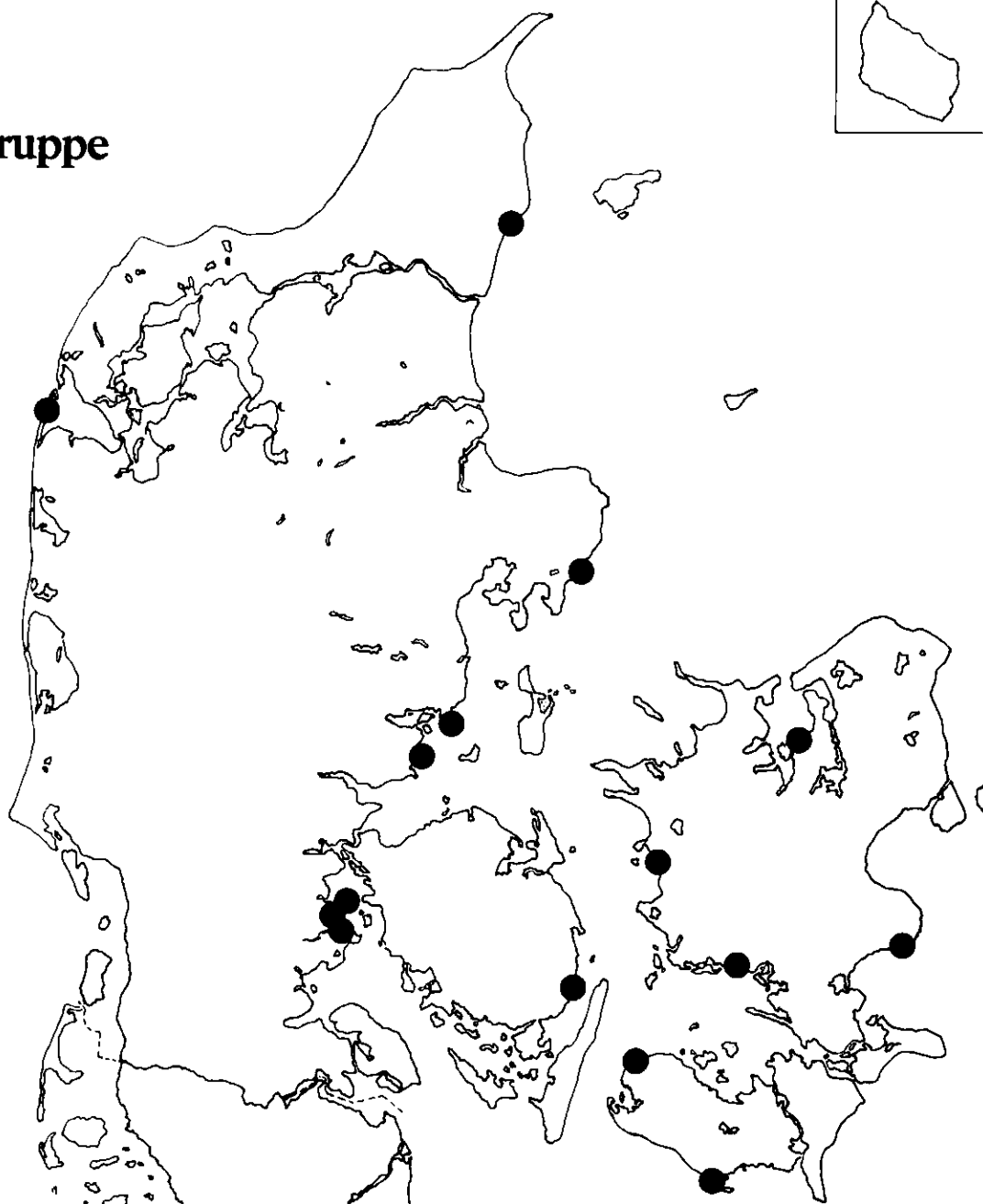


# Placering af kernekræftværker

– en undersøgelse af placeringens betydning for befolkningens sikkerhed

Rapport fra  
en arbejdsgruppe

Februar 1984



MILJØMINISTERIET

miljøstyrelsen · Strandgade 29 · 1401 København K · Tlf. (01) 57 83 10

621.039.58

B 5 1.3

# Placering af kernekræftværker

– en undersøgelse af placeringens betydning for befolkningens sikkerhed

Rapport fra  
en arbejdsgruppe

Februar 1984

MILJØSTYRELSEN  
BIBLIOTEKET  
STRANDGADE 29  
1401 KØBENHAVN K

MILJØMINISTERIET

miljøstyrelsen · Strandgade 29 · 1401 København K · Tlf. (01) 57 83 10



trykt på genbrugspapir

ISBN 87-503-4907-4

Stougaard Jensen/København

Fu 00-236

## FORORD


Hermed offentliggøres rapporten om miljøstyrelsens undersøgelse af betydningen af kernekraftværkers placering for befolkningens sikkerhed.

Rapporten skal ses på den baggrund, at miljøstyrelsen i april 1980 blev anmodet om at udarbejde en redegørelse om sikkerheden ved anvendelse af kernekraftværker.

Samtidig blev miljøstyrelsen anmodet om at undersøge, hvilken betydning befolkningsforholdene omkring kernekraftværker har for befolkningens sikkerhed. Undersøgelsen skulle indeholde oplysninger om overvejelser og praksis i andre lande med lignende befolkningsforhold og placeringsmuligheder som i Danmark. Miljøstyrelsen blev anmodet om at belyse disse placeringsaspekter i forhold til mulige pladser i Danmark.

I henhold til miljøministeriets cirkulære af 6. august 1980 om reservation af arealer til atomkraftværker i Danmark er i alt 6 arealer øst for Store Bælt og 9 arealer vest for Store Bælt reserveret til atomkraftværker. Reservationerne er gennemført med henblik på den mulighed, at der på et senere tidspunkt bliver truffet beslutning om opførelse af atomkraftværker på de nugældende arealer. Hensigten med reservationerne er således at undgå, at der i tiden indtil eventuelle beslutninger om placeringer af atomkraftværker træffes, finder præjudicerende bebyggelse sted i reservationsområderne. Det fremgår endelig af nævnte cirkulære, at arealreservationerne, når placeringsundersøgelsen er tilendebragt, vil kunne tages op til overvejelse med henblik på vurdering af, om alle reservationerne bør oprettholdes.

Nærværende rapport om den sikkerhedsmæssige betydning af kernekraftværkers placering er udarbejdet af en arbejdsgruppe nedsat af miljøstyrelsen.



Jens Kampmann



# INDHOLDSFORTEGNELSE

	Side
1. INDLEDNING.....	1-1
1.1. Arbejdsgruppens opgave.....	1-1
1.2. Arbejdsgruppens sammensætning .....	1-2
1.3. Undersøgelsens sigte og indhold.....	1-3
2. SAMMENFATNING OG KONKLUSION.....	2-1
2.1. Generelle betragtninger om befolkningens sikkerhed i forbindelse med placering af kernekraftværker	2-1
2.2. Betydningen af omegnsbefolkningens størrelse og fordeling ved placering af kernekraftværker be- lyst ved en modelundersøgelse .....	2-1
2.3. Placeringsforhold i udlandet sammenlignet med placeringsmulighederne i Danmark.....	2-6
2.4. Kriterieovervejelser.....	2-7
2.5. Hittidige danske placeringsovervejelser.....	2-8
2.6. Egnetheden af de reserverede pladser i Danmark ..	2-9
2.7. Konklusioner.....	2-11
3. GENERELLE BETRAGTNINGER OM BEFOLKNINGENS SIKKERHED I FORBINDELSE MED PLACERING AF KERNEKRAFTVÆRKER.....	3-1
3.1. Ioniserende strålings sundhedsmæssige virkninger.	3-1
3.2. Placeringsovervejelser i forhold til mulighederne for tidlige og sene skader .....	3-3
4. MODELUNDERSØGELSE TIL BELYSNING AF BEFOLKNINGSFORHOLDE- NES BETYDNING VED PLACERING AF KERNEKRAFTVÆRKER.....	4-1
4.1. Beskrivelse af modelundersøgelsen og dens forud- sætninger .....	4-2
4.2. Beregningsresultater.....	4-12
4.3. Beredskabsforanstaltningernes betydning for be- skyttelse af befolkningen mod stråling .....	4-25
4.4. Sammenfatning af modelundersøgelsen.....	4-34

5. PLACERING AF KERNEKRAFTVÆRKER I UDLANDET SAMMENHOLDT MED DE RESERVEREDE PLADSER I DANMARK.....	5-1
5.1. Generelle forhold.....	5-1
5.2. Bestemmelser m.v. vedrørende befolkningsmæssige restriktioner omkring kernekraftværker i udlandet	5-2
5.3. Befolkningsfordelingen omkring reserverede danske kernekraftpladser.....	5-10
5.4. Udenlandske bestemmelser anvendt på danske pladser	5-11
5.5. Befolkningsfordelinger omkring udenlandske kernekraftpladser og sammenligning med befolkningsfordelingerne omkring de reserverede danske pladser.	5-16
6. OVERVEJELSER OM BEFOLKNINGSMÆSSIGE PLACERINGSKRITERIER	6-1
7. DE HIDTIDIGE DANSKE OVERVEJELSER OM PLACERING AF KERNEKRAFTVÆRKER OG RESERVATION AF PLADSER HERTIL.....	7-1
7.1. Redegørelserne fra 1974 og 1978.....	7-1
7.2. Cirkulære om reservation af arealer til atomkraftværker i Danmark.....	7-7
8. BEDØMMELSE AF DE I DANMARK RESERVEREDE PLADSER.....	8-1
8.1. Pladsernes relative egnethed.....	8-1
8.2. Sammenfattende bedømmelse af de reserverede danske pladser.....	8-8



## 1. INDLEDNING

### 1.1. Arbejdsgruppens opgave

Med henblik på at undersøge den betydning kernekraftværkers placering har for befolkningens sikkerhed nedsatte miljøstyrelsen i maj 1981 en arbejdsgruppe med følgende opgave:

- at vurdere omfanget af sundhedsmæssige skader blandt befolkningen som følge af repræsentative udslip af radioaktive stoffer i forbindelse med mulige reaktorhavarier i et 1000 MWe-kraftreaktoranlæg. Vurderingerne skal omfatte forskellige befolkningstætheder og afstande til større bysamfund. Vurderingerne skal endvidere foretages under hensyntagen til mulige beredskabs- og andre dosisreducerende foranstaltninger.
- at overveje, hvorvidt resultaterne af de nævnte vurderinger giver grundlag for fastsættelse af kriterier for tilladelige befolkningstætheder og mindste afstande til større bysamfund omkring kernekraftværker. Overvejelserne bør indeholde oplysninger om tilsvarende overvejelser eller praksis i lande med lignende befolkningsforhold og placeringsmuligheder som i Danmark.
- at belyse egnetheden af de i Danmark reserverede pladser på baggrund af ovennævnte vurderinger og overvejelser.

Det fremgår af disse retningslinier, at arbejdsgruppen alene skulle beskæftige sig med den strålingsmæssige belastning af befolkningen som følge af repræsentative udslip af radioaktive stoffer. Andre forhold af sikkerhedsmæssig betydning for placeringen af kernekraftværker, f.eks. naturbetingede og menneskeskabte påvirkninger på værket og værkets virkninger på omgivelserne under normale driftsforhold, behandles i miljøstyrelsens redegørelse om "Sikkerheden ved anvendelse af kernekraftværker", februar 1984.

Med hensyn til mulighederne for placering af kernekraftværker i Danmark har arbejdsgruppen alene beskæftiget sig med de allerede reserverede pladser.

## 1.2. Arbejdsgruppens sammensætning

Arbejdsgruppen har været sammensat af repræsentanter for miljøstyrelsen, Tilsynet med Nukleare Anlæg, sundhedsstyrelsen og planstyrelsen. Forsøgsanlæg Risø samt ELSAM og ELKRAFT har deltaget i gruppens arbejde ved observatører.

Arbejdsgruppen har bestået af følgende personer:

Overingeniør Poul K.G. Emmersen, Tilsynet med Nukleare Anlæg (tidligere miljøstyrelsen), formand

Civilingeniør Leif Hannibal, Sundhedsstyrelsen (afløst juni 1982 af cand.scient. Kaare Ulbak)

Cand. scient. Jørn Langtin Hansen, Tilsynet med Nukleare Anlæg

Kontorchef Ernst Kristoffersen, Planstyrelsen (suppleant: ekspeditionