORDARTERNE

Radon er et radioaktivt henfaldsprodukt fra radium. Radium sidder i mineralstrukturer, adsorberet på overfladen af lermineraler, jernoxider eller på organisk materiale. Når radon dannes (radon emanation) vil en del af luftarten bevæge sig ind i jordarternes porer. Muligheden og hastigheden for derefter at bevæge sig videre afhænger af jordarternes gennemtrængelighed og om der er vand i porerne. Transporten skal være hurtig inden radon ned-

FORVITRING AF GRUNDFJELDET

Det skandinaviske grundfjeldsområde har i lange perioder været udsat for både fysisk og kemisk forvitring, hvilket har ændret bjergarternes sammensætning og nedbrudt dem, så floder har kunnet transportere løst materiale væk fra området, se ovenfor.

Det er især nedbør og temperatursvingninger, der er ansvarlige for forvitringen. Granitterne indeholder som udgangspunkt radioaktive komponenter på to måder: 1: Fordelt i alle de vigtigste bjergartsdannende mineraler som kvarts, feldspat og glimmer, med det laveste indhold, og 2: Koncentreret i særlige mineraler

som zirkon, apatit, titanit, allanit, monazit og fluorit, med det højeste indhold. Ved den fremadskridende forvitring vil der i opståede sprækker i de krystalline bjergarter, hvori der afsættes omdannede glimmer- og feldspatmineraler, lermineraler og forskellige oxidforbindelser, ske en stigende koncentration af radioaktive komponenter.

I denne forvitringsproces opfører uran og thorium sig forskelligt. I den øverste zone under jordoverfladen, hvor der hersker iltende forhold, vil uran hurtigt blive opløst og transporteret væk i vandig fase. Thorium derimod vil forblive i den iltende zone. Når uran deref-

Foto: Peter R. Jakobsen, GEUS.

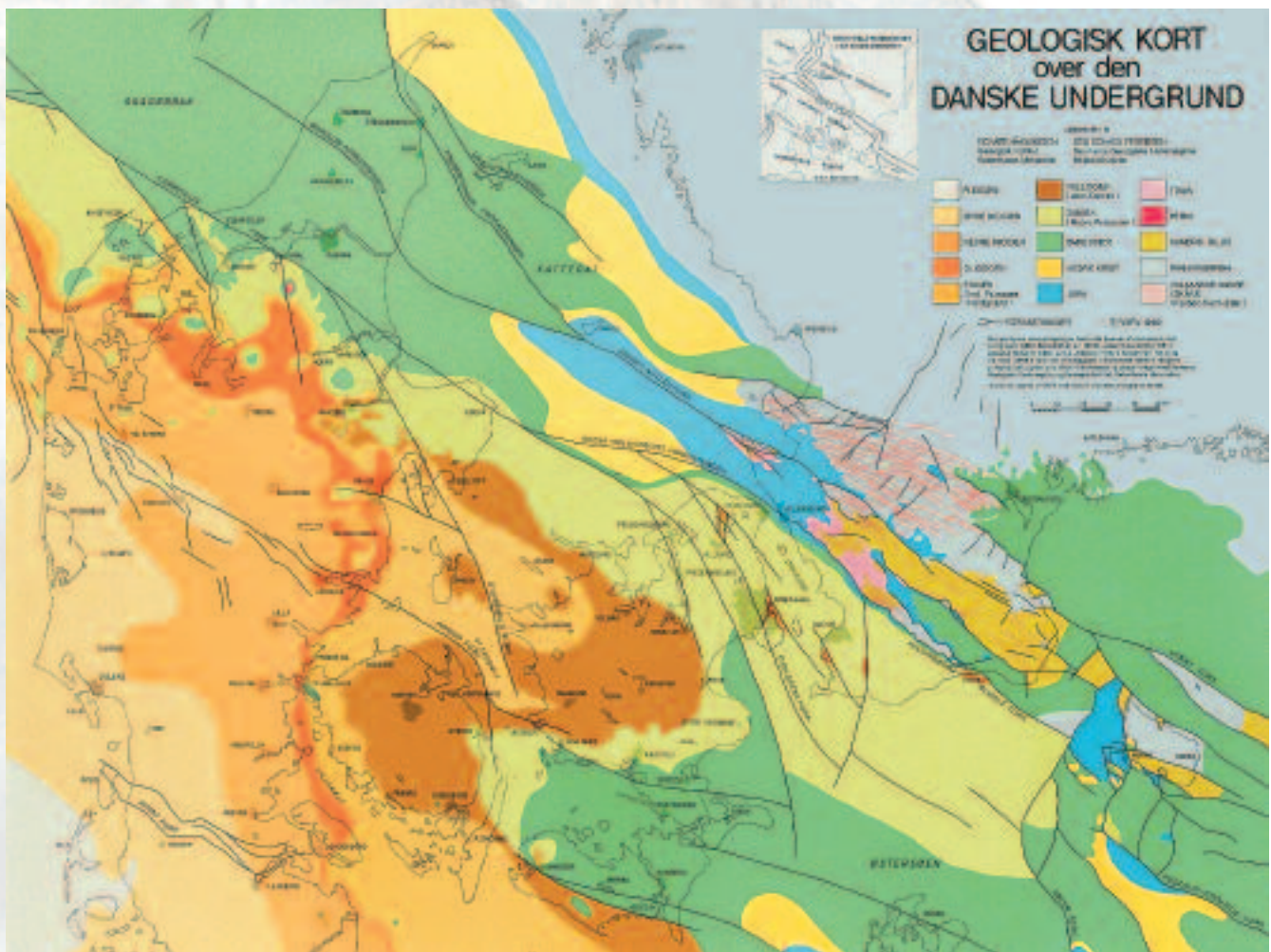
brydes igen og bl.a. for meget vand hæmmer luftartens bevægelsesmuligheder. Måling af radon-produktionen fra de faste jordpartikler til poreluften angives som en emanations-rate, dvs. hvor mange atomer, der produceres pr. sekund og kilogram jordart.

UNDERSØGELSER I DANMARK

Indholdet af radioaktive komponenter i danske bjergarter og sedimenter er kun blevet undersøgt i begrænset omfang. Alligevel tegner

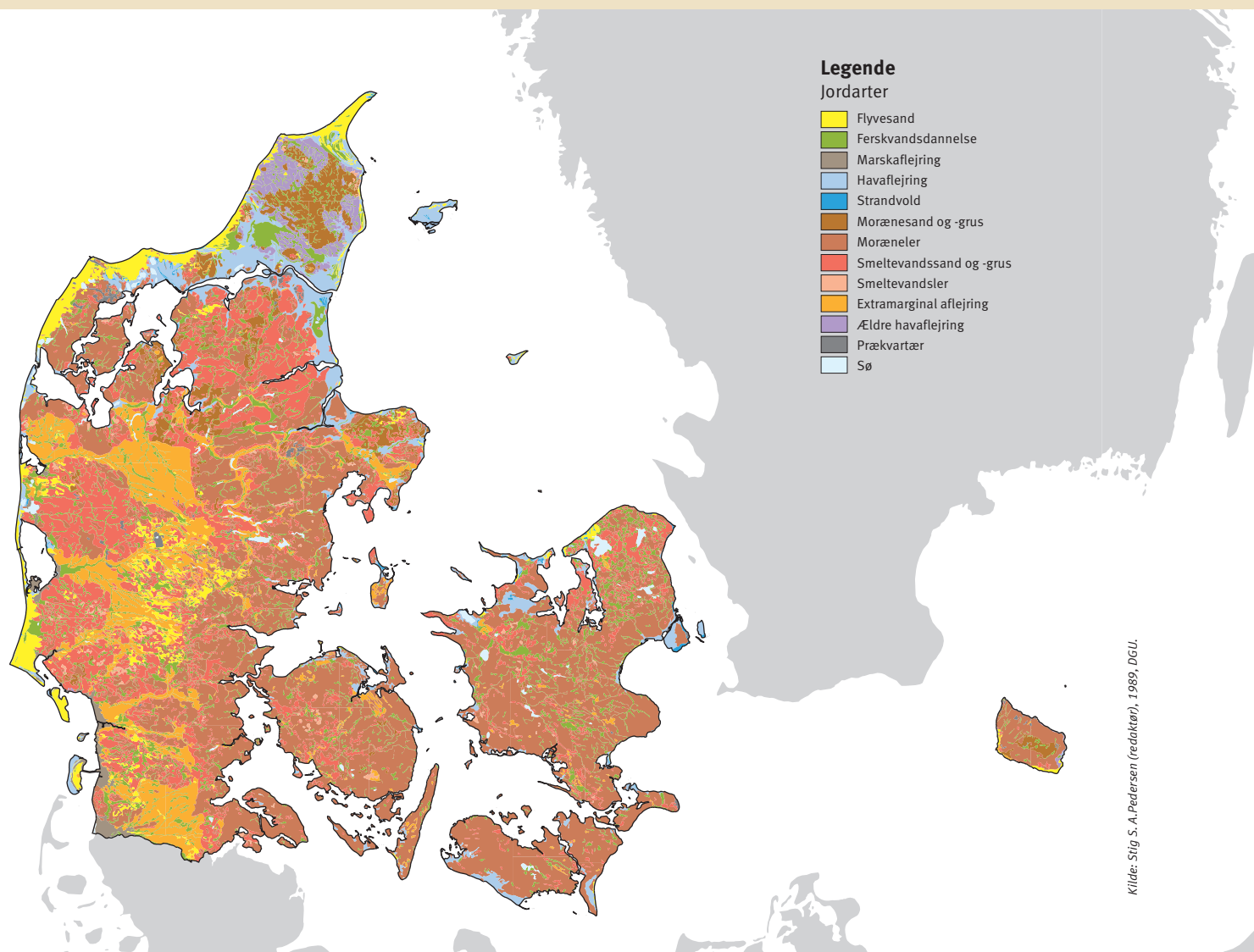
der sig et mønster i fordelingen, som kan danne udgangspunkt for vurdering af radon-indholdet. Vurderingerne kan som udgangspunkt ske ud fra de to geologiske kort over hhv. de prækvartære aflejringer og bjergarter (nedenfor) og de kvartære jordarter (side 10). De kvartære aflejringer dækker for det meste de mange forskellige prækvartære dannelser, men stedvis som på Bornholm og i Ålborg-området stikker de ældre aflejringer gennem de yngre kvartære lag ligesom det kan være tilfældet i

råstofgrave og kystklinter. De kvartære aflejringer har således meget forskellig tykkelse i de forskellige dele af landet, strækkende sig fra 0 m til mere end 300 m i Horsens-området. Om uran- og radiumindholdet i de prækvartære aflejringer har betydning for om radon kommer frem til jordoverfladen afhænger således af tykkelsesforholdene i de kvartære aflejringer. Et andet punkt af betydning er, i hvilket omfang de kvartære aflejringer har oparbejdet materiale fra de ældre aflejringer og således



Kilde: Eckhørt Håkansson & Stig S.A. Pedersen, 1992, VARV.

Geologisk Kort over den danske undergrund, når aflejringer fra Kvartærtiden er fjernet. Udbredelsen af aflejringer og bjergarter fra de tidsafsnit, som er omtalt i teksten, kan ses på kortet.



Kilde: Stig S. A. Pedersen (redaktør), 1989, DGL.

Kortet viser de overfladenære aflejringer fra Kvartærtiden: Aflejringer fra istiderne i form af moræne- og smeltevandsaflejringer og aflejringer fra tiden efter istiderne, hav-, ferskvandslag og flyvesand.

har opkoncentreret indholdet af uran. Erosion og forvitring kan ligeledes opkoncentrere indholdet af radioaktive komponenter, hvilket især kendes fra områder med kalkaflejringer. Uran påvirkes også af det geokemiske miljø. Under oxiderende forhold bliver uran fx opløst og transporteret væk og genafsat under reducerende forhold. Urans henfaldsprodukt radium er derimod vanskeligt af fjerne.

Generelt må Danmark betegnes som et forholdsvis lavradioaktivt område, selv om der kan findes områder, bjergarter og sedimenter, som har et betydeligt indhold.

DE BORNHOLMSKE FORHOLD

Bornholm er det eneste sted i Danmark hvor grundfjeldet enten er fremme i jordoverfladen eller kun er dækket af tynde kvartære lag. Målinger viser at uranindholdet er på 3,0–3,8 ppm, og generelt er noget lavere end i fx Sveri-

ge. Undersøgelser af granitternes og gnejsernes mineralindhold viser kun få mineraler: Zirkon, allanit, titanit og apatit som almindeligvis indeholder uran. En allanit-variant, gadolinit, træffes som store sorte krystaller i Hammer Granitten og i grovkornede pegmatitgange. På side 11 og på forsiden af bladet er vist et foto af gadolinit.

Grundfjeldsbjergarterne er ofte opsprækkede og mange sprækker er tydeligt forvitrede. Forvitring af grundfjeldsbjergarterne kendes som kaolinforvitringen af Rønne Granitten og en række diabasgange, samt feldspat-omdannelse til lermineraller i sprækkezoner i granitterne, og som kraftig disintegration af Svaneke Granittens store krystaller til Årdsdale Grus. Radiumindholdet i grundfjeldet kan være helt op til 260 Bq/kg, men målinger af radioaktive komponenter i en kraftig forvitret granit i en sprækkezone viser, at den uforvitrede granit

har 66 Bq/kg radium, mens den forvitrede var på 86 Bq/kg (og 4,2 ppm uran). En diabasgang i tilknytning til sprækkezonen har 8,5 ppm uran og 104 Bq/kg med radon-emanationsrater på 9,6 atomer/sek*kg for granitten og 40 atomer/sek*kg for diabasen.

Den Kambriske alunskifer som har højt indhold af organisk materiale, har det højeste indhold af alle danske bjergarter med et radium indhold på 1500 Bq/kg, men den er ikke undersøgt nærmere. I det hele taget har lerarter dannet i kystnære afgrænsede områder som laguner, deltaer og fjordbassiner med et højt indhold af organisk materiale også et højt indhold af sekundært udfældet uran. Indholdet af radon er da også forholdsvis højt i lerarter fra Jura og Nedre Kridt, som har radiumværdier på 106–109 Bq/kg og radon op til 12 atomer/sek*kg (foto side 11).

Radon-forholdene på Bornholm har især



Foto: Jørgen Butzbach.

Sort radioaktivt gadolinit mineral i pegmatitgang i Rønne Granit, Bornholm. Mineralets radioaktivitet har påvirket krystallerne udenom, således at der er dannet radierende sprækker.

Sort, ret fedt ler med et stort indhold af plantemateriale fra Rabekke Formationen, Nedre Kridt, Arnager Bugt, Bornholm. Mængden af plantemateriale i leret er meget højt, og undertiden aflejret i horisontale lag. Tynde horisonter med rødbrunt, oxideret ler ses midt i det sorte ler.

betydning for de bebyggelser, som ligger placeret mere eller mindre direkte på grundfjeldsbjergarter. Høje radonværdier i indeluften er blandt andet fundet i kældre, hvor en eller flere vægge består af den rå bjergart. Da radonproduktionen er en kontinuerlig proces, er der mulighed for opbygning af meget høje værdier i luften selv om radon-emanationsraten ikke er så høj. Radon i grundvandet har væsentlig højere værdier end for det øvrige grundvand i Danmark. Dette vender vi tilbage til.

Foto: Peter R. Jakobsen, GEUS.





Foto: Merete Binderup, GEUS.

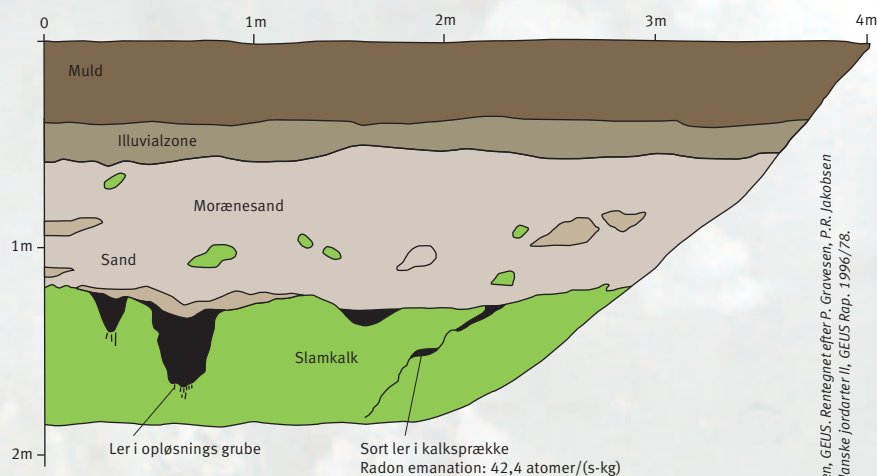
Kalkaflejringer i Stevns Klint, Stevns, Sjælland. Grænsen mellem Kridt og Danien ses tydeligt under udhænget på klinten. Nedenunder grænsen ses hvid og hvidgrå skrivekridt fra Øvre Kridt med horisonter af sort flint. Grænsen er markeret ved det sorte fiskeler (pilen), som er aflejret i små bassiner. Ovenover leret følger flere forskellige hvide og gullige Danian kalktyper, bl.a. bryozokalk, der danner store banker markeret ved flintlag.

