

Marts 1981



I energidebatten angives energiforbrug og energistørrelser ofte i mange forskellige enheder. Nedenstående enheder og talværdier skulle være en hjælp ved omsætningen mellem forskellige størrelser.

OMSÆTNING MELLEM ENERGIENHEDER OG BRÆNDVÆRDIER

	kJ	kcal	kWh
1 kilo-Joule (kJ)=	1	0,239	0,000.278
1 kilo-calorie (kcal)=	4,186	1	0,001.163
1 kilo-watt-time (kWh)=	3.600	860	1

Brændværdier

1 kg kul	28.900	6.900	8,02
1 kg olie	41.900	10.000	11,6
1 m ³ naturgas	41.000	9.800	11,4
1 kg uran (total fission)	79,5 mia.	19 mia.	22,1 mio.

1 tera-watt (TW) = 1000 giga-watt (GW)	1 TWh = 1000 GWh
1 giga-watt (GW) = 1000 mega-watt (MW)	1 GWh = 1000 MWh
1 mega-watt (MW) = 1000 kilo-watt (KW)	1 MWh = 1000 kWh
1 kilo-watt (kW) = 1000 watt (W)	1 kWh = 1000 Wh

1 GWh - svarer til energien i 86 tons olie

1 TWh - svarer til energien i 86.000 tons olie

1000 tons olie - indeholder energien 11,6 GWh

1 mio. tons olie - indeholder energien 11,6 TWh

Brændselsforbrug på kraftværker:

Driften af et 1000 MW_e kernekraftværk af trykvands- eller kogende vandstypen kræver et årligt forbrug af natur-uran på ca. 150 tons. Selve brændslet, der er beriget til ca. 3% uran-235 inden brugen, svarer til ca. 30 tons pr. år.

Driften af et 1000 MW_e kulkraftværk kræver årligt en brændselstilførsel på ca. 2,0 millioner tons kul.

Store energimængder:

Ved angivelsen af meget store energimængder som f.eks. energiressourcernes størrelse benyttes ofte energienheden 1Q. Denne svarer til brændværdien af ca. 25,0 milliarder tons olie.

Verdens samlede energiforbrug i form af kul, olie, gas, kernekraft og vandkraft var i 1978 ca. 0,25 Q svarende til en middeleffekt på 8,5 TW (= $8,5 \times 10^{12}$ watt).

En olieproduktion på 20.000 tønner olie om dagen svarer til ca. 1,0 mill. tons olie pr. år.

1 tønde olie = 159 liter olie = ca. 140 kg. olie.

Solenergi:

Energien i solstrålingen varierer stærkt med den geografiske beliggenhed. I Sahara og i det sydlige USA modtager hver m^2 af jordoverfladen i gennemsnit 2300 kWh solstråleenergi pr. år.

I Danmark er det tilsvarende tal for et gennemsnitsår 1100 kWh pr. m^2 . Kun en del af solstrålingens energi-indhold kan omdannes til varme eller elektricitet. Ved udnyttelsen af varmt vand fremstillet ved hjælp af solstråling kan effektiviteten være 25%-35%. (Solvarmeanlæg har ofte store "egentab"). Effektiviteten ved fremstilling af elektricitet via solceller ligger på 10%-15%.

Vindenergi:

Vindens energiindhold vokser med tredje potens af vindhastigheden. Da den varierer fra sted til sted og med højden, er der også stor forskel på, hvor megen energi en vindmølle årligt kan producere.

Vinden er kraftigst ved vestvendte kyster, hvor der i 25 m højde i et gennemsnitsår vil være 3500-4000 kWh* vindenergi pr. kvadratmeter lodret flade. En god vindmølle kan omdanne 25-30% af den årlige vindenergi til elektricitet.

Med en god placering inde i landet er det tilsvarende tal omkring 2500 kWh pr. kvadratmeter lodret flade.

Virkningsgrader:

Ved omdannelsen af varme til elektricitet på termiske kraftværker dvs. kul- og oliefyrede værker samt kernekraftværker vil det kun være muligt at omdanne en del af varmeenergien til elektricitet. Resten af varmen bliver til spildvarme eller fjernvarme. På et moderne kul- eller oliefyret kraftværk kan 40-42% af varmeenergien i brændslet omdannes til elektricitet. For et moderne kernekraftværk er det tilsvarende tal

ca. 33%.

For nye reaktortyper som formeringsreaktoren og den gas-kølede højtemperatur-reaktor, der er under udvikling, vil man opnå de samme virkningsgrader som på nutidens kul- og oliefyrede værker.

For at skelne mellem varme og elektricitet ved angivelsen af et kraftværks ydelse, kan man til effektangivelsen tilføje "th" eller "e" som indices. Et kraftværk, som afgiver 600 megawatt elektricitet har da effekten 600 MWe, mens det samme kraftværks brændselsforbrug er 1463 MWth ($600/0,41 = 1463$). Spildvarmen fra kraftværket er på 863 MWth ($1463 - 600 = 863$)

Over-enheder og under-enheder:

Inden for energiområdet og andre tekniske områder har man ofte brug for at benytte over-enheder eller under-enheder til de normale grund-enheder. F.eks. er kW (kilo-watt) en over-enhed for W (watt), idet $1 \text{ kW} = 1000 \text{ W}$. Tilsvarende er en mrem (millirem) en underenhed for rem, idet $1 \text{ mrem} = 0,001 \text{ rem}$.

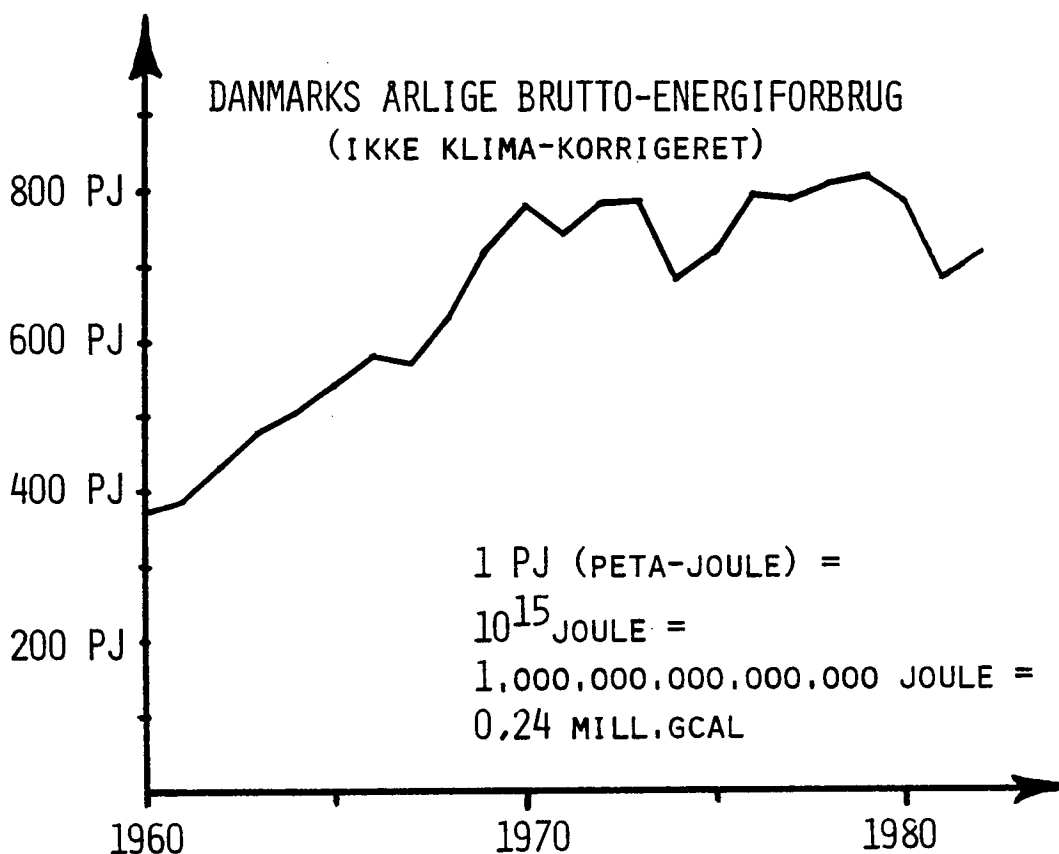
Et andet eksempel på en over-enhed er PJ (peta-joule), hvor $1 \text{ PJ} = 1.000.000.000.000.000 \text{ J}$, der også kan skrives 10^{15} J . Det er f.eks. mere praktisk at skrive Danmarks årlige energiforbrug som 800 PJ i stedet for at skrive (eller sige) $800.000.000.000.000.000 \text{ J}$.

Som et andet eksempel på en under-enhed kan nævnes en pCi (pico-curie), hvor $1 \text{ pCi} = 0,000.000.000.001 \text{ Ci}$ (curie), der også kan skrives som 10^{-12} Ci . Skal man f.eks. angive indholdet af naturlig radioaktivitet i et rundstykke er det mere praktisk at skrive (sige) 300 pCi frem for $0,000.000.000.300 \text{ Ci}$.

Betydningen af andre betegnelser for over- eller under-enheder er anført i tabellen nedenfor.

peta	(P)	=	1.000.000.000.000.000	=	10^{15}
tera	(T)	=	1.000.000.000.000	=	10^{12}
giga	(G)	=	1.000.000.000	=	10^9
mega	(M)	=	1.000.000	=	10^6
kilo	(k)	=	1.000	=	10^3
milli	(m)	=	0,001	=	10^{-3}
mikro	(μ)	=	0,000.001	=	10^{-6}
nano	(n)	=	0,000.000.001	=	10^{-9}
pico	(p)	=	0,000.000.000.001	=	10^{-12}

Marts 1983



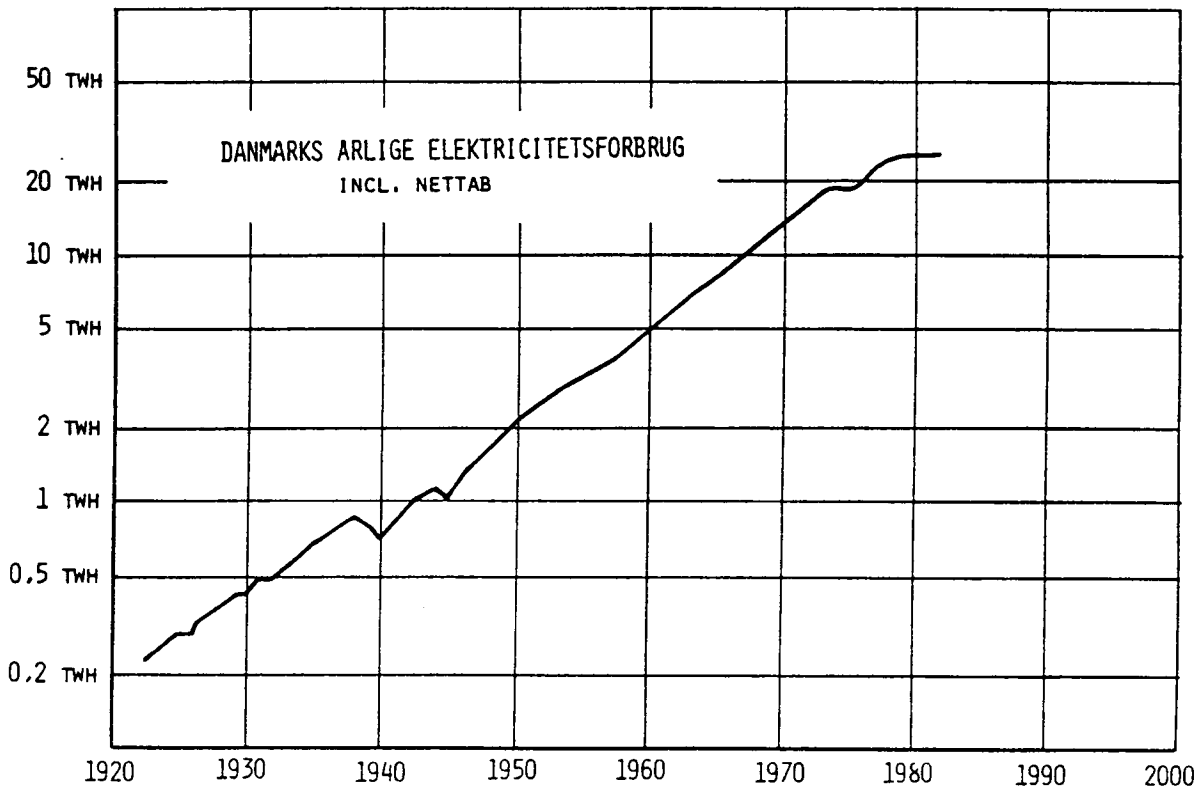
Tabel 702a Brændselsforbruget i 1980, 1981 og 1982.

	1980		1981		1982 (skøn)	
Olieprodukter-----	514 PJ	66%	440 PJ	65%	431 PJ	62%
Kul og koks -----	254 PJ	32%	201 PJ	30%	248 PJ	35%
Brænde og skrald ----	15 PJ	2%	15 PJ	2%	16 PJ	2%
Import af elektricitet	-4 PJ		20 PJ	3%	6 PJ	1%
I alt bruttoenergi- forbrug	779 PJ	100%	676 PJ	100%	701 PJ	100%

Tabel 702b Fordelingen af energiforbruget i 1972 og 1980.

	1972	1980
Rumopvarmning incl. el-opvarmning-----	40%	32%
Procesenergi i industri m.m. incl. el--	29%	31%
Transport-----	17%	17%
El-forbrug i øvrigt-----	14%	20%

Figuren nedenfor viser, hvorledes det danske elektricitetsforbrug har udviklet sig i tidens løb. Fra 1922 til 1973 har der været tale om en gennemsnitlig årlig vækst på ca. 8,5%. Efter oliekriserne i 1973-74 og i 1979 har væksten været meget mindre. Det skyldes dels den ændrede økonomiske udvikling, dels energi-afgifterne og dels, at det danske samfund nu er nærmere en "mætningsgrad" med hensyn til mange el-forbrugende anlæg og apparater. På mange områder må man dog regne med en fortsat omlægning af forbruget fra andre energiformer til elektricitet. En sådan omlægning vil bl.a. spare olie.



1 TWH = 1.000.000.000 KWH

I 1982 blev 92% af den danske el-produktion fremstillet på basis af kul.

