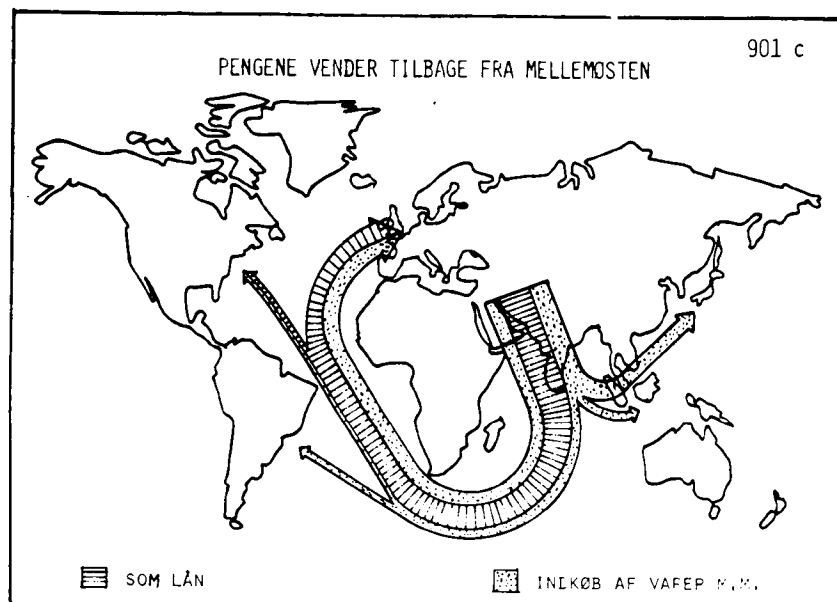
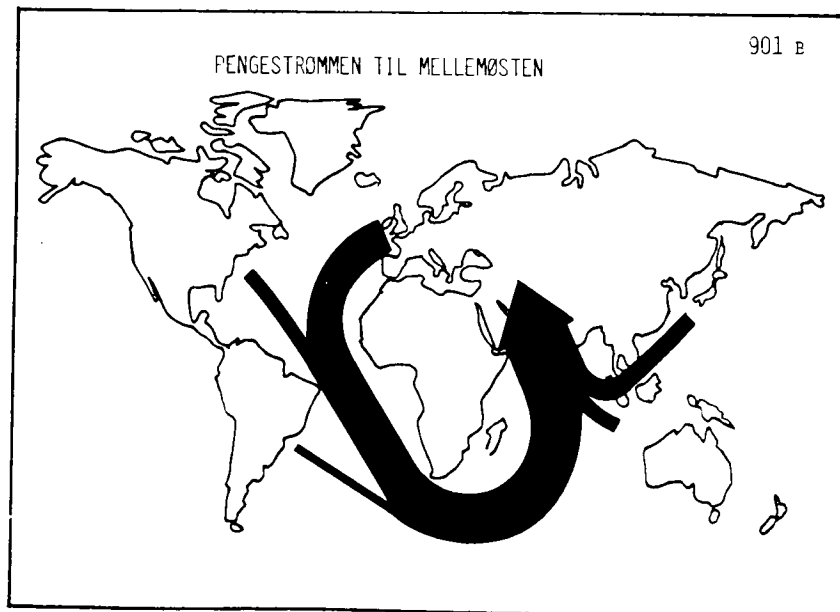




"Olie og petro-dollars"Figur 901a

viser olie-tankskibenes veje over havene. Pilenes bredde svarer til oliestrømmenes størrelse. Man ser tydeligt, at Vesteuropa og Japan er stærkt afhængige af olien fra Mellemøsten, hvor det iøvrigt er landene på den arabiske halvø, der leverer hovedparten af olien.

Det er klart, at en så stærk afhængighed af et enkelt geografisk område er en betænkelig sag; specielt når det drejer sig om et så politisk ustabilt område som Mellemøsten. Krige, kriser og politiske omvæltninger kan for en kortere eller længere tid standse en del af den olieforsyning, der er livsvigtig for landene i Vesteuropa og for Japan.

I egentlige krigssituationer kan endvidere den lange transportvej let risikere at blive afbrudt.

Figur 901b

viser strømmen af penge - petro-dollars - til Mellemøsten. (På figuren er kun de vigtigste pengestrømme vist). De fleste penge kommer som betaling for olien fra Vesteuropa og Japan. Når pengene når frem til Mellemøsten bliver de benyttet til flere formål. (I praksis behøver pengene naturligvis ikke at nå frem til Mellemøsten, men kan eksistere i form af et tilgodehavende i f.eks. en bank i Schweiz).

Figur 901c

antyder, hvad der herefter sker med pengene. En del vender umiddelbart tilbage til de lande, der har sendt pengene til Mellemøsten som betaling for olie. Disse penge bruges til betaling for varer og tjenesteydelser. Det kan være indkøb af fødevarer, biler, skibe, militærudstyr, elektronik m.m., og det kan være betaling for hjælp ved bygningen af veje, havne, byer, hospitaler o.l.

Men på den arabiske halvø er der alt for få mennesker til, at de kan "formøble" alle olieindtægterne. For 1980 drejer det sig skønsmæssigt om et overskud på næsten 600 milliarder kr. Disse penge vender nu tilbage som lån til de lande, der som Danmark har et underskud på handelsbalancen.

Så længe landene på den arabiske halvø har et så stort overskud på handelsbalancen, må der være andre lande, der samlet har et lige så stort underskud, og disse lande må derfor se frem til en fortsat voksende udlandsgæld.

Udviklingslandene har også et handelsunderskud overfor olie-landene, men da udviklingslandenes olieforbrug endnu er begrænset, er det direkte underskud overfor olielandene det også. Men da de industrialiserede lande prøver at undgå et underskud på handelsbalancen, bliver en del af deres underskud "væltet over på" udviklingslandene, der herved alligevel får et stort underskud.

Problemet kan kun løses på én måde, nemlig ved at erstatte det meste af olien fra Mellemøsten med andre energikilder - snarest muligt.

(Se også nr. 208)

Marts 1987

Figur 902

viser udviklingen i olieforbruget siden 1970 for de forskellige områder i verden. Områderne er følgende:

- I: Nordamerika.
- II: Vesteuropa.
- III: Australien, New Zealand og Japan.
- IV: Afrika, Latin Amerika, Syd- og Sydøst Asien m.m.
- V: Sovjetunionen og øvrige kommunistiske lande.

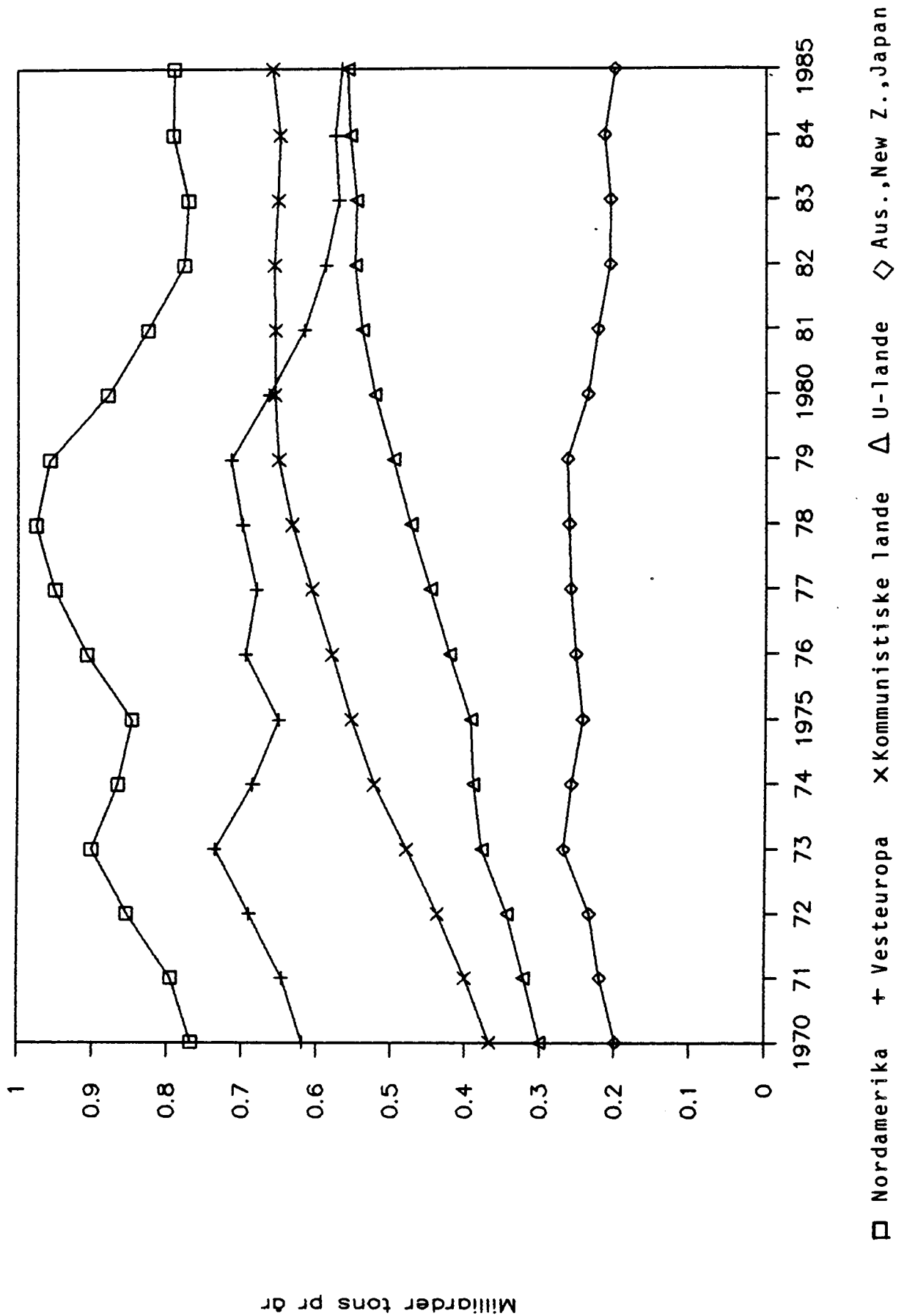
Det ses, at Nordamerika, Vesteuropa, Australien, New Zealand og Japan (som tilsammen udgør det såkaldte OECD-område) har haft en nedgang i forbruget efter de to oliekriser i 1973 og i 1979/80. Derimod har område IV, som omfatter en lang række u-lande, haft en stadig vækst i olieforbruget. Det skal bemærkes, at dette område indbefatter Mellemøsten, hvor en stor del af verdens olie produceres. Olieforbruget i de kommunistiske lande har stabiliseret sig på niveauet fra 1979. Disse lande påvirkes i mindre grad af olieprisen, idet deres økonomier ikke er underkastet markedsmekanismen således som det er tilfældet i OECD-landene.

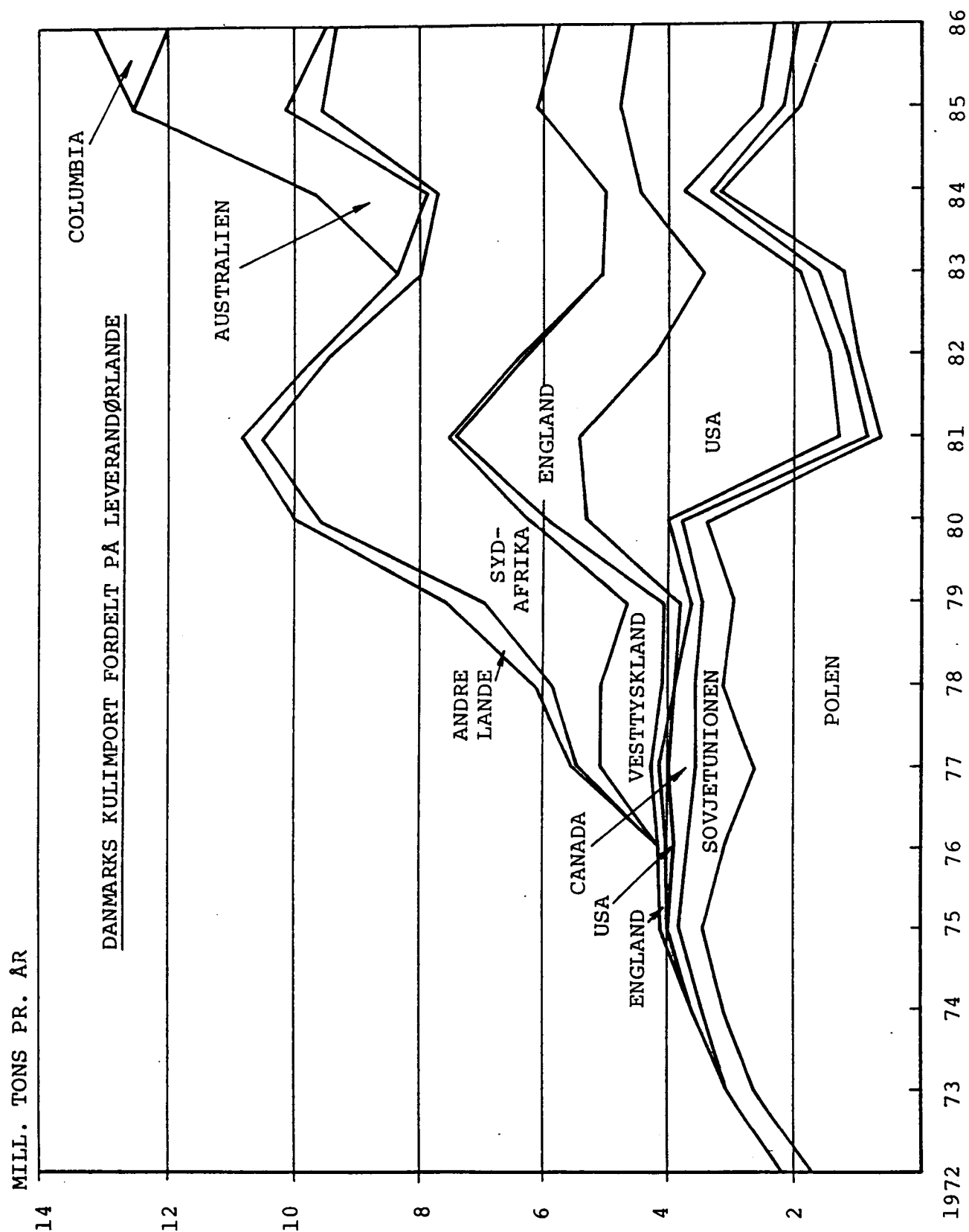
Se også 208 og 214

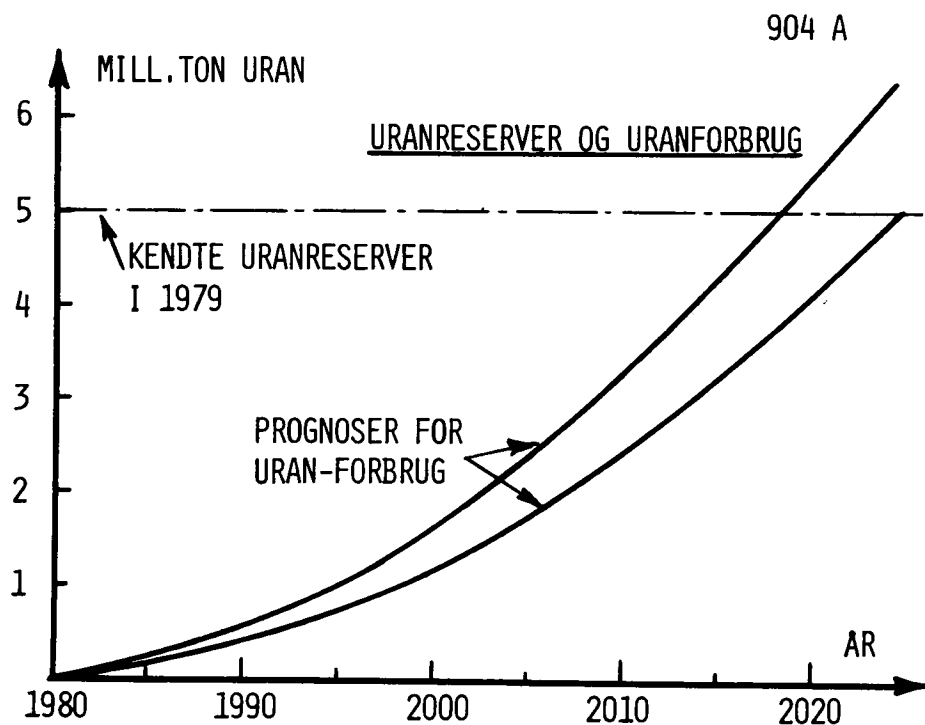


Marts 1987

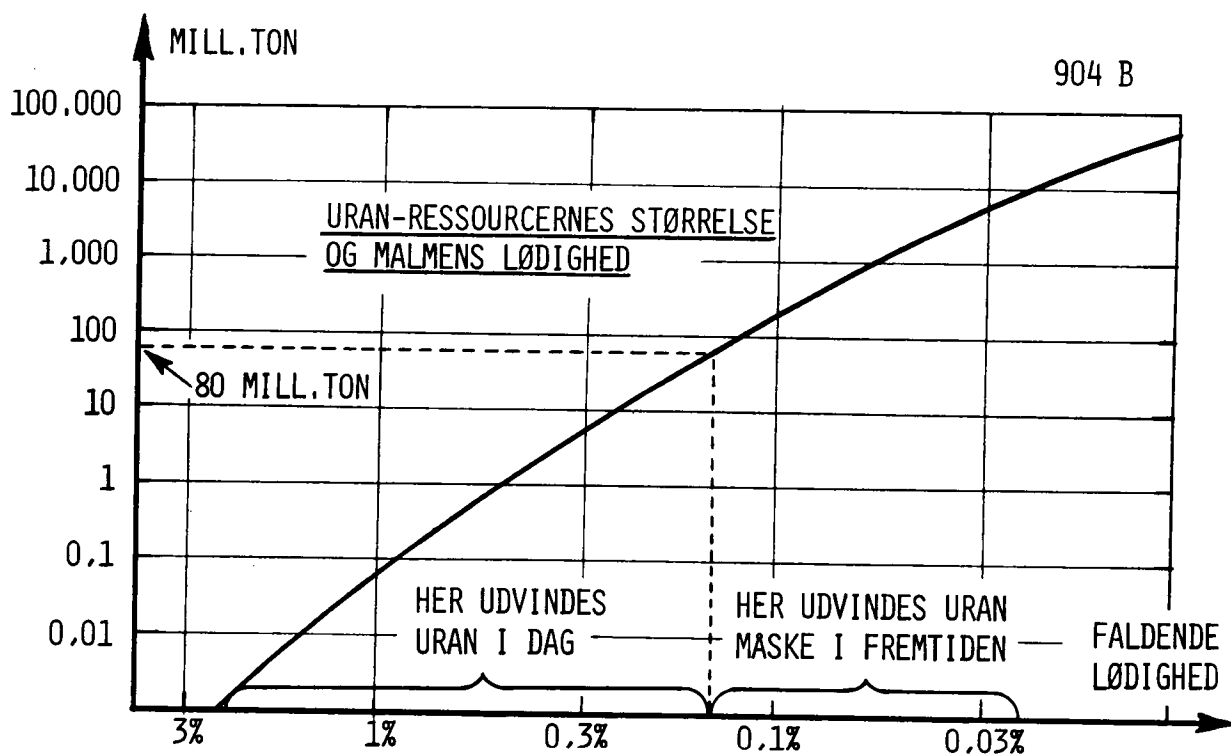
Verdens olieforbrug







KILDE: "URANIUM, RESOURCES, PRODUCTION AND DEMAND", OECD 1979



KILDE: SCIENTIFIC AMERICAN, JANUAR 1980

"Uranreserver og uranforbrug"

Figur 904a viser to prognoser for den vestlige verdens samlede uranforbrug de kommende 45 år. Begge prognoser er baseret på en udbygning af kernekraften, der er en fortsættelse af de nuværende udbygningstendenser. Der vil da omkring år 2000 være ca. 800 store kernekraftværker i drift.

Den øverste kurve svarer til, at man fortrinsvis udnytter kernekraftværker af de nu gængse typer - og hvor man ikke oparbejder* det udbrændte uranbrændsel for at genanvende det resterende uran og det nydannede plutonium.

Den nederste kurve svarer til, at man i betydeligt omfang oparbejder det udbrændte uranbrændsel - samt at man efter år 2000 i vid udstrækning går over til at bygge formeringsreaktorer, der kan udnytte det uran, der er blevet tilovers fra de nuværende kernekraftværker.

Med en forceret udbygning af kernekraften - som kunne blive fremtvunget af en mangel på kul, meget høje kulpriser eller en konstatering af, at kuldioxiden fra forbrændingen af kul ødelægger Jordens klima - vil behovet for uran blive større end her anført. Omvendt kan en hurtigere overgang til formeringsreaktorer eller andre uran-økonomiske reaktor typer give et lavere forbrug end vist.

De på figuren anførte kendte uran-reserver på 5 mill. tons omfatter de sikre og de skønnede uranforekomster, der kan udvindes til en pris på højst 130 dollars pr. kg uran. De 5 mill. tons var de kendte uranreserver i 1979, og siden er der fundet yderligere forekomster, men en samlet opgørelse herover foreligger ikke endnu.

Da prisen på uran ikke betyder meget for prisen for elektricitet fra kernekraftværker, kan man også udnytte dyrere uranforekomster, uden at kernekraften bliver uøkonomisk herved.

Der gøres i disse år en stor indsats for at finde gode uranforekomster - med betydeligt held - og selv med en forceret udbygning af kernekraften vil der næppe blive behov for at udnytte dyrere uranforekomster end svarende til 130 dollars pr. kg uran.

Uranmine-selskaberne har aldrig interesseret sig for at undersøge dårligere uranforekomster, idet der ikke inden for et overskueligt tidsrum forventes at blive behov herfor.

Men nogle amerikanske geologer har søgt at afklare spørgsmålet og deres resultater er vist på figur 904b. Her er vist, hvordan verdens skønnede uran-ressourcer vokser i mængde, når man medregner uranforekomster af lavere lødighed - dvs. dyrere uran.

Man bemærker, at i henhold til geologernes vurdering er der ca. 80 mill. tons uran af en lødighed svarende til dem, der udvindes i dag. Det er 16 gange så meget uran som anført under kendte uran-reserver på figur 904a. Ved en fortsat efterforskning skal man da finde de store uran-reserver, der ikke er kendte i dag.

Man bemærker også, at hvis man går ned til den halve uran-lødighed, dvs. til uran til ca. den dobbelte pris, vil uran-mængderne 3-dobles. Og går man til den tredobbelte pris, vil uran-mængderne 15-dobles. Går man endelig - som et teoretisk eksempel - til den 10-dobbelte uranpris, vil uran-mængderne ca. 300-dobles. En 10-dobling af uranprisen ville gøre elektricitet fra kernekraft lidt dyrere end fra kulkraften - men fortsat billigere end elektricitet fra oliekræft. Men de første 100 år vil der ikke være behov for at udnytte så dårlige uranforekomster.

Kilder: Scientific American, januar 1980

"Uranium, Resources, Production and Demand" fra OECD, dec.1979.

"Sådan har landene sikret deres el-forsyning."

Figur 905 viser, hvordan en række lande har sikret deres el-forsyning ved at basere sig på forskellige former for brændsel eller vandkraft.

Danmarks elproduktion blev i 1985 dækket med 94,4% kul, 5% olie og 0,6% gas. Af det samlede elforbrug blev 6,2% dækket ved import fra Norge, Sverige og Vesttyskland. Ifølge en folketingsvedtægt skal elværkerne i løbet af de næste 5 år aftage 800 millioner m³ naturgas, og efterhånden skal ca 10% af elforbruget dækkes ved vedvarende energi (vindmøller etc).

England har en del kulminer, som kan forsyne de engelske kulkraftværker med brændsel. De engelske reaktorer er i det væsentlige af "Magnox"-typen. Sizewell-høringen i anledning af overgangen til de kendte letvandsreaktorer med uran-oxid-brændsel ventes ifl. Nucleonics Week at resultere i en positiv indstilling.

I Vesttyskland er kernekraften udbygget sådan, at man nu har 21 kernekraftværker i drift, som dækkede 31% af elproduktionen (1985). Der er politiske problemer med opstarten af forsøgs-formeringsreaktoren* i Kalkar.

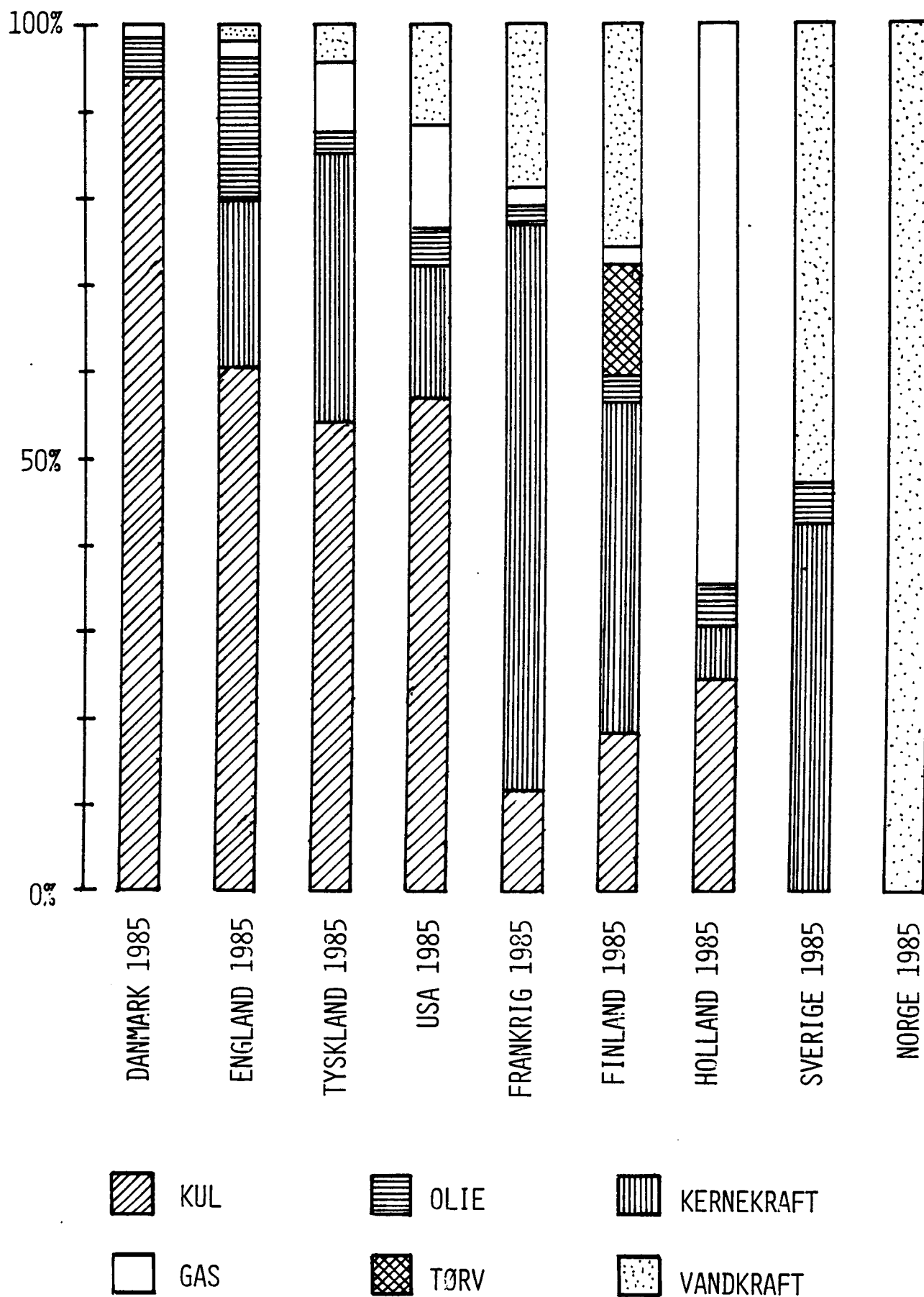
I Frankrig dækkede kernekraften i 1978 13% af el-forbruget. I 1985 var der 43 k-k-værker i drift, og de dækkede 65% af el-forbruget. Der er 20 værker under bygning. Frankrig har nu 2 formeringsreaktorer*, PHENIX på 250 MW (1973), og SUPER-PHENIX på 1200 MW sat i drift i 1986. Formeringsreaktoren er en "genbrugs-reaktor", der kan udnytte verdens uranforekomster 60 gange bedre end de nu anvendte reaktortyper - og som kan udnytte det "overskudsuran", der ikke kan bruges i de nuværende reaktortyper.