SKRIVEKRIDT OG ANDRE KALK-AFLEJRINGER FRA KRIDT OG DANIENT

Igennem Kridttiden var Danmark dækket af et hav og kun meget lidt klastisk materiale (ler, silt, sand, grus og sten) blev ført ud i havet, selvom kysten lå tæt ved. Der blev dannet meget finkornede kalksedimenter af kokkolitter (kalkskallede alger) med få mere lerede horisonter, som opbyggede en lagserie. Efter havniveausænkningen på grænsen mellem Kridt og Palæogen (Tertiær) blev det tynde sorte lerlag aflejret (fiskeleret), hvorefter der igen blev aflejret kalksedimenter i Danien (foto ovenfor). Også i Danien-kalken findes lidt lermateriale. Manglen på det klastiske materiale gør, at det radioaktive indhold er meget lavt i kalksedimenterne. Værdierne ligger for uran på 0,3–1,5 ppm, for radium på 1–20 Bq/kg og for radon på 0,3–1,2 atomer/sek*kg.

Der er flere steder i landet, hvor kalkaflejringerne når helt op til jordoverfladen og har betydning for befolkningen. Det lave niveau

THISTED Geologi



Profil fra en 2 m dyb udgravning i Thisted, som viser strukturerne på kalkoverfladen. Morænesand ligger på en uregelmæssig kalkoverflade, hvor der er op til 40 cm dybe karstlignende opløsningsgruber. I gruberne og i sprækker i kalken findes sort fedt ler, som har høje radon emissionsrater på 42 atomer/sek*kg. Det er sandsynligtvis leret, som er årsag til, at der er forholdsvis højt radonindhold i indeluften i en del af husene i Thisted.

Illustration: Annabeth Andersen, GEUS. Rettegnet efter P. Gravesen, P.R. Jakobsen & N. Kelstrup, 1996, Radon i danske jordarter II, GEUS Rap. 1996/78.

Håndstykke fra udgravning på Gemmas Alle, Amager. Stykket viser grænsen mellem København Kalk fra Danien (nederst) og Grønsandskalk fra Selandien. Grønsandskalkens bundlag er rig på det grønne mineral glaukonit og lidt større brunlige knolde af mineralet fosforit. Grænsen viser tegn på erosion og omlejring af materiale fra København Kalken.

Foto: Peter Warne-Moors, GEUS.

gør, at de fleste områder er uproblematisk, men overraskelser kan opstå, når uventede ting findes ved nærmere undersøgelser. I Thisted-området er påvist høje værdier af radon i husenes indeluft, selv om der er tale om Daniens slamkalk under husene. Udgravninger påviste opløste gruber i kalken, hvor omlejret ler-materiale, antagelig af yngre leraflejringer, som ellers er eroderet væk, er bevaret. I dette ler er målt meget høje radon-værdier på 42,4 atomer/sek*kg (tegning side 12).

GRØNSANDSAFLEJRINGER OG SORT LER FRA PALÆOCÆN

Efter dannelsen af de hvide og lysegrå kalkaflejringer skete en ændring, hvor kalkaflejringerne også blev præget af tilførsel af lermateriale til det danske aflejringsbassin. De marine grønsandaflejringer (foto ovenfor) indeholder ofte det grønne mineral glaukonit, som kan have et højt radioaktivt indhold. De yngre grå og sorte leraflejringer er ofte høj-radioaktive, og det kan være denne type der findes i opløs-

ningsgruberne i kalken. Værdier på det sorte ler, som forekommer tæt ved Thisted på Mors er op til 300 Bq/kg radium og har radon-emanationsrater på op til 130 atomer/sek*kg. Hvorfor det radioaktive indhold når så høje værdier i de palæocæne lerarter vides ikke, men binding til det høje organiske indhold er en mulighed. De tidlige Palæocæne aflejringer kommer kun sjældent op i nærheden af jordoverfladen.

MOLER OG VULKANSK ASKE, PLASTISK LER OG FEDT LER FRA EOCÆN OG OLIGOCÆN

De marine aflejringer fra disse tidsafsnit startede med dannelsen af siltede lerarter og kiselholdige diatoméaflejringer (moler) i det meste af det danske bassin og ca. 180 lag af vulkansk aske karakteriserer forholdene (se foto nedenfor). Indholdet er på op til 120 Bq/kg radium med radon-emanationsrater på op til 22

Skarrehage Molergrav på Mors. De vekslende lag af moler (diatomit) og vulkansk aske (Fur Formationen) fra Eocæn er blevet foldet af istidens gletsjere, som først er kommet fra nordøst (fra venstre i billedet), derefter fra øst.

Foto: Knud E.S. Klint, GEUS.



Foto: Merete Binderup, GEUS.

Eocæne aflejringer fra klinten ved Albæk Hoved, Juelsminde, Østjylland. Nederst ses horisontale lag af siltet grønligt og blåligt ler og vulkansk aske fra Ølst Formationen. Øverst findes rødbrunt, meget fedt, plastisk ler fra Røsnæs Ler Formationen. Lagene er deformeret af istidens gletsjere, som kom fra øst.



Foto: Erik S. Rasmussen, GEUS.

Sort glimmerler i klinten ved Skansebakken, Brejning ved Vejle, Østjylland. Det sorte glimmerler med et højt organisk indhold er fra Vejle Fjord Formationen fra grænsen mellem Oligocæn og Miocæn.



Foto: Erik S. Rasmussen, GEUS.

Brunt ler fra Gram Lergrav i Sønderjylland. Den brune ler fra Gram Formationen er fra Miocæn. Leret indeholder lidt glimmer og tynde sandlag, der er dannet under storme. Efterfølgende er sandet blevet gennemgravet af dyr, der levede på havbunden.

atomer/sek*kg. Indholdet af radioaktive komponenter er højt, og det er især askelagene, som kan have op til 22 ppm uran. I den efterfølgende del af Eocæn blev der aflejret særdeles finkornet lermateriale (foto til venstre), men den omfattende lersedimentation afbrydes af episoder med dannelse af tynde glaukonit-lag og horisonter med konkretioner (hårde, kompakte legemer). Det radioaktive indhold er lavt, men ikke undersøgt nærmere og det samme gælder de fede lerarter fra første halvdel af Oligocæn, se midterste foto.

GLIMMERLER, - SILT OG -SAND SAMT KVARTSSAND FRA OLIGOCÆN OG MIOCÆN

De brune og sorte leraflejringer fra Oligocæn og Miocæn indeholder ofte megen glimmer og i horisonter findes glaukonit og konkretioner (foto nederst). En del af aflejringerne er dannet i deltaer, laguner og sumpe, hvor der har været omfattende plantevækst. Lagene indeholder derfor et stort organisk materiale strækkende sig fra plantedele, træstammer og rødder til fint fordelt materiale aflejret i et reducerende miljø. De udgør derfor et potentielt område for at opfange opløst uran. Det viser sig også at indholdet er relativt højt med værdier op til mellem 2,5 og 7 ppm uran, 45–62 Bq/kg radium og radon-emanationsrater på 6,2–39 atomer/sek*kg. Nogle af de højeste værdier findes imidlertid i marine leraflejringer fra yngste Oligocæn og yngste Miocæn.

Sandaflejringerne udgøres af det mere finkornede glimmersand og det mere grovkornede kvartssand. Sandlagene vil i mange tilfælde veksle med ler- og siltlag, ofte i tynde rytmiske lag. Begge typer sand er normalt lavradioaktive. I sandaflejringerne træffes tynde lag med koncentrationer af tungsand, der typisk består af zirkon, rutil, turmalin, titanit, apatit og malme. Disse lag er som regel stærkt radioaktive med værdier på 25–30 ppm uran, 850 Bq/kg radium og radon-emanationsrater på 52 atomer/sek*kg.

Glimmeraflejringerne er normalt dækket af forholdsvis tykke kvartære lag, men mange steder i Jylland kommer de helt op til jordoverfladen. De relativt let gennemtrængelige sandlag nedsætter betydningen af radon-indholdet i lagene på grund af radons halveringstid, men i områder med glimmerler under de kvartære aflejringer kan der forekomme høje værdier – således også i husene.

RADON I GRØNLAND

Radon i grønlandske boliger.

NIRAS Greenland A/S og Grønlands Forundersøgelse, Asiaq har i 2005 målt radon i 3 byer.

Hovedkonklusioner:

- Nuuk: Gennemsnitligt radon-niveau på 10 Bq/m³ og ingen over 200 Bq/m³
- Qaqortoq: Gennemsnitligt radon-niveau på 50 Bq/m³ og 7 % lå over 200 Bq/m³
- Narssaq: Gennemsnitligt radon-niveau på 170 Bq/m³ og 28 % lå over 200 Bq/m³
- Niveauerne i de tre byer i forhold til hinanden er i god overensstemmelse med forventningerne ud fra de geologiske forskelle i undergrunden ved de tre byer.



Dalen ved Kvanefjeld. Øverst til venstre anes mineindgangen, hvorfra vejen snor sig ned gennem dalen til Narsaq. Restbunkerne fra prøvebrydningen i 1980 ses som et lysebrunt felt midt i billedet.

RADON I KVANEFJELDET

Kvanefjeld rummer Grønlands mest kendte uranforekomst.

Det dominerende uranholdige mineral er steenstrupin, hvis mængde – og dermed også mængden af uran – varierer i bjergarten. Men området er særdeles godt kendt fra de efterforskninger, som statslige institutioner har udført i området frem til 1985. Der er bl.a. gennemført 66 borer, som har produceret ca. 10.000 meter borekerne i perioden 1958–81. Risø DTU har gennemført målinger af radonniveauet i en ikke-ventileret, aflukket tunnel i Kvanefjeldet efter forsøgsbrydningen i 1980–81. Målingerne gav værdier på omkring 150.000 Bq/m³.



Fotos: GEUS.

Indgangen til tunnelen i Kvanefjeldet. Ved fornyede undersøgelser på Kvanefjeldet i 1978 blev der sprængt en 960 m lang tunnel, hvorfra 20.000 ton malm blev hentet. Det kraftige udsugningsanlæg, som sikrer at radonmængden ledes væk fra minen, foregår via det store gule rør.

GLACIALE MORÆNE- OG SMELTVANDS-AFLEJRINGER OG INTERGLACIALE LAG FRA KVARTÆR

De glacial, kvartære aflejrings sammensætning og kornstørrelser er meget mere heterogene og varierende end de ældre jordarters. Moræneaflejringerne (se foto på side 3), hvoraf moræneler helt dominerer i forhold til morænesand, udgør mere end 40 % af aflejringerne på landoverfladen og 1 meter ned. Disse aflejringer dækker de ældre prækvartære aflejringer i det meste af landet og kan opnå store lagtykkelser. Sammensætningen består dels af en finkornet matrix (grundmasse) af ler og silt og dels af mere grovkornet materiale i form af sand, grus, sten og blokke. Det radioaktive indhold kan findes i matrixen, både som primært materiale fra det skandinaviske grundfjeldsskjold og sekundært efter opløsning og transport i et tiltende kemisk miljø. Desuden findes det i store grundfjeldsklaster med radioaktive bjergartsfragmenter og mineraler i moræneleret. Alderen af moræneleret spiller tilsyneladende også en rolle. Typiske værdier for reduceret moræneler er: Uran 1,2–2,6 ppm, radium 16–36 Bq/kg og radon 2,6–6,5 atomer/sek*kg. For oxideret moræneler er værdi-



Foto: Peter R. Jakobsen, GEUS.

Smeltevandssand og -grus fra Vamdrup Grusgrav ved Kongeådal, Jylland. Den store grusgrav indeholder tykke lag af sand, grus og sten, som er aflejret af en flettet flod på en hedeslette ved smeltning af en stor gletsjer.

erne højere: 1,2–2,0 ppm uran, 13–36 Bq/kg radium og 5,6–15,6 atomer/sek*kg radon. Det sidstnævnte ler er det, som ligger under langt de fleste huse i Danmark, og det har højere radon-værdier end det underliggende materiale.

Smeltevandsaflejringerne sand, grus og sten, som stammer fra de prækambriske bjergarter, er for det meste udsat for talrige gange transport og aflejring og ligeledes har de været blottet mod atmosfæren (foto ovenfor). Det radioaktive indhold har værdier på 5–17 Bq/kg radium og

0,6–8,5 atomer/sek*kg radon, og disse værdier er lavere end for oxideret moræneler.

De mere finkornede smeltevandssilt- og leraflejringer (øverste side 16), hvis materiale formentlig er en blanding af kort og langt transporteret materiale har overraskende høje værdier, der måske kan tyde på et tilskud af materiale fra prækvartære lerarter (24–43 Bq/kg radium og 4,0–31 atomer/sek*kg radon).

Både indholdet i moræneaflejringerne og smeltevandsaflejringerne betyder meget, fordi



Foto: Merete Binderup, GEUS.

Smeltevandssøer fra Karby Klint på det sydvestlige Mors. Det grå, fede, lagdelte smeltevandssøer med tynd siltindslag er aflejret i en stor smeltevandssø ved slutningen af Elster Istiden, da isen smeltede. Smeltevandssøer har stor udberedelse lige syd for Limfjorden og på Thy, Thyholm og Mors.



Foto: Peter R. Jakobsen, GEUS.

Tørv fra Emmerlev Klev, Syddjylland. Tørv er fra Eem interglacial. Den er dannet ved, at en sø er vokset til og er blevet til en mose. Tørv består næsten udelukkende af plantemateriale, som ligger horisontalt.

så stor en del af befolkningen bor på disse jordarter, og vurderinger af radon-indholdet i indeluften i husene er bl.a. baseret på viden om jordarterne og kortlægning af dem på landsplan (se boks side 5).

AFLEJRINGER EFTER ISTIDEN

Aflejringerne, som er dannet efter at istidernes gletsjere var smeltet væk, er af meget forskellig slags. I år blev der aflejret sand og grus, i søer ler, silt og gytje, i moser tørv og gytje, på klitterne flyvesand og i havet sand, silt og ler. De marine postglaciale aflejrings værdier svinger mellem 2,1 og 4,2 ppm uran, 7 og 24 Bq/kg radium og 0,5 til 17,3 atomer/sek*kg, hvor de højeste værdier er fra ler med højt organisk indhold. Postglacial ferskvandstørv har både meget lave og meget høje værdier afhæn-

gigt af, hvor i et profil prøverne er taget (foto ovenfor). Værdierne er på 0,5–1,4 ppm uran, 12–66 Bq/kg radium og 1,1–10 atomer/sek*kg radon-emanationer.

SAMLET OM RADON I JORDARTERNE I DANMARK

En samlet vurdering af de radioaktive forhold og herunder radon-indholdet i danske jordarter og bjergarter kan pege på tydelige forskelle mellem de prækvartære aflejringer og de kvartære aflejringer. Desuden har de kvartære lags tykkelse stor betydning for at vurdere de prækvartære aflejrings bidrag til fx radon-indhold i indeluften i husene, se side 17.

Målinger af radon-emanationsrater har ført frem til nedenstående klassifikation af radon-indholdet i en ny inddeling i fire klasser:

Klasse 1: Radon-emanationsrate på $R < 5$ atomer/sek*kg

Klasse 2: Radon-emanationsrate på $5 < R < 15$ atomer/sek*kg

Klasse 3: Radon-emanationsrate på $15 < R < 25$ atomer/sek*kg

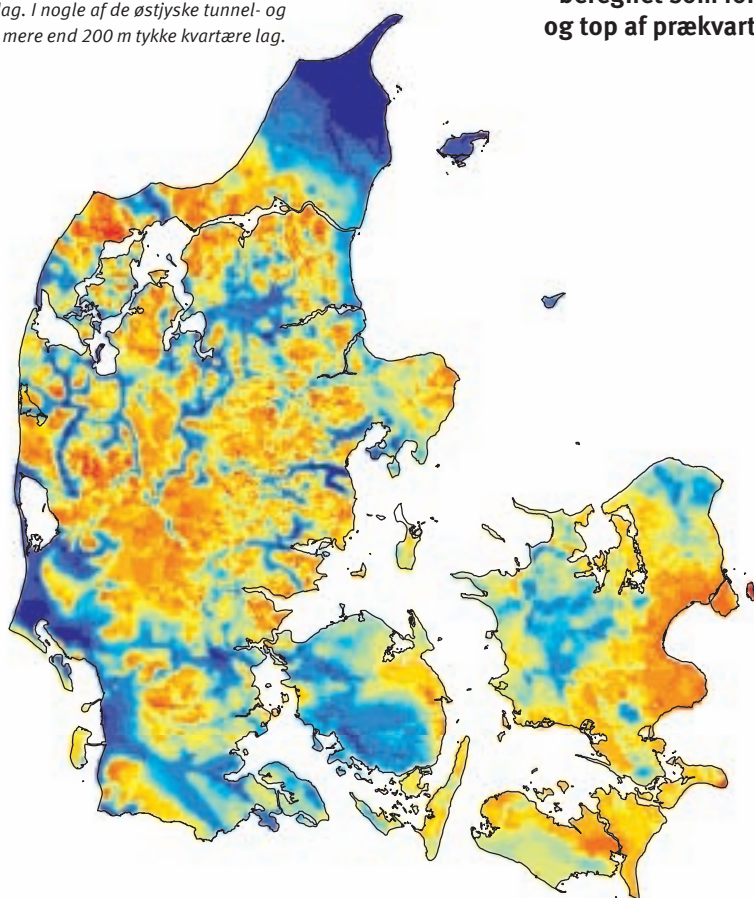
Klasse 4: Radon-emanationsrate på $R > 25$ atomer/sek*kg

De prækvartære aflejringer fordeler sig med kalkbjergarterne i klasse 1 og granit og ældre mørke lerarter i klasse 2, moler og marine lerarter fra Palæocæn, Eocæn og Oligocæn i klasse 3 og høj-organiskholdige lerarter, forvitrede granitter og diabaser, samt tungsand i klasse 4.

De kvartære sedimentter fordeler sig med således: I klasse 1 er reduceret moræneler, morænesand, smeltevandssand og grus og de

De kvartære lags tykkelse viser store forskelle på landsplan. På Bornholm og på Nordthyskikken de ældre lag ofte gennem de kvartære lag, mens der i det sydøstlige og det nordlige Jylland er op til 200 m tykke kvartære lag. I nogle af de østjyske tunnel- og fjorddale er der mere end 200 m tykke kvartære lag.

Kilde: Frants von Platen, GEUS.



Kvartærets tykkelse - beregnet som forskel mellem terræn og top af prækvartær

Kvartærets tykkelse i meter

0
1 - 10
11 - 20
21 - 30
31 - 40
41 - 50
51 - 60
61 - 70
71 - 80
81 - 90
91 - 100
101 - 125
126 - 150
151 - 175
176 - 320



fleste postglaciale aflejringer. I klasse 2 findes oxideret moræneler og smeltevandssilt og -ler, hvor de sidstnævnte dog i nogle tilfælde har værdier som falder i klasserne 3 og 4.

RADON I GRUNDVAND

Radon kan også findes i grundvand, da luftarten efter emanationen fra radium i jordpartikleren kan følge med vandet i porerne. Generelt er indholdet af radioaktive komponenter i det danske grundvand lavt og langt under de referenceværdier, som er fastlagt af EU.

Radonholdigt (radiumholdigt) helsebringende grundvand var frem til 1950 noget der blev tilbudt den danske befolkning på forskellige sanatorier i fx Silkeborg Vandkuranstalt og Rødbjerg kilden (Bornholm Radon-Kurvand) på Nordbornholm og vandet blev også solgt på flasker. Vandet kom fra grundvandsboringer eller kilder, og det radioaktive indhold var almindeligvis lavt omkring 10–50 Bq/l, men på Nordbornholm ved Rødbjerg, hvor kilden og borerne fandtes i fedt, sort organiskholdigt ler fra Nedre Kridt var geokemien meget atypisk med et

radon-indhold på 300 Bq/l og et chlorid-indhold på 2520 mg/l, hvilket peger på, at der er tale om en gammel marin aflejringer.

Denne form for radon 'medicin' tilbydes ikke længere befolkningen i Danmark. Det er dog stadig muligt at opleve "helsebringende kurbade" i radonholdigt vand i fx Bad Gastein i Østrig.

De forholdsvis sparsomme radon-målinger af grundvandet har dog vist, at der godt kan være et problem på Bornholm. I 1980'erne blev to borer til Listed Vandværk lukket på grund af et radon-indhold på op til 1100 Bq/l i grundvandet, mens der ved Vester Maria Vandværk var et indhold på mellem 480 og 740 Bq/l i grundvandet. Senere målinger af grundvandet i en række borer på Nordbornholm viser, at radon-indholdet i grundvandet i det bornholmske grundfjeld kan nå værdier på op til 430 Bq/l, hvor grundvandsmagasinet ofte består af opsprækket grundfjeld i kombination med moræneler og sand.



Foto: Kaare Ulbæk

Et radon-drikkevandsapparat fra 1920'erne. Apparatet indeholdt radium og kunne tilsættes almindeligt vand, som så blev beriget med radon, hvorefter det kunne tappes af igen og drikkes. Apparatet blev produceret af Allgemeine Radium Aktiengesellschaft i Tyskland og kunne lejes for et par måneder ad gangen.

Radon og mobiltelefoner

et voksende behov for mobiltelefoner skaber problemer i den tredje verden

Har radon og mobiltelefoner noget med hinanden at gøre? I høj grad

I slutningen af 2009 fik GEUS en henvendelse fra nogle herboende folk fra Somaliland. De havde i deres hjemland fundet en række forskellige mineraler som de troede måske kunne være penge værd. Hvis det var tilfældet kunne GEUS måske hjælpe dem med at etablere en større eller mindre minedrift, så de kunne få etableret arbejdspladser og dermed få mere mad på bordet. De fleste af de mineraler, de bragte til GEUS, var helt uinteressante. Imidlertid var der en nogle helt sorte, bemærkelsesværdigt tunge mineraler. Et kvalificeret gæt var, at det drejede sig om mineralet columbit, der går under handelsnavnet coltan. Diverse analyser på Institut for Geografi og Geologi godtgjorde, at det var columbit.

Nu er columbit mange ting, da mineralet kan have et utal af sammensætninger, hvoraf nogle er økonomisk spændende og andre slet ikke. Et par af prøverne blev derfor sendt til Canada for en kemisk analyse. Analyseresultaterne var meget lovende. Prøverne viste sig at indeholde store mængder af metallerne tantal og niob. Hér er det, at vores alle sammens mobiltelefoner kommer ind i billedet. Tantal er nemlig et metal, der indgår som en vital del af enhver mobiltelefon. Fra at være et ret ukendt og lidet benyttet metal, er det nu et metal, vi alle sammen bruger hver eneste dag. Det er faktisk temmelig uundværligt ikke alene i vores mobiltelefoner, men også i playstations og i mange andre lignende produkter, som vi har fået i de seneste årtier.