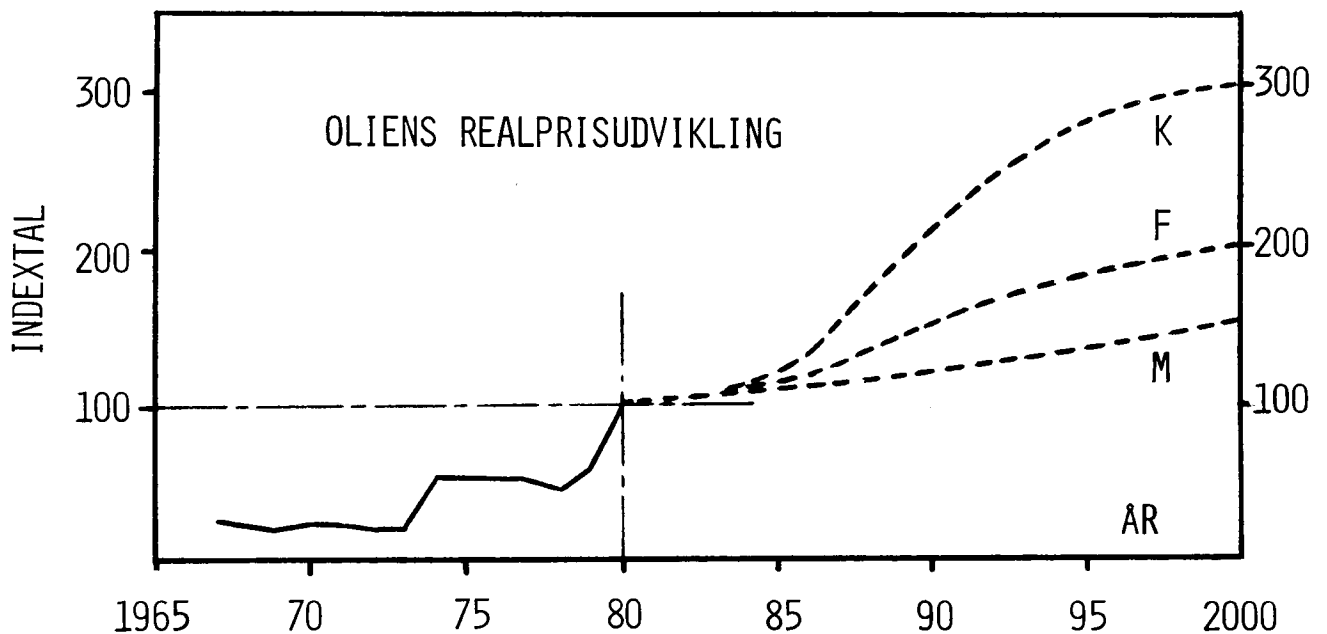
Se også nr. 911 og nr. 903.

Marts 1981



"Det er svært at spå - især om fremtiden", har Storm P. sagt. Det gælder også for energiprisernes fremtidige udvikling. Men når man skal lægge energiplaner eller beregne økonomien ved forskellige energisystemer, må man fastlægge nogle antagelser om renter, inflation og brændselspriser.

I energiministeriets "midtvejsrapport" om Energiplan-81 er der anført tre tænkelige udviklinger for olieprisen de kommende år (se figuren)



KILDE: ENERGIPLAN-81, MIDTVEJSRAPPORT FRA ENERGINISTERIET

Man benytter her olieprisen i 1980 som udgangspunkt. For den nederste kurve (M=moderat) antager man en jævn stigning i olieprisen, så prisen år 2000 er 50% højere end i 1980. Da der regnes med real-priser, er der tale om prisstigningen udover inflationen.

Den midterste kurve (F=forventet) svarer til en fordobling af olieprisen de kommende 20 år, og den øverste kurve (K=kraftig) svarer til en tredobling af olieprisen.

De tre kurver viser en meget svag stigning de første 5 år (1980-85), idet man regner med en ringe efterspørgsel på grund af det økonomiske tilbageslag. Fra omkring 1985 antager man påny en økonomisk vækst i verden som helhed, hvorved olieforbruget - og olieprisen - igen vokser.

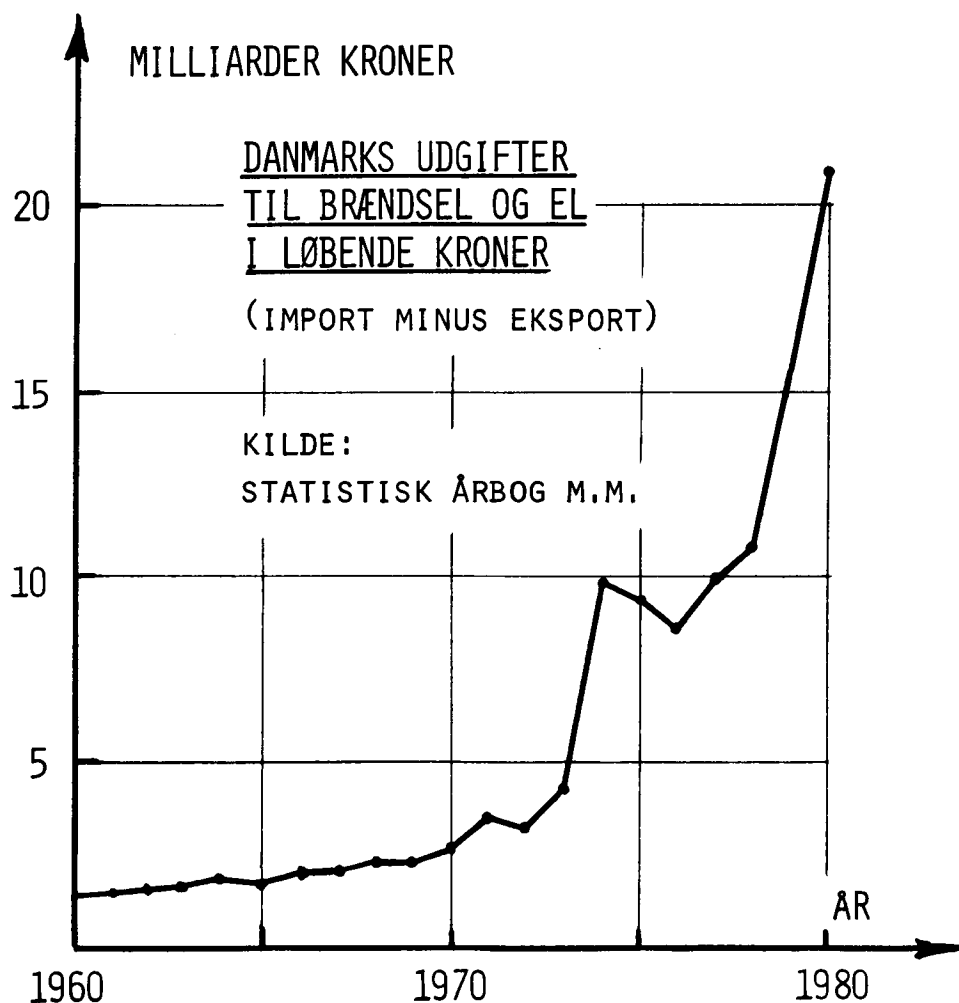
I hele perioden vil olie-landene (OPEC*) have en afgørende indflydelse på olieprisen, som derfor både vil være afhængig af politiske forhold og af markedsudviklingen.

Kulprisen antages ofte at udvikle sig i takt med olieprisen - dog på et lavere niveau. Da verdens kul-ressourcer er meget store, er det dog næppe rimeligt at antage en tre-dobling af kulprisen over de næste 20 år. Allerede med de nuværende kulpriser vil det for mange lande være økonomisk fordelagtigt at åbne nye kulminer. Det vil på langt sigt sætte en begrænsning på kulprisens stigning.

Da man regner med en næsten tre-dobling af verdens kulforbrug i løbet af de kommende 20 år - og da den internationale handel med kul skal 20-dobles i samme tidsrum, kan der komme perioder med uligevægt mellem udbud og efterspørgsel.

I efteråret 1979 var kulprisen ca. 35 kr. pr. Gcal (se nr. 701) og i efteråret 1980 var prisen ca. 55 kr. pr. Gcal. I foråret 1981 var der vanskeligheder med at fremskaffe kul på grund af Polens eksportstop, og man oplevede kulpriser på 75 kr. pr. Gcal.

Nedenstående figur viser Danmarks årlige udgifter til indførsel af energi (beregnet som import minus eksport af olie, kul og elektricitet). Man bemærker tydeligt virkningen af de to prisspring på olie - i 1973-74 og i 1979.



Udgifterne er angivet i løbende kroner - dvs. i "inflationshærgede" kroner. I løbende kroner steg de danske udgifter til indkøb af energi fra 3,2 milliarder kroner i 1972 til 21 milliarder kroner i 1980 - altså en 6-7-dobling af udgifterne.

Omregnes udgifterne til værdifaste kroner - dvs. fjernes inflationens bidrag til stigningen - er der "kun" tale om en stigning til det tre-dobbelte.

Marts 1981



Lidt om stråling og strålingsdoser

Stråling fra radioaktive stoffer kaldes ioniserende stråling, fordi den fremkalder ioner* i f.eks. luft. Røntgenstråling og stråling fra verdensrummet er også ioniserende stråling. I daglig tale siger man ofte radioaktiv stråling i stedet for ioniserende stråling. De biologiske virkninger af stråling måles i enheden rem. Andre enheder er røntgen og rad, og for de fleste praktiske formål kan man sætte $1 \text{ røntgen} = 1 \text{ rad} = 1 \text{ rem}$. Har man brug for at måle mindre strålingsdoser - f.eks. i forbindelse med kernekraftværkerne - benyttes enhederne $1 \text{ millirem} = 0,001 \text{ rem}$.

Hvor stor stråling udsættes vi for?

Alle mennesker modtager automatisk en vis mængde stråling fra naturen, den såkaldte baggrundsstråling, som her i Danmark er omkring 100 millirem om året. Den består dels af stråling fra de naturlige radioaktive stoffer, som alle mennesker indeholder. Dels af stråling fra verdensrummet på ca. 30 millirem årligt på vore breddegrader.

Endelig består baggrundsstrålingen af stråling fra jordbunden, der varierer fra sted til sted, også inden for landets grænser. I Sønderjylland er den omkring 10 millirem om året, mens den på Bornholm er omkring 50 millirem om året. Jordbunden på Bornholm indeholder nemlig en del uran, radium m.m. I det øvrige land er niveauet omkring 30 millirem årligt.

Mange byggematerialer indeholder radioaktive stoffer, hvorfor ophold i bygninger giver ekstra baggrundsstråling. Mest giver beton- og murstenshuse - her i landet op til 45 millirem årligt. Derimod giver træhuse kun et beskedent bidrag til den samlede baggrundsstråling.

Visse steder i andre lande kan strålingen fra jordbunden være meget højere end her i landet. I Indien og Brasilien er der områder med op til 7-8000 millirem om året.

Strålingen fra verdensrummet bliver kraftigere med højden. Bor man f.eks. på 10. etage, får man årligt en ekstradosis på ca. 1 millirem i forhold til stueetagens beboere. En flyvetur til Gran Canaria og tilbage igen giver en dosis på 6 millirem. Flybesætningen, der jo tilbringer en stor del af tiden højt til vejrs, modtager årligt en ekstra dosis på 3-400 millirem.

Strålingssyge og kræft

Hvis et menneske bliver udsat for en strålingsdosis på over 100.000 millirad i løbet af kort tid, er der en vis sandsynlighed for, at vedkommende får strålingssyge et stykke tid efter bestrålingen. I sin mildere form giver strålingssyge hovedpine, kvalme, opkastning o.lign. I svære tilfælde af strålingssyge, der kan forekomme ved doser over 200.000 millirad, kan strålingssygen føre til døden efter dages eller ugers forløb. Der er in-

gen skarp grænse for hvilke doser, der giver strålings-syge af forskellig sværhedsgrad. Sunde og raske mennesker kan tåle mere stråling end svage og syge. Desuden kan en medicinsk behandling i tiden efter bestrålingen reducere konsekvenserne. Der er mennesker, der har overlevet strålingsdoser på 7-800.000 millirad takket være en intensiv medicinsk behandling.

Foruden strålingssyge indebærer strålingsdoser en vis sandsynlighed for at fremkalde kræft hos den bestrålede person. Ved doser på 100.000 millirem eller derover er denne virkning påvist med sikkerhed. Ved 50.000 millirem er der derimod usikkerhed. Man antager dog normalt, at små strålingsdoser generelt også indebærer en vis risiko for kræft (incl. leukæmi). Endvidere regner man ofte med en lineær sammensætning mellem dosis og sandsynligheden, så en ti gange mindre dosis indebærer en ti gange mindre sandsynlighed.

Begrebet befolkningsdosis

Selv om den førnævnte baggrundsstråling er minimal, indebærer den altså også en beskeden risiko for kræftfremkaldelse. Enheden 1 person-millirem bruges ved bedømmelsen af en bestråling af en afgrænset befolkningsgruppe. Hvis 1000 personer alle bestråles med 10.000 millirem, taler man om en befolkningsdosis på 10 mio. person-millirem, (1000 personer x 10.000 millirem = 10 mio. person-millirem). Den samme befolkningsdosis får man ved at bestråle 10.000 mennesker med 1000 millirem.

En befolkningsdosis på 10 mio. personmillirem kan fremkalde ét ekstra tilfælde af kræft eller leukæmi, typisk tyve år efter bestrålingen. Det vurderer Den Internationale Kommission for Strålingsbeskyttelse (ICRP*).

Den naturlige baggrundsstråling her i landet giver årligt den danske befolkning en befolkningsdosis på 500 mio. person-millirem, som i henhold til ICRP altså kan fremkalde 50 ekstra tilfælde af kræft eller leukæmi om året.

I henhold til de nordiske regler for radioaktiv forurening må et stort kernekraftværk højst være årsag til 1 mio. person-millirem om året. Det vil da svare til ét kræft-dødsfald hvert tiende år.

Benytter man en tilsvarende teori for virkningen af almindelig luftforurening fra kul- eller oliefyrede kraftværker, vil man finde, at et stort kul- eller oliefyret kraftværk vil være årsag til omkring 10 dødsfald om året. Dette tal er ret usikkert og kan være både større og mindre. Men det vil være nogenlunde korrekt at regne med, at forureningen fra et kernekraftværk er 100 gange mindre sundhedsskadeligt end forureningen fra et tilsvarende kul- eller oliefyret kraftværk.

Det må dog understreges, at virkningen ved de lave strålingsdoser er baseret på en antagelse og ikke en erfaring. Det er derfor muligt, at der i virkeligheden ingen virkning er ved strålingsdoser på nogle få tusinde millirem om året.

Som for mange andre påvirkninger er der grænseværdier, som man ikke kender virkningerne af. Vil de have lige så alvorlige konsekvenser som en større virkning, eller vil de tværtimod være gavnlige eller uskadelige? (se også nr. 301, 313 og 314)

NYE STRALINGSENHEDER.

I begyndelsen af 1980 begyndte man verden over at indføre nye strålingsenheder til erstatning for bl.a. rem, rad, curie m.m.

Strålingsdoser måles nu i Gy (gray), hvor 1 Gy svarer til 100 rad.

Når man skal angive den biologiske virkning af stråling, er den nye enhed Sv (sievert), hvor 1 Sv svarer til 100 rem.

Her er der altså en simpel omsætning mellem de nye og de gamle enheder.

Styrken af en radioaktiv kilde målt tidligere i enheden Ci (curie), hvor 1 Ci svarede til det antal radioaktive henfald, der skete hvert sekund i 1 gram radiou-226

Den nye enhed hedder Bq (becquerel) og svarer til et henfald pr sekund. Sammenhængen mellem den nye og den gamle enhed er, at $1 \text{ Ci} = 37.000.000.000 \text{ Bq}$.