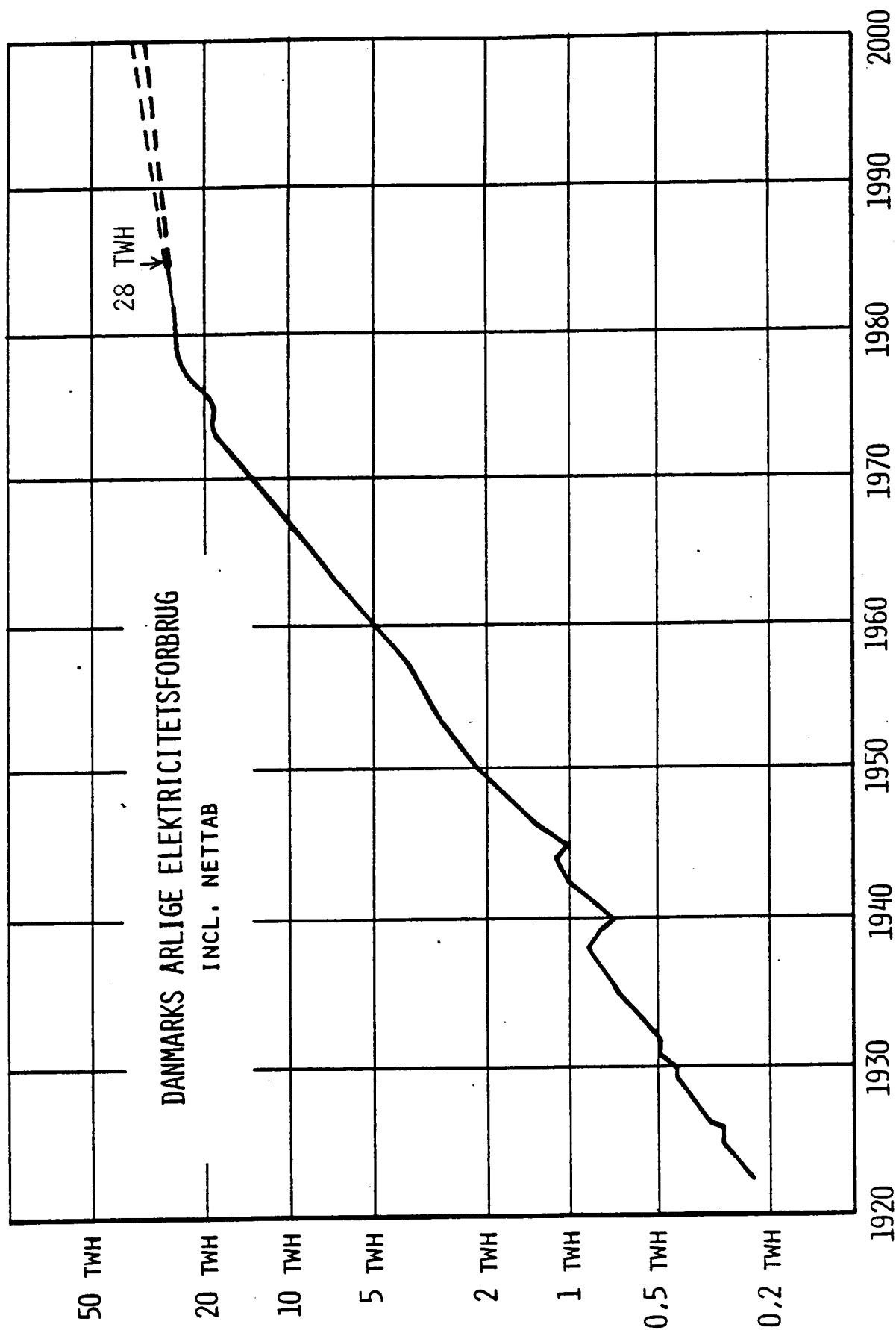
I Finland har man en virkelig "flerstrengt" el-forsyning, der er baseret på 6 forskellige energikilder. Kernekraftens andel af el-forsyningen er nu 42% med 4 kernekraftværker.

Sverige fik i 1985 42% af el-forbruget dækket ved kernekraft. Der er 12 kernekraftværker (reaktor-enheder) i drift. Til trods for en særdeles høj driftssikkerhed har der været et stort politisk røre om den svenske kernekraft. Det resulterede i 1980 i en folkeafstemning, der gav det resultat, at den svenske kernekraft skulle være afviklet senest år 2010. Danmark har udøvet et stærkt politisk pres på Sverige for at få lukket Barseback hurtigst muligt. I nov. 1986 fremkom rapporten "Førtida avveckling av Barsebacksverket", hvoraf det fremgår, at det er teknisk muligt at standse Barseback nu, men ikke uden øget risiko for forstyrrelser i elforsyningen og store miljømæssige og økonomiske omkostninger.

Norge har baseret el-forsyningen 100% på vandkraft, og der er ingen planer om at indføre kulkraft eller kernekraft. Vandkraften er dog udbygget så meget, som kan accepteres af miljømæssige grunde, og et voksende el-forbrug kan derfor ikke dækkes ved en yderligere udbygning af vandkraft.

Alle vesteuropæiske lande har et udstrakt el-samarbejde med udveksling af el med nabolandene.





"Udviklingen i Danmarks årlige el-forbrug"

Figur 911

viser udviklingen i Danmarks årlige elektricitetsforbrug fra 1922 til 1986. Fra 1922 til 1973 var den årlige vækst i el-forbruget ca. 8,5%. Herefter faldt væksten, så el-forbruget i gennemsnit steg med 4,1% om året fra 1973 til 1982. Herefter holdt forbruget sig næsten konstant i et par år for i årene 1984-86 at vokse med ca. 5% p.a.

Figuren viser endvidere to prognoser for det fremtidige el-forbrug. De svarer til to af prognoserne i Energiplan-81 (se nr. 520). Begge prognoser er baseret på en fortsat styring af el-forbruget med opretholdelsen af en el-afgift på 12,5 øre pr. kWh.

Den "høje" vækst er på 2,1% om året i middel fra 1980 til 2000 og er baseret på en antagelse om en moderat økonomisk vækst for samfundet som helhed. Den lave vækst er baseret på 1,7% om året i middel, og den forudsætter, at samfundet oplever en beskeden økonomisk vækst i de kommende år. I begge prognoser er det endvidere antaget, at der årligt højst oprettes 3000 nye elvarme-installationer i de dele af landet, hvor der ikke installeres naturgas eller fjernvarme.

Energiplan-81 har ikke angivet nogen prognose for el-forbruget ved en omfattende overgang til el-varme til erstatning af olieopvarmning - og der er ikke foretaget en prognose for el-forbruget under antagelse af en kraftig økonomisk vækst i løbet af perioden indtil år 2000.

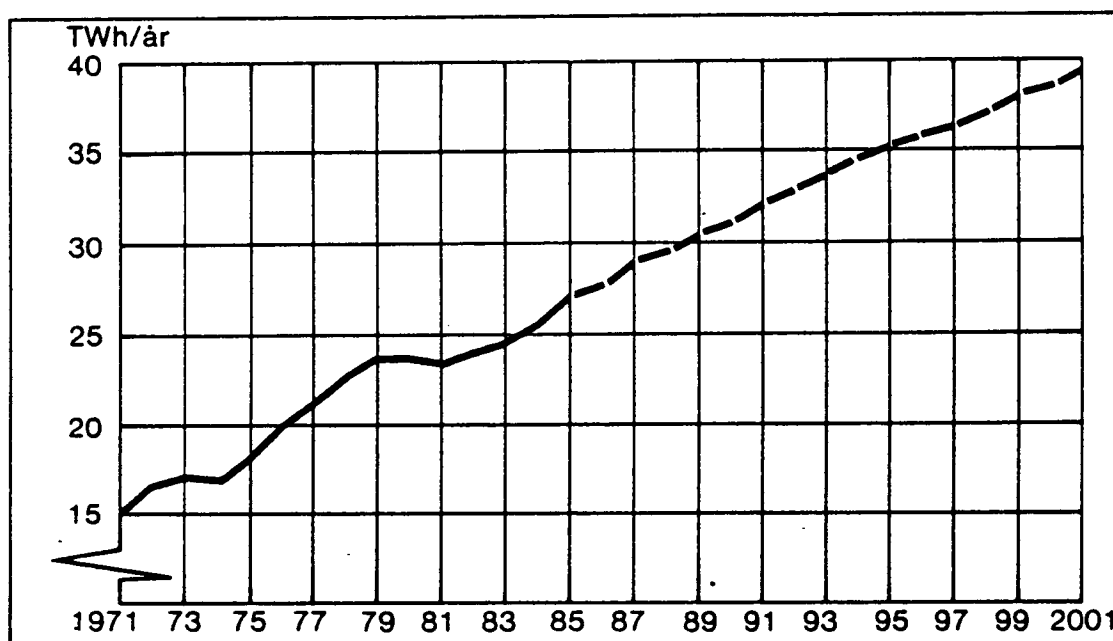
Den "høje" prognose i EP-81 svarer til en elproduktion på el-værkerne på ca. 35,5 TWh (35.500.000.000 kWh) i år 2000 og den lave prognose svarer til en produktion på ca. 33,3 TWh.

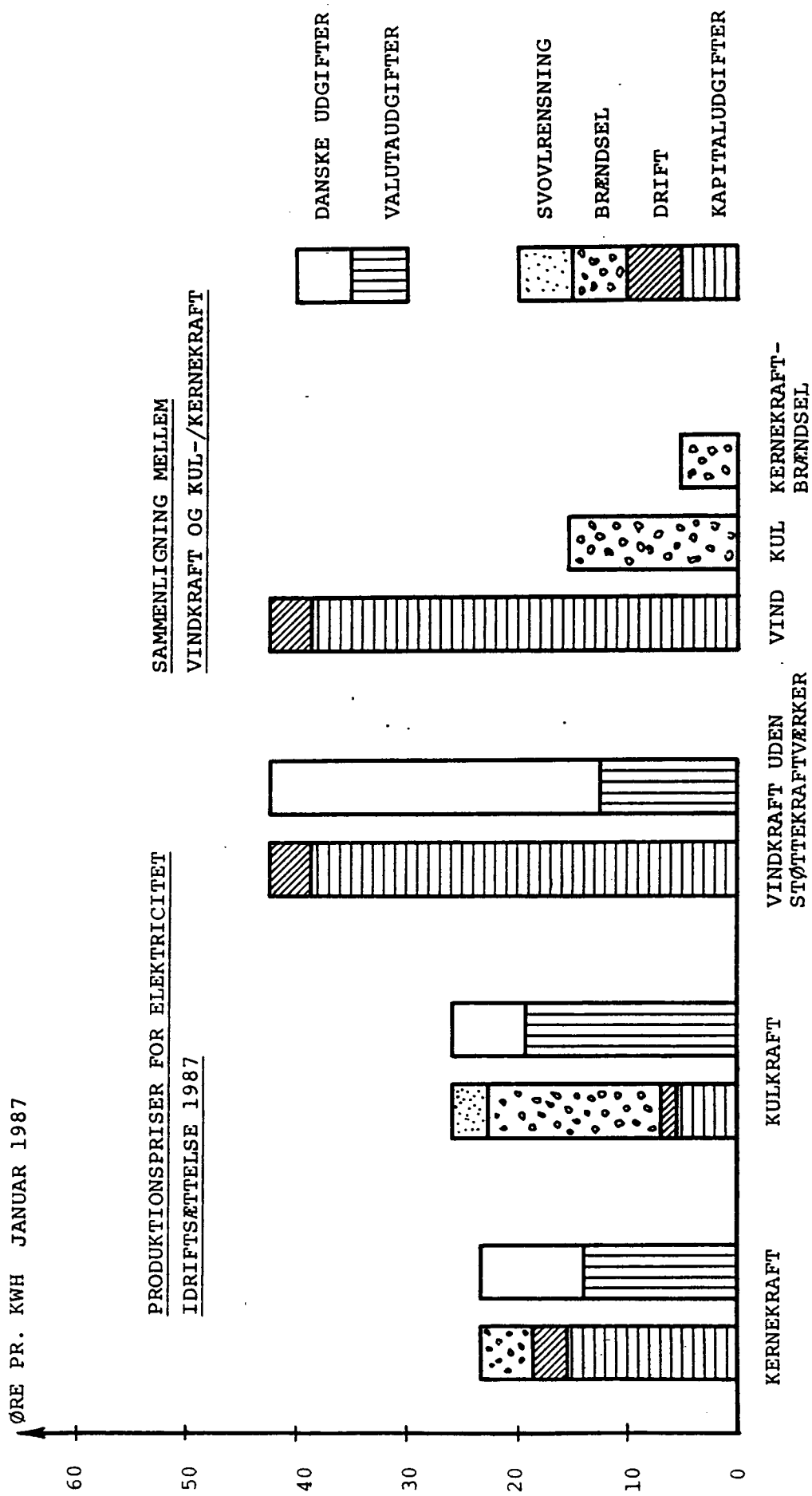
Se også teksten til nr. 702.