Det var jo rigtig gode nyheder, der kunne gives folkene fra Somaliland. Men analyserne viste desværre, at der var en slange i paradiset. For prøverne indeholdt uran. Uran er jo som bekendt radioaktivt, men strålingen fra uran-



Foto: Peter Appel, GEUS.

En håndfuld columbit (coltan)-malm indeholder formentlig ikke tilstrækkeligt af tantal-metallet til at producere én mobiltelefon.

malmen har ikke stor rækkevidde. Det problem kunne man nok komme udenom ved en brydning i lille skala. Imidlertid havde folkene fra Somaliland vist nogle billeder af en masse sække med coltan, som de havde opmagasineret i deres hjem. Her kommer problemerne virkelig ind. Strålingen fra uran er ikke specielt slem, men uran omdannes gradvis blandt andet til den radioaktive luftart radon (se side 2 og 3). Den dannede radon ophobes i huset og indåndes af dets beboere. Det er anderledes høje radon-koncentrationer end i Danmark, der hér er tale om. De høje radon-koncentrationer betyder, at folkene i Somaliland kun ville kunne bryde coltan på overfladen. I minegan-

ge ville koncentrationerne af radon være alt for farlige. På side 3 er beskrevet, hvorfor det er farligt at indånde radon og hvad der sker med radon, når det er kommet ned i lungerne.

I Etiopien lige syd for Somaliland brydes coltan i stor målestok. Der brydes faktisk så meget, at tantalene i hver tiende mobiltelefon stammer fra Etiopien. Den coltan, der brydes i minen, indeholder desværre også uran. Det betyder, at når coltan sælges, skal det transporteres i containere, der pr. skib transporteres til destinationen. Under transporten udvikles der store mængder radon, der lige så stille siver ud i skibet og indåndes af besætningen. Det høje uran-indhold i tantal-malmen i Etiopi-



Et coltan-brud i Etiopien. Til højre ses, hvorledes malmen skubbes op til et anlæg, hvori der sker en første oparbejdning af malmen.

Fotos: Peter Appel, GEUS.



en i kombination med en utilstrækkelig emballering betyder, at den ikke kan eksporteres til Europa eller Nordamerika. I Kina betragtes det dog ikke som et problem. Man køber den uranholdige tantal-malm fra Etiopien og andre steder fra.

BLOD COLTAN

Etiopien leverer som nævnt tantal til hver tiende mobiltelefon. Hvor kommer den resterende tantal fra? En stor del kommer fra Congo, hvor

malmen bliver brudt under meget kummerlige forhold af små-skala minearbejdere, der hurtigt tvinges til at sælge malmen til de rivaliserende militære bander i området. Coltan fra denne del af verden har fået betegnelsen blodcoltan, som det blev vist for nylig (Blood coltan) i de danske biografer.

– Så det nytter noget at aflevere de brugte mobiltelefoner o.lign. til genbrug.
(*Tilføjet af redaktionen.*)



PETER APPEL

Seniorforsker, GEUS.
pa@geus.dk



Prøvetagning til radonundersøgelse af moræner ved Andrup, vest for Esbjerg.

Foto: Peter R. Jakobsen, GEUS

GEOCENTER DANMARK

GEOCENTER DANMARK

Er et formaliseret samarbejde mellem de fire selvstændige institutioner De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS), Geologisk Institut ved Aarhus Universitet samt Institut for Geografi og Geologi og Geologisk Museum begge ved Københavns Universitet. Geocenter Danmark er et center for geovidenskabelig forskning, uddannelse, rådgivning, innovation og formidling på højt internationalt niveau.

UDGIVER

Geocenter Danmark.

REDAKTION

Geoviden – Geologi og Geografi redigeres af Seniorforsker Merete Binderup (ansvarshavende) fra GEUS i samarbejde med en redaktionsgruppe.

Geoviden – Geologi og Geografi udkommer fire gange om året og abonnement er gratis. Det kan bestilles ved henvendelse til Finn Preben Johansen, tlf.: 38 14 29 31, e-mail: fpj@geus.dk og på www.geocenter.dk, hvor man også kan læse den elektroniske udgave af bladet.

ISSN 1604-6935 (papir)

ISSN 1604-8172 (elektronisk)



Produktion: Annabeth Andersen, GEUS.

Tryk: Rosendahls - Schultz Grafisk A/S.

Forsidebillede: Radioaktivt gadolinit mineral.

Foto: Jørgen Butzbach.

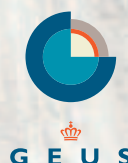
Reprografisk arbejde: Benny Scharck, GEUS.

Illustrationer: Forfattere og Grafisk, GEUS.

Eftertryk er tilladt med kildeangivelse.

DE NATIONALE GEOLOGISKE UNDERSØGELSER FOR DANMARK OG GRØNLAND (GEUS)

Øster Voldgade 10
1350 København K
Tlf: 38 14 20 00
E-mail: geus@geus.dk



INSTITUT FOR GEOGRAFI OG GEOLOGI

Øster Voldgade 10
1350 København K
Tlf: 35 32 25 00
E-mail: geo@geo.ku.dk

GEOLOGISK MUSEUM

Øster Voldgade 5-7
1350 København K
Tlf: 35 32 23 45
E-mail: rcp@snm.ku.dk



GEOLOGISK INSTITUT

Høegh-Guldbergs Gade 2, B.1670
8000 Århus C
Tlf: 89 42 94 00
E-mail: geologi@au.dk



DANMARK

PP

Magasinpost UMM
ID-nr. 46439

PortoService, Postboks 9490, 9490 Pandrup