Tidsskriftet "el & energi" bringer jævnligt oplysninger om el-forbrugets udvikling og om de prognoser, der udarbejdes af el-værker, myndigheder m.m.

Marts 1987

El-forbrugets udvikling i de senere år samt en prognose for resten af århundredet er vist på nedenstående figur. Prognosen er baseret på antagelsen om en årlig vækst på 3% .





"Produktionspriser for elektricitet"

Figuren viser produktionsprisen for 1 kWh* (kilo-Watt-time) produceret ved henholdsvis kernekraft, kulkraft eller vindkraft.

For kernekraften er prisen 23.2 øre/kWh, for kulkraften 25.8 øre/kWh, og for vindkraften er prisen 42.5 øre/kWh.

Hvis man vil sammenligne produktionspriserne, skal man huske på, at vindmøllen næsten udelukkende sparer brændsel. Det vil sige, at vindmøllens produktionspris skal sammenlignes med brændselsudgiften ved enten kul- eller kernekraftproduktionen. Figuren indeholder således også denne sammenligning.

Priserne er opdelt i kapitaludgifter (forrentning og afskrivning af anlæg), i drifts- og vedligeholdelsesudgifter og i brændselsudgifter. For kulkraften er der endvidere regnet med udgifter til svovlrensning.

Priserne er endvidere opdelt i valutaudgifter og i "danske udgifter".

Nogle forudsætninger

Kernekraft:

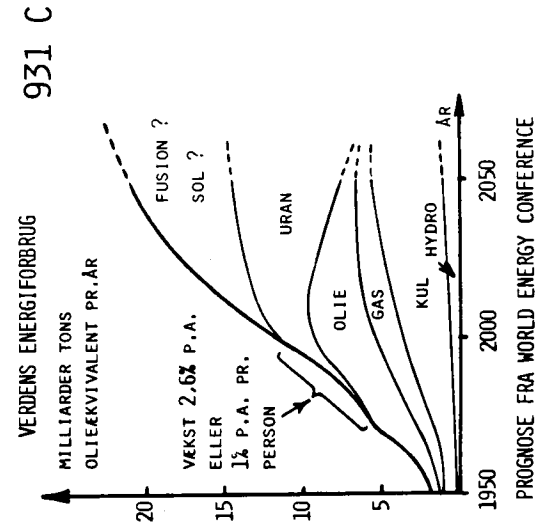
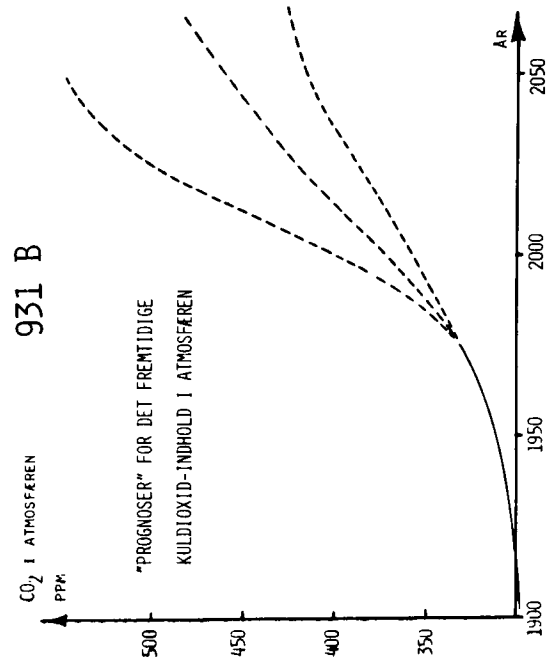
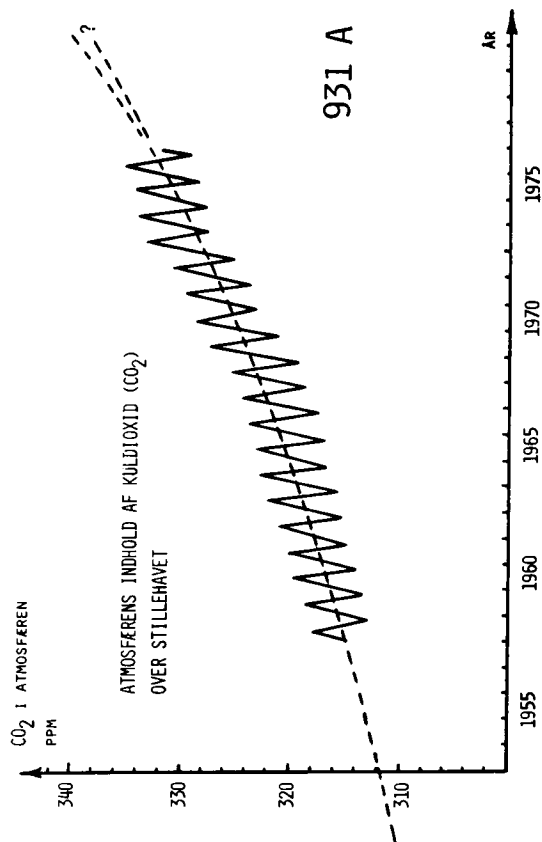
Anlægsstørrelse	2 x 660 MWe
Anlægspris incl. byggerenter	12.400 kr/kW
Økonomisk levetid	25 år
Real rente	7 % p.a.
Belastningstid	7000 timer/år
Brændselsprisstigning	2 % p.a.
Idriftsættelse	.1987

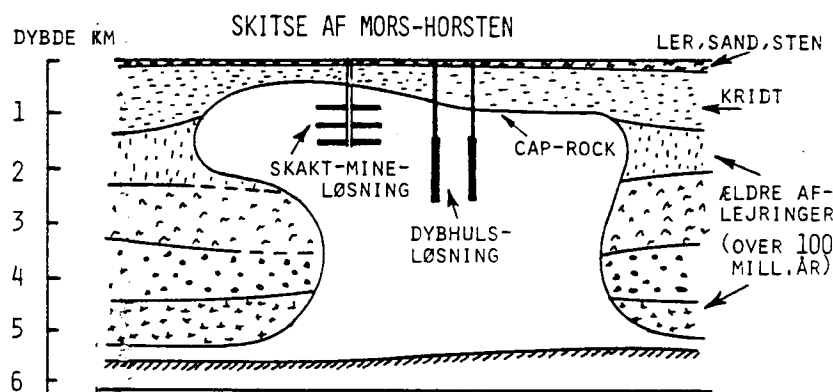
Kulkraft:

Anlægsstørrelse	2 x 600 MWe
Anlægspris incl. byggerenter	4400 kr/kWe
Økonomisk levetid	25 år
Real rente	7 % p.a.
Belastningstid	7000 timer/år
Brændselsprisstigning (kul)	2 % p.a.
Idriftsættelse	1987

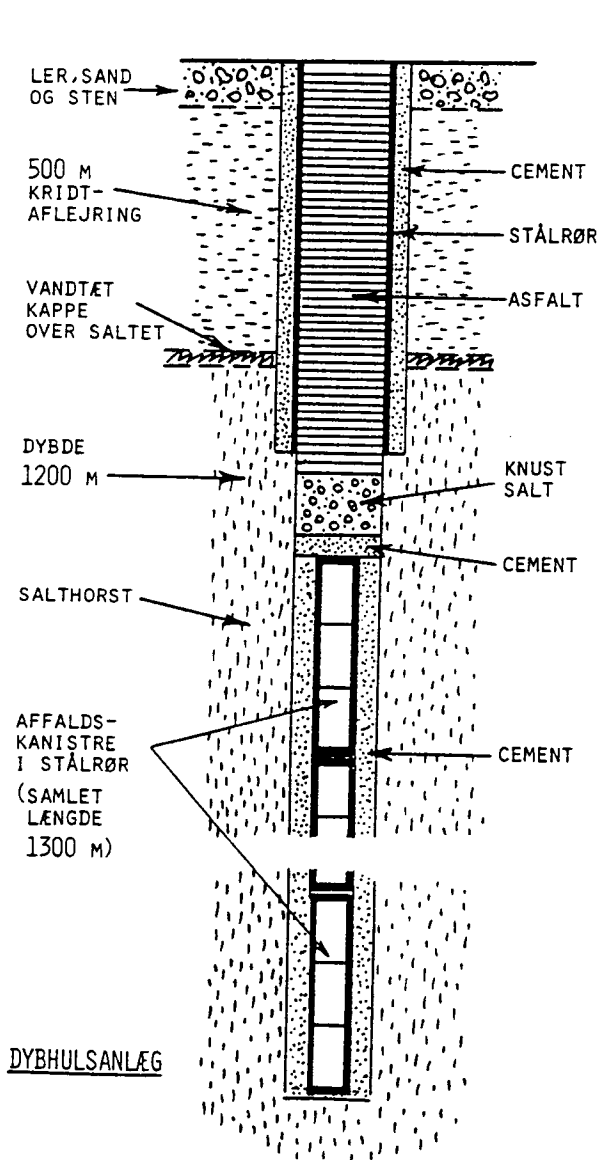
Vindkraft:

Anlægsstørrelse	100 - 200 kWe
Anlægspris (8000 - 10000 kr/kWe)	9000 kr/kWe
Økonomisk levetid	25 år
Real rente	7 % p.a.
Belastningstid	2000 timer/år
Idriftsættelse	1987





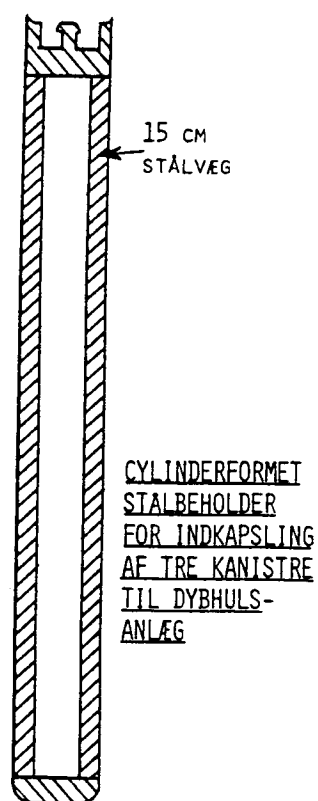
932 A



932 B



932 C



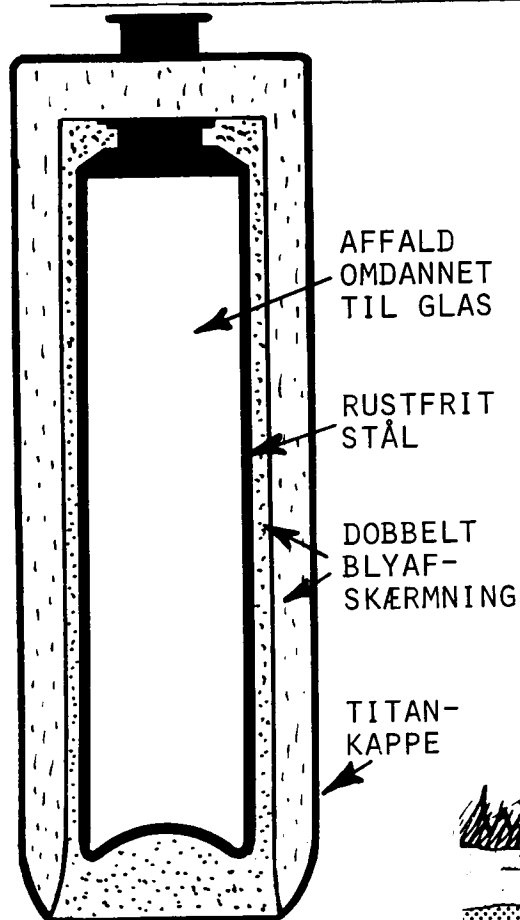
932

"Den danske affaldsløsning"

Se teksten til nr. 516.



DEN SVENSKKE AFFALDSLØSNING.



AFFALD
OMDANNET
TIL GLAS

RUSTFRIT
STÅL

DOBBELT
BLYAF-
SKÆRMNING

TITAN-
KAPPE

DET HØJAKTIVE AFFALD FRA DE SVENSKKE
KERNEKRAFTVÆRKER VIL BLIVE OMDANNET
TIL GLAS PÅ FRANSKE ELLER ENGELSKE
OPARBEJDNINGSANLÆG.

EFTER NOGLE ÅRS "AFKØLING" I SVERIGE
SKAL AFFALDET SLUT-DEPONERES I
CA. 500 METERS DYBDE I GRUNDFJELDET.

EN AF KBS-PROJEKTETS
AFFALDSCYLINDRE

modtagings- og
indkapslingsstation

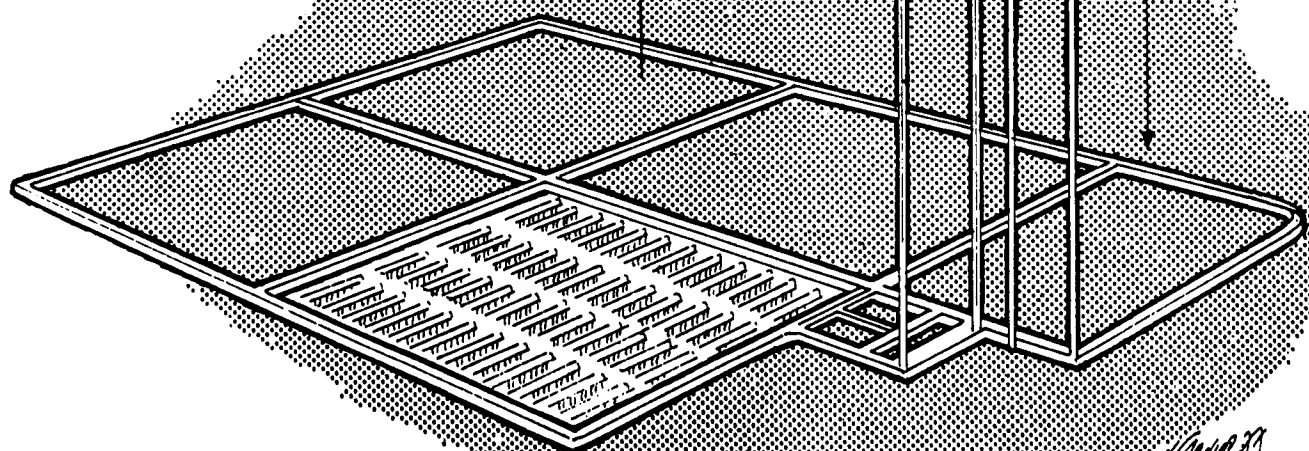
mellemlager

transportskakt
til affald

centralskakt
ventilationsskakt
ekstra skakt

slutlager

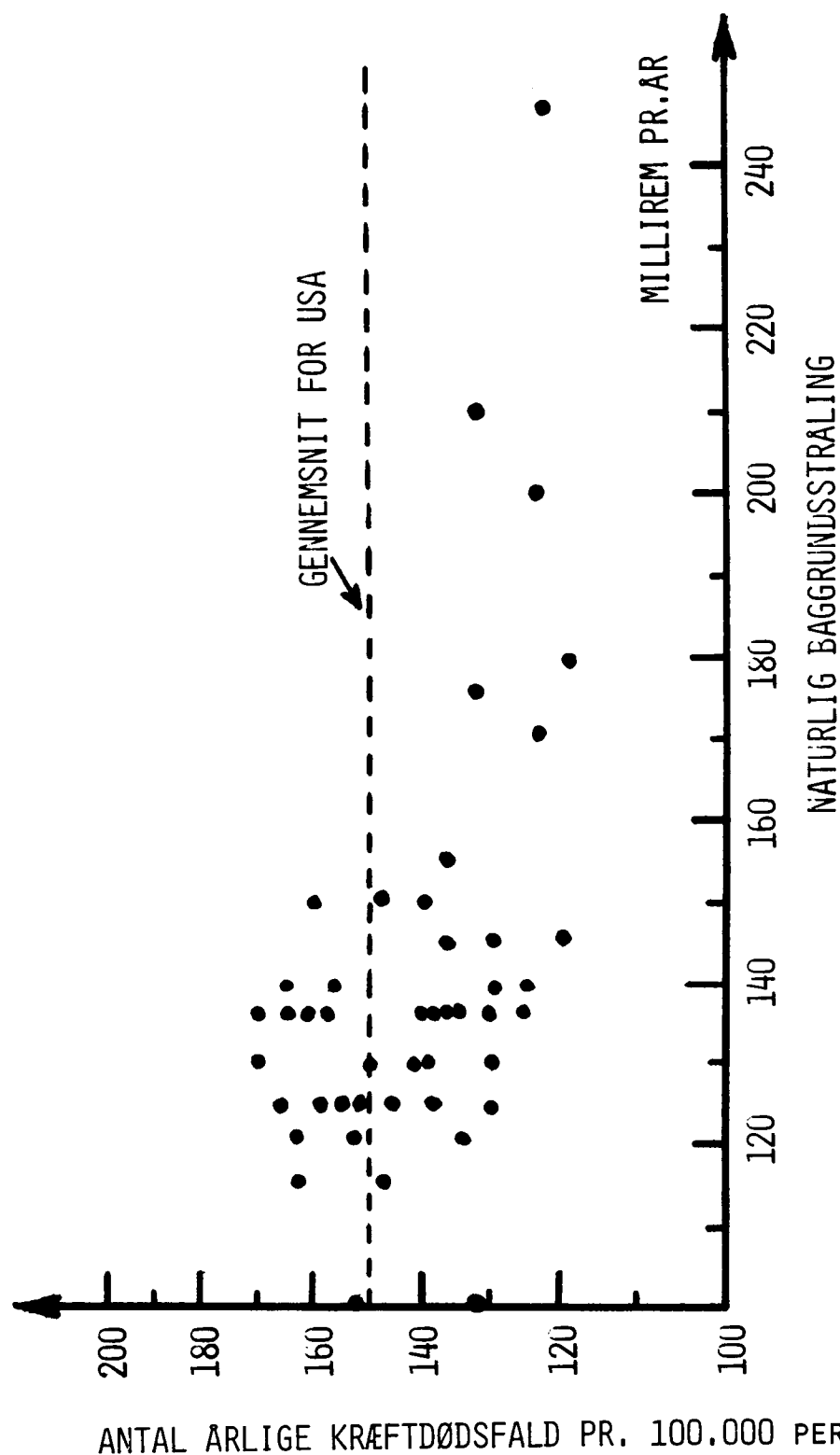
ca. 500 m.



933

"Den svenske affaldsløsning"

Se også teksten til nr. 510 og 341.



FIGUREN VISER DEN ÅRLIGE DØDSHYPPIGHED SOM FØLGE AF KRÆFT OG LEUKÆMI

I USA SOM FUNKTION AF DEN NATURLIGE BAGGRUNDSSTRÅLING.

KILDE: BIOLOGICAL AND ENVIRONMENTAL EFFECTS OF LOW-LEVEL RADIATION
VOL.2, IAEA, WIEN 1976

Figur 934 viser resultatet af en omfattende undersøgelse i USA, hvor man har undersøgt, om der var en sammenhæng mellem styrken af den naturlige baggrundsstråling og hyppigheden af kræftdødsfald. (Se nærmere herom i afsnit nr. 314)

Resultaterne af undersøgelsen er vist på figuren, hvor der endvidere er indtegnet den gennemsnitlige hyppighed af kræftdødsfald i USA. Hver prik svarer til én af de amerikanske stater.

Resultaterne ligger noget spredt, men figuren antyder, at hvis der er en sammenhæng mellem kræftdødeligheden og baggrundsstrålingens styrke, må der være tale om, at en højere baggrundsstråling giver en lavere kræfthyppighed.

I undersøgelsen har man naturligvis også kontrolleret, om andre forhold kunne forklare forskellene i kræfthyppigheden. Men man kunne ikke udpege andre grunde som årsagen.

I andre lande har man imidlertid ikke fundet en tilsvarende sammenhæng, og figuren kan derfor ikke bruges som et bevis på, at strålingen er gavnlig for sundheden. Men figuren kan sige, at strålingen ikke kan være så farlig, som kernekraftmodstanderne ofte hævder. I så fald skulle man nemlig se en klar stigning i kræftdødeligheden med stigende baggrundsstråling - og figuren viser netop det modsatte.



EN VURDERING AF DE SUNDHEDSMÆSSIGE KONSEKVENSER VED
FREMSTILLING AF ELEKTRICITET PÅ STORE KRAFTVÆRKER:

ALLE TALLENE ER PR.ÅR OG GÆLDER FOR 1000 MW_E VÆRKER

	KUL	OLIE	URAN
DØDSFALD BLANDT BESKÆFTIGEDE	0,54 - 8,0	0,14 - 1,3	0,035 - 0,945
DØDSFALD BLANDT IKKE-BESKÆFTIGEDE	1,62 - 306	1,0 - 100	0,01 - 0,16
DØDSFALD IALT	2,16 - 314	1,1 - 101	0,045 - 1,1
MIDDEL	26	11	0,2
IKKE-DØDELIGE ERHVERVSSKADER	26 - 156	12 - 94	4 - 13

TABELLENS TAL STAMMER FRA RAPPORTEN "HEALTH EVALUATION OF ENERGY-
GENERATING SOURCES", DER I 1978 BLEV UDSENDT AF DET AMERIKANSKE
LÆGEVIDENSKABELIGE SELSKAB (AMERICAN MEDICAL ASSOCIATION),

"Sundhedsmæssige konsekvenser ved el-fremstilling"

Der har i tidens løb været foretaget mange undersøgelser af de sundhedsmæssige konsekvenser for beskæftigede og for befolkningen ved fremstillingen af elektricitet på forskellige typer kraftværker.

I 1978 sammenfattede det amerikanske lægevidenskabelige selskab alle disse undersøgelses resultater i én rapport "Health Evaluation of Energy-Generating Sources".

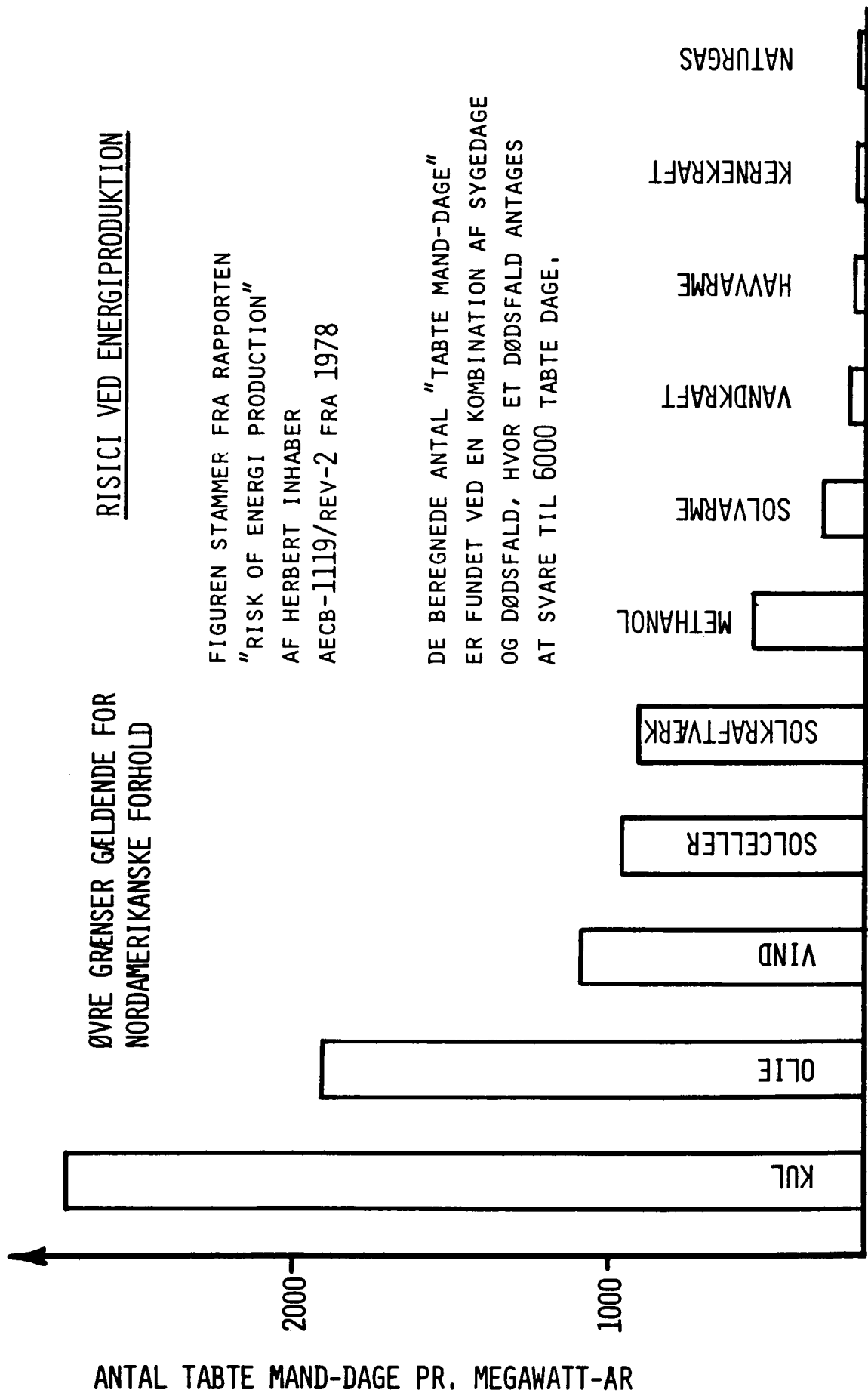
Resultaterne er vist i tabel 935.

Som tabellens tal viser, er der stor usikkerhed på vurderingerne. En del af usikkerheden skyldes en ufuldstændig viden om virkningerne af almindelig luftforurening. En anden del af usikkerheden skyldes, at forskellige placeringer og udformninger af kraftværkerne vil give forskellige forureninger.

Tendensen er dog helt klar. Kulfyering frembyder langt den største risiko med oliefyring på andenpladsen.

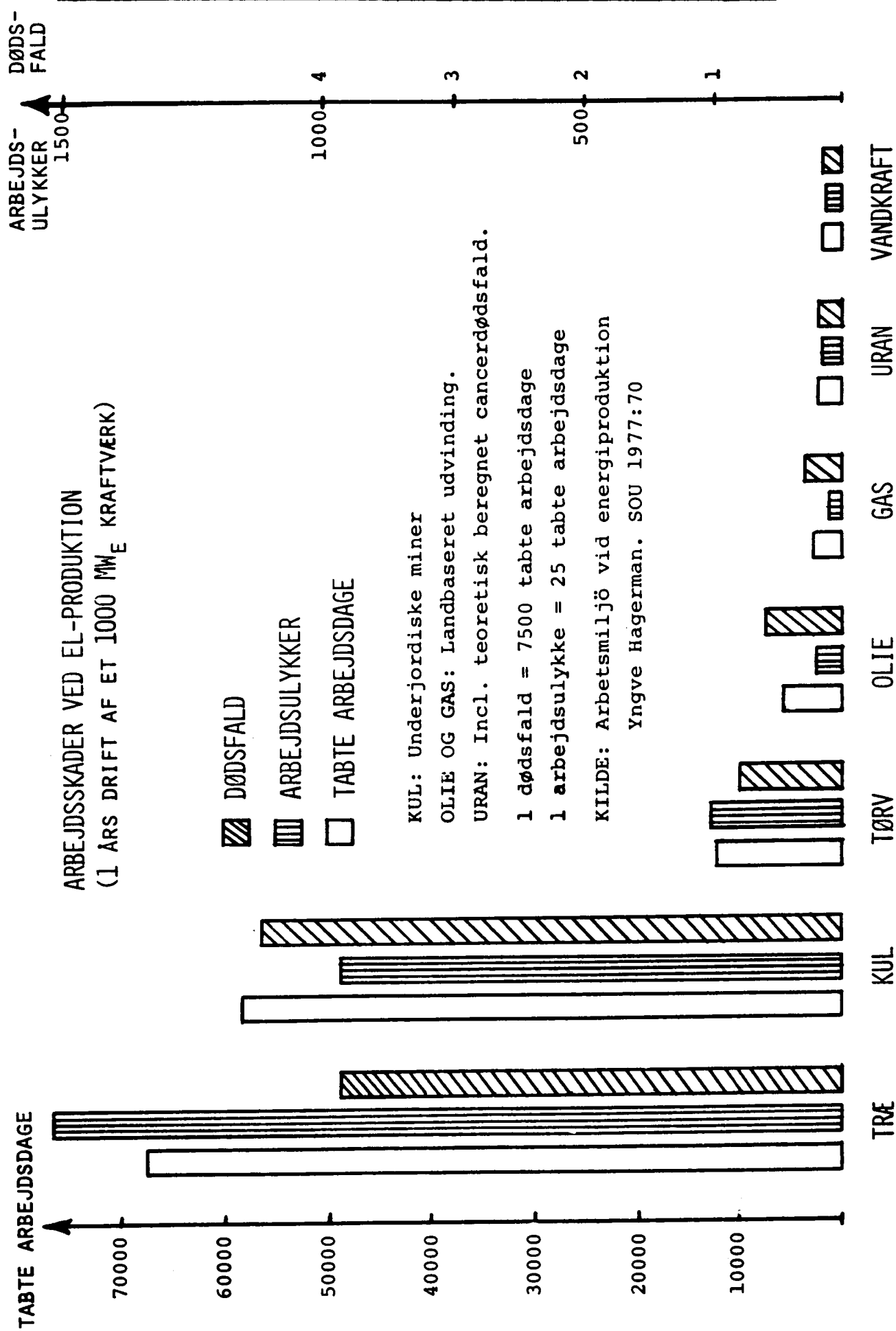
Tallene omfatter hele brændselskredsløbet - dvs. lige fra udgravningen af kul eller uran i minerne til deponeringen af asken eller det radioaktive affald.

Bemærk: Tallene i rækken "dødsfald ialt - middel" er beregnet som den geometriske middelværdi mellem største og mindste tal.



"Risici ved energiudnyttelse"

Se teksten til nr. 508 om Inhaber-rapporten.



937

"Arbejdsskader ved el-produktion"

Se teksten til nr. 509 om Hagerman-rapporten.

"Teoretisk forureningsevne for højaktivt affald m.m."

Figuren viser en af de måder, hvorpå man kan anskueliggøre, hvordan "farligheden" af højradioaktivt affald formindskes i tidens løb i takt med henfaldet af det radioaktive affald.

Man tænker sig her, at det højaktive affald fra et dansk kernekraftprogram (6 reaktorer i 30 år) opblandes med vand til netop den koncentration af radioaktivitet, der svarer til det maksimalt tilladelige for drikkevand. Denne vandmængde kaldes affaldets teoretiske forureningsevne. Ser man på kurven "Højaktivt affald" starter den højt oppe ved år 1 - dvs. 1 år efter, at de udbrændte brændselsstave er taget ud af reaktoren. Efter få hundrede år har kurven nået en brøkdel af de oprindelige værdier og falder herefter langsomt.

Efter ca. 8000 år skærer kurven værdien 1, der svarer til den indtegnede linie "Uranmalm". Det er den uranmalm, der skal brydes for at skaffe brændslet til driften af 6 reaktorer i 30 år. Uranmalmen indeholder radioaktive stoffer, og den kan derfor ligesom det højaktive affald tænkes at forurene en vis mængde vand.

Almindelig jord indeholder små mængder naturlig radioaktivitet. De øverste 60 meter af jorden over salthorsten på Mors har en teoretisk forureningsevne, der er lidt mindre end for "Uranmalm". Efter ca. 10.000 års forløb ligger kurven "Højaktivt affald" under "Jord over salthorsten på Mors".

Kulasker indeholder varierende mængder radioaktivitet. Der er derfor indtegnet to niveauer for kulaskens forureningsevne. (Kulaskemængden svarer til affaldet fra 6 store kulfyrede værkers drift i 30 år og omfatter kun de radioaktive stoffer heri).

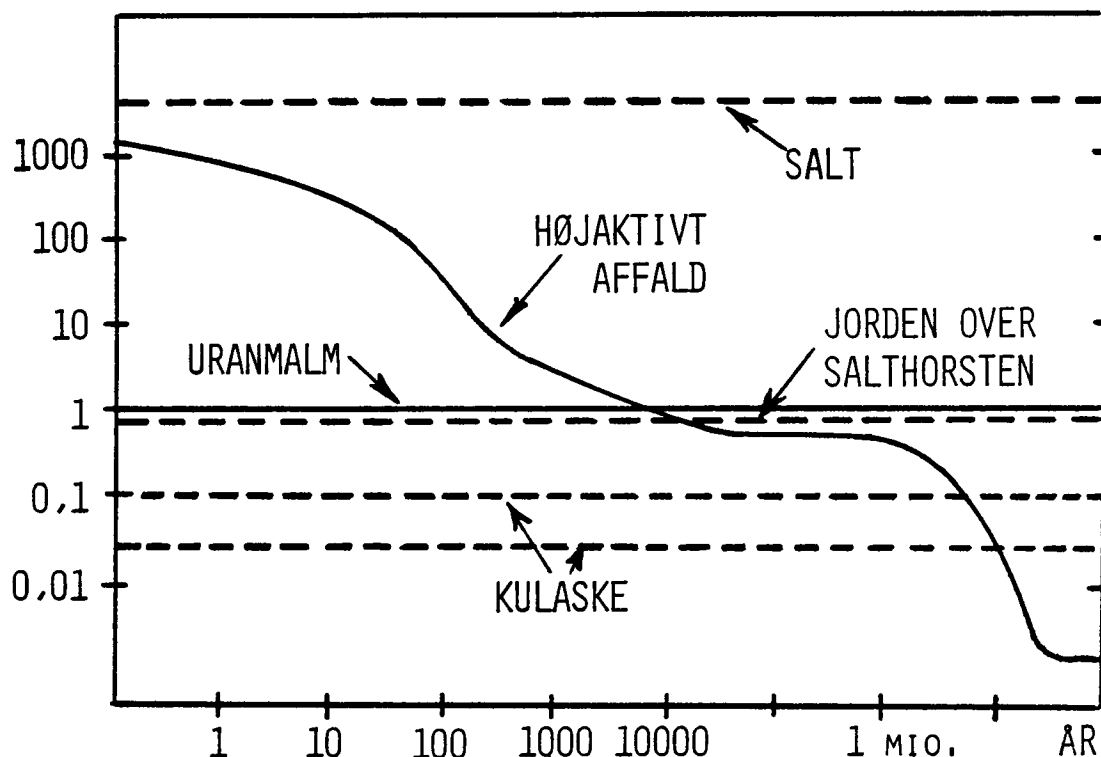
Øverst i figuren findes linien mærket "Salt". Denne linie svarer til forureningsevnen for saltet i den del af Mors-horsten, der ligger over den dybde, hvor det højaktive affald kan tænkes deponeret. Forureningsgrænsen for drikkevand er her fastlagt som den saltkoncentration, der vil gøre vand aldeles uegnet som drikkevand.

Man finder således, at saltet over det radioaktive affald lige fra starten har en teoretisk forureningsevne, der er større end affaldets, og efter 100 års forløb er affaldets teoretiske forureningsevne over 100 gange lavere end saltets.

Se også nr. 516.



TEORETISK FORURENINGSEVNE FRA HØJAKTIVT AFFALD M.M.



FIGURFORKLARING:

URANMALM: DEN MÆNGDE NATURLIGT URANMALM, DER SKAL BRYDES FOR AT SKAFFE URAN TIL DRIFTEN AF 6 Å-VÆRKER I 30 ÅR.

HØJAKTIVT AFFALD: DEN MÆNGDE HØJRADIOAKTIVT AFFALD, DER FREMKOMMER VED DRIFTEN AF 6 Å-VÆRKER I 30 ÅR.

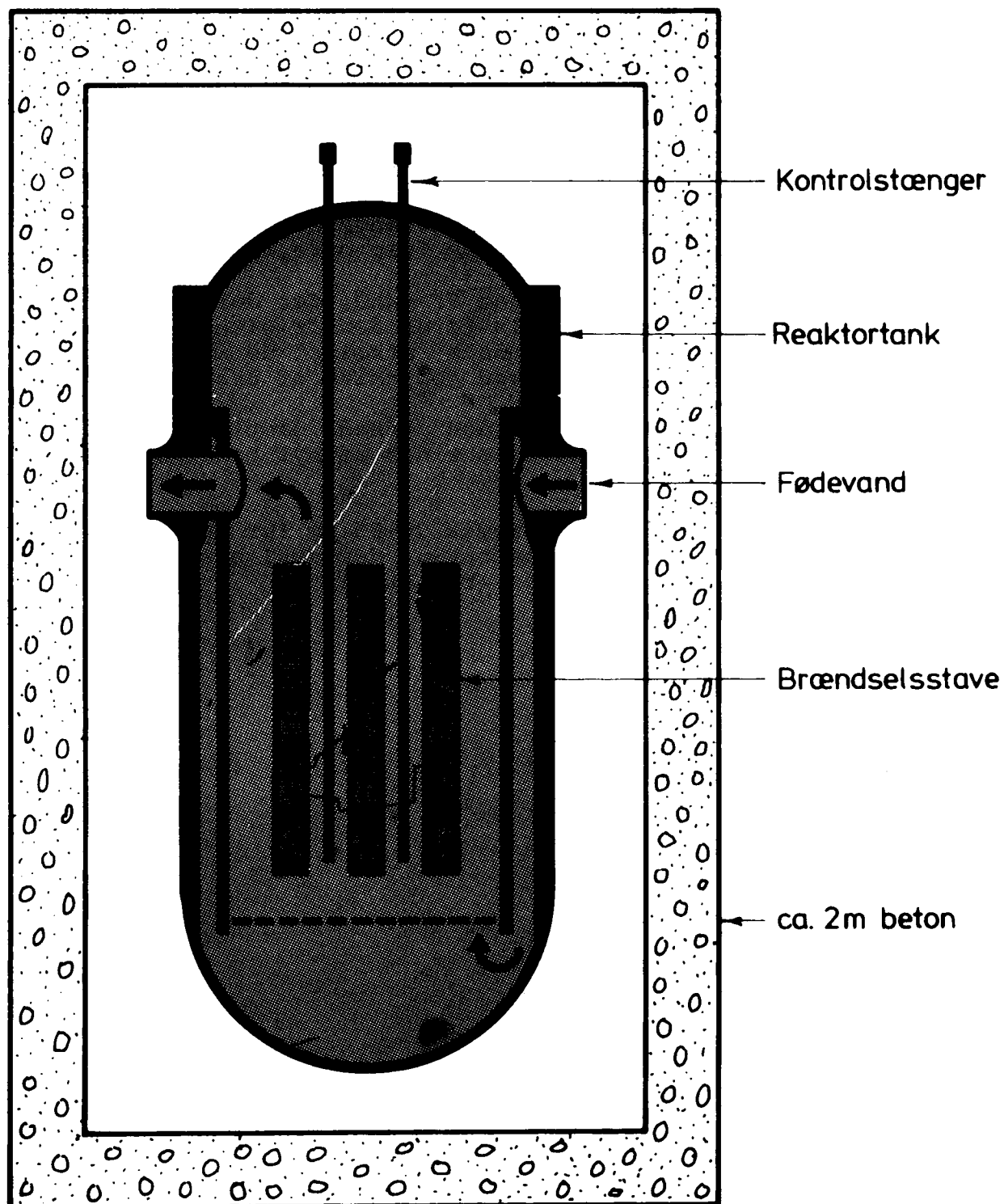
KULASKE: RADIOAKTIVE STOFFER I DEN MÆNGDE KUL, DER FORBRUGES VED DRIFTEN AF 6 STORE KULFYREDE KRAFTVÆRKER I 30 ÅR. (MÆNGDEN AF RADIOAKTIVITET AFHÆNGER AF KULTYPEN.)

SALT: SALTET I MORS-HORSTEN OVER DET NIVEAU, HVOR HØJAKTIVT AFFALD KAN DEPONERES.

JORDEN OVER SALTHORSTEN: DEN NATURLIGE RADIOAKTIVITET I DE JORDLAG, DER LIGGER OVER MORS-HORSTEN.



Principopbygning af reaktor



Figur 940

Energikilden i reaktoren er brændselsstavene, der består af uran. Uranet indeholder 2-3% uran-235, hvorimod uran i naturen kun indeholder 0,7% uran-235. Resten af uranet består af uran-238. (Man siger, at uranet i en reaktor er blevet beriget* i uran-235)

I brændselsstavene frigøres der neutroner ved kernespaltingerne, og disse nye neutroner kan så bevirke nye kernespaltninger, hvis de indfanges i uran-235 kerner. Herved kan man opretholde en kædeproces.

Styrken af kædeprocessen og hermed energiudviklingen i reaktoren kan styres med kontrolstængerne, der opsuger en større eller mindre del af de frigjorte neutroner.

Brændselsstavene er omgivet af vand, der dels sørger for en køling af stavene, dels fører den frigivne varmeenergi videre til udnyttelse og dels "afkøler" de meget hurtige neutroner, der frigives ved spaltning af uran-235 kernerne.

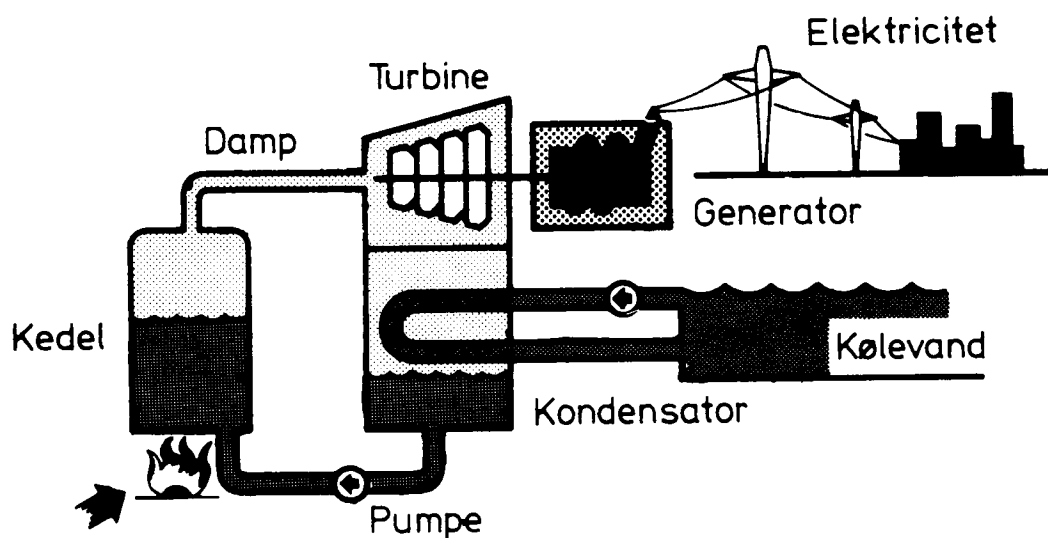
Det opvarmede vand, eller den dannede damp, føres bort fra reaktoren og erstattes hele tiden af nyt koldt vand (fødevand).

Reaktortanken er sædvanligvis 20-25 cm tyk og er lavet af stål. Yderst findes en betonvæg, der skal afskærme mod strålingen, når reaktoren er i drift.



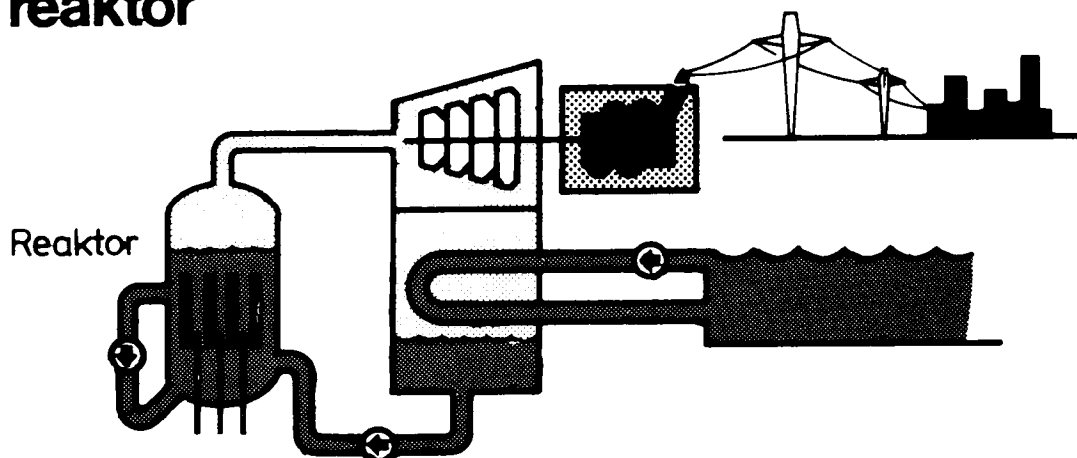
Konventionelt kraftværk

Figur 941 A



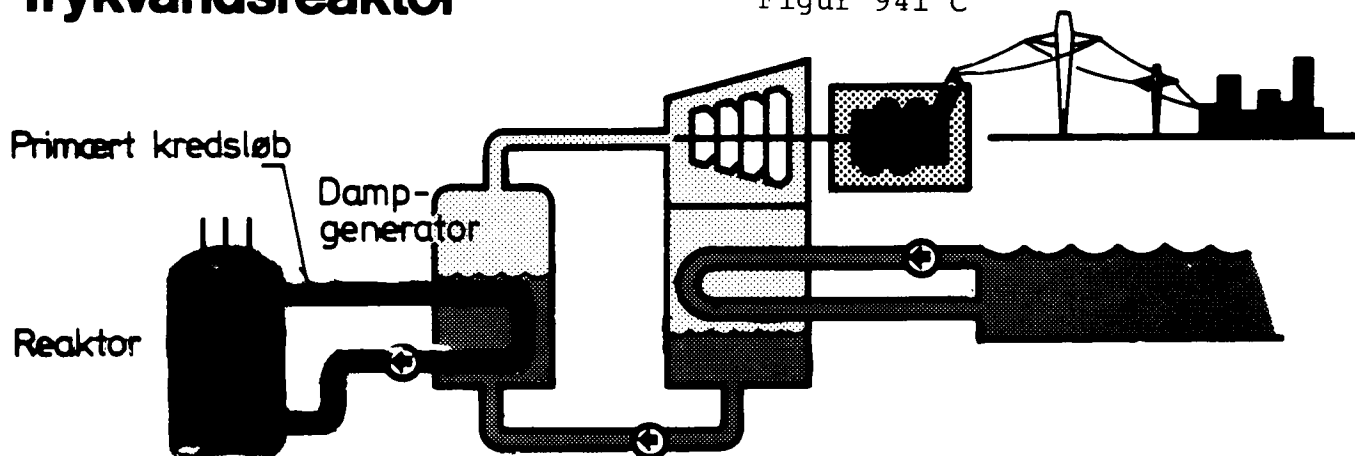
Kogevands reaktor

Figur 941 B



Trykvandsreaktor

Figur 941 C



"Kraftværkernes virkemåde"

Figur 941 A

viser en principskitse for et konventionelt kraftværk, der fyres med kul eller olie.

I kedlen opvarmes vandet, så det koger, og den dannede damp føres videre til turbinen, der herved bringes til at rotere med høj hastighed.

Efter udnyttelsen i turbinen ledes dampen til kondensatoren, hvor dampen afkøles og fortættes til vand, der opsamles i bunden af kondensatoren. Herfra pumpes vandet tilbage til kedlen.

Afkølingen af dampen i kondensatoren sker ved hjælp af kølevand, der tages fra havet, fra en flod eller fra en stor sø.

Turbinen trækker den elektriske generator, der sender strøm ud på nettet til forbrugerne.

I kogendevandsreaktoren* (BWR), som er vist på figur 941 B, er kedlen erstattet af reaktortanken. Men herudover svarer et kraftværk af BWR-typen meget til et konventionelt kraftværk. (BWR = Boiling Water Reactor)

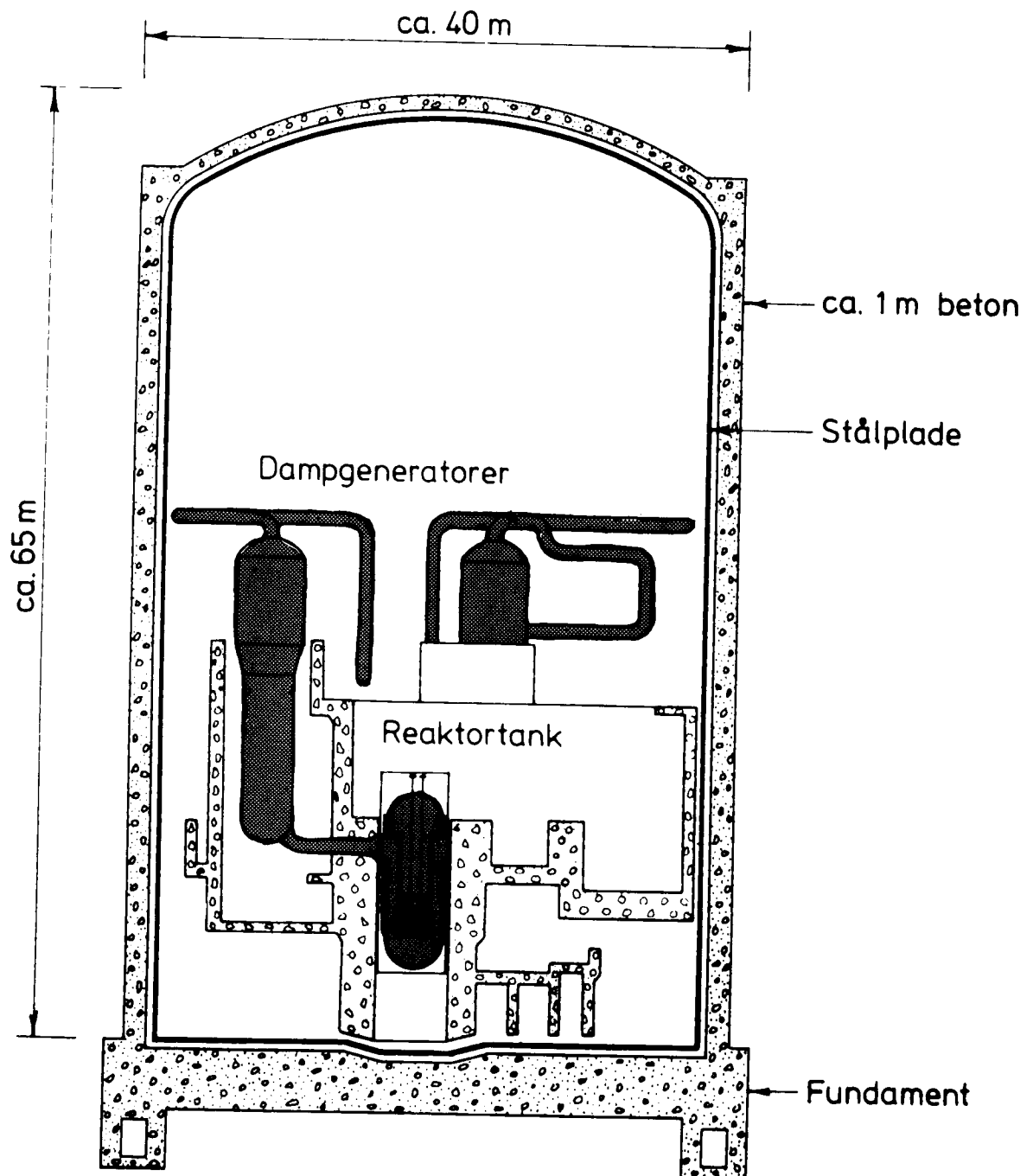
Figur 941 C viser en anden reaktortype - trykvandsreaktoren* (PWR). Her holdes vandet i reaktortanken under så højt et tryk, at det ikke kan koge. Det varme vand føres fra reaktortanken til en dampgenerator, hvor det benyttes til at opvarme og fordampe det vand, der findes i det andet kredsløb - turbine-kredsløbet. Det let afkølede vand pumpes tilbage til reaktoren, hvor det opvarmes påny.

Dampen fra dampgeneratoren føres til turbinen og videre til kondensatoren på samme måde som ved konventionelle kraftværker og ved BWR-kraftværker.

(PWR = Pressurized Water Reactor)



Containment (reaktorindeslutning) for trykvandsreaktor



"Reaktorindeslutning for trykvandsreaktor"

Figur 942

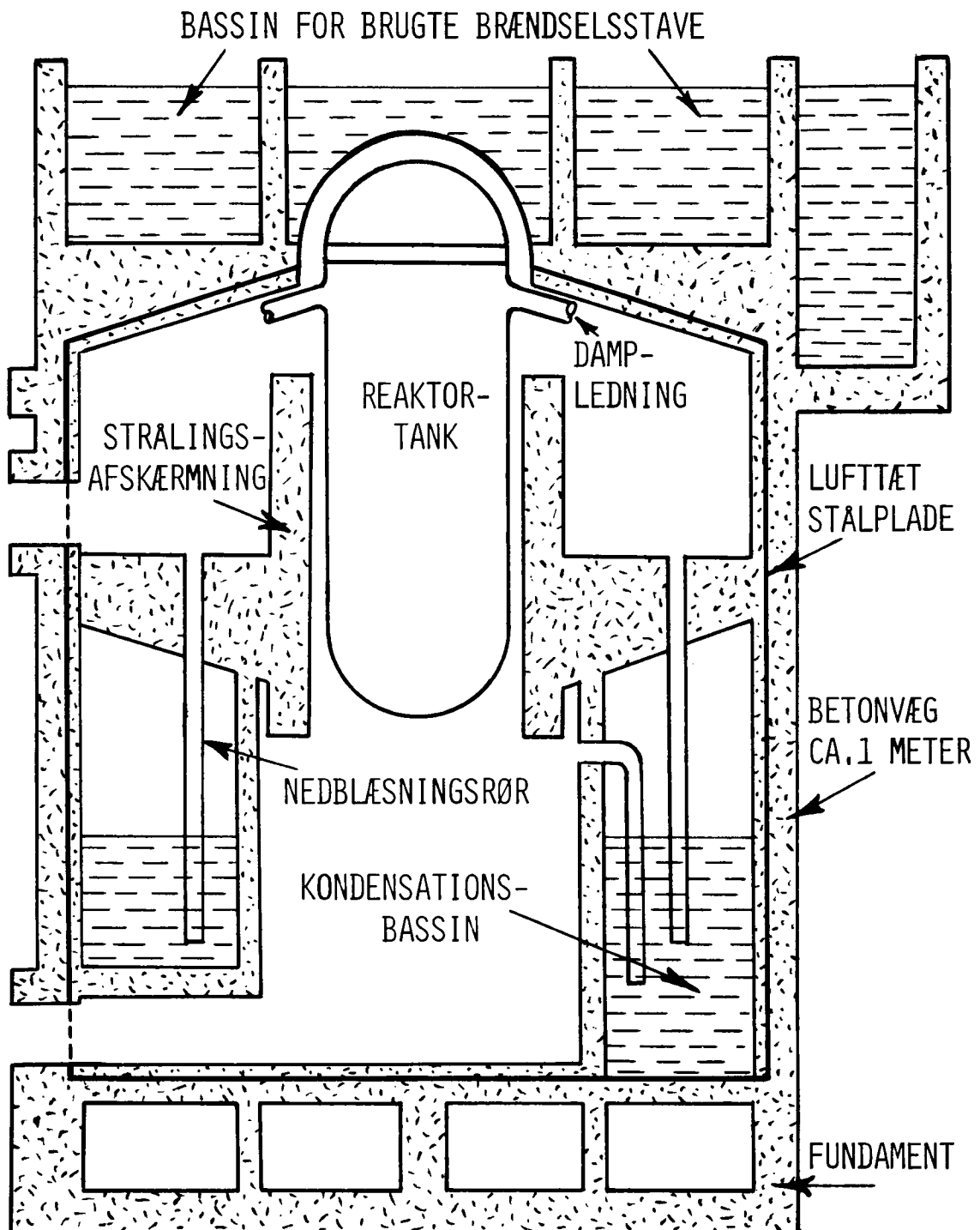
viser indeslutningen (containment) om en trykvandsreaktor* (PWR). Foruden reaktortanken ser man 2 dampgeneratorer, hvoraf der kan være op til 4 på et stort PWR-kraftværk.

Dampen fra dampgeneratorerne føres ud gennem reaktorindeslutningsvæggen til turbinebygningen, hvor turbine, kondensator og el-generator er anbragt.

Indeslutningens væg består inderst af en tyk stålplade, der er omgivet af en skal af jernbeton, der er omkring 1 meter tyk.

Indeslutningen skal være i stand til at modstå et indre overtryk, som f.eks. kan opstå, hvis en rørledning går i stykker og store mængder vand og damp strømmer ud i indeslutningen. Endvidere skal indeslutningen være lufttæt, hvilket afprøves med jævne mellemrum.

Marts 1981



REAKTORINDESLUTNING (CONTAINMENT)
FOR KOGENDEVANDSREAKTOR (BWR)

"Reaktorindeslutning for kogendevandsreaktor"

Figur 943

viser indeslutningen (containment) om en kogendevandsreaktor* (BWR). Indeslutningen, der svarer til de nyeste svenske kernekraftværkers, er lavet af jernbeton.

I ydervæggen, gulv og loft er der indstøbt en stålplade, der gør indeslutningen helt lufttæt. I indeslutningens loft er der en halvkugleformet tyk stålplade, der kan tages af under det årlige brændselskift. Toppen af selve reaktortanken tages da også af, og de brugte brændselsstave løftes op og placeres i bassinet, der ses foroven. Her er der plads til brugte brændselsstave fra flere års drift.

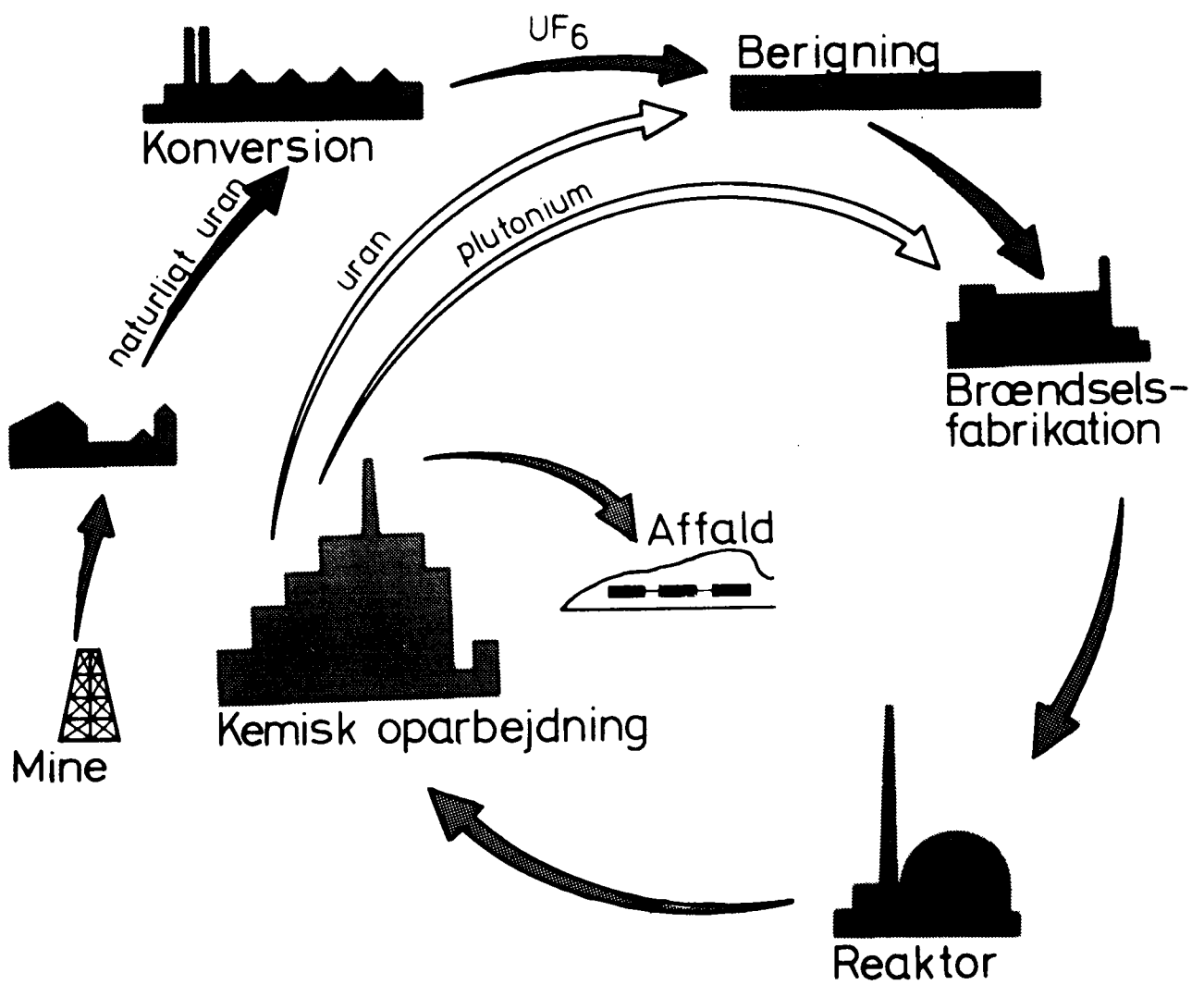
Sker der et brud på en dampledning eller et vandrør inden for indeslutningen, vil damp og vand blive ført ned til kondensationsbassinet gennem nogle nedblæsningsrør. I kondensationsbassinet vil dampen fortættes (kondenseres). Herved sikrer man sig, at trykket i indeslutningen ikke stiger mere, end den kan tåle.

Med jævne mellemrum afprøver man, om indeslutningen er helt tæt. Det sker med 4 atmosfæres tryk i indeslutningen. I praksis regner man med, at indeslutningen i virkeligheden vil kunne tåle mere end det dobbelte tryk, før der opstår større utætheder. Ingen steder i verden har man dog haft behov for, at indeslutningen kan tåle det høje tryk.

Under den normale drift sendes dampen fra reaktoren ud gennem indeslutningens væg til turbine-hallen, hvor turbinen, generatoren og kondensatoren er placeret. Sker der driftsforstyrrelser, så turbinen ikke kan optage dampen, kan man lede dampen fra reaktoren direkte ned i kondensationsbassinet. Sådanne driftsforstyrrelser sker af og til.

Marts 1981

Det nukleare brændselskredsløb



Figur 944

viser det såkaldte nukleare brændselskredsløb. Det begynder i uranminen, hvor malmen udvindes. Herefter knuses malmen og hovedparten af uranindholdet udvindes og transporteres til et konversionsanlæg. Her omdannes uranet til uranhexafluorid (UF_6), der sendes til berigningsanlægget.

På berigningsanlægget "sorteres" uran-atomerne, så den brugbare del af uranet kommer til at indeholde 2-3% uran-235 mod kun 0,7% uran-235 i naturligt uran fra uranminen.

Den tiloversblevne del af uranet, som indeholder mindre end 0,7% uran-235, oplagres til brug i fremtidens formeringsreaktorer, der er under udvikling i disse år.

Det berigede uran - med 2-3% uran-235 - sendes herefter til de fabrikker, der fremstiller de færdige brændselsstave til brug i reaktorer på kernekraftværker.

Efter 3-4 års udnyttelse i reaktoren tages brændslet ud igen og sendes efter en passende "køle-periode" til et oparbejdningsanlæg. (I praksis udskifter man mellem en fjerdedel og en trediedel af brændslet hvert år).

På oparbejdningsanlægget skæres brændselsstavene i stykker og opløses i syre, hvorefter man ved forskellige kemiske processer adskiller det opløste brændsel i tre dele: i uran, i plutonium og i højaktivt affald.

Det højaktive affald opbevares et stykke tid på oparbejdningsanlægget, hvorefter det omdannes til glas, der indstøbes i metalbeholdere af passende størrelse og udformning. Efter yderligere et stykke tid - fra nogle få måneder til omkring 40 år - sendes det højaktive affald til den endelige deponering. (Se også nr. 341)

Det uran, der er blevet udvundet af det brugte brændsel, sendes til berigningsanlægget, hvorefter det udnyttes på samme måde som uranet fra uranminen.

Endelig udnyttes det udvundne plutonium til fremstilling af nye brændselselementer. I "almindelige" kernekraftværker har man kun udnyttet plutonium-brændsel i meget begrænset omfang, men i de kommende formeringsreaktorer (genbrugsreaktorer) vil man i udstrakt grad benytte sig af det plutonium, der er fremstillet på nutidens kernekraftværker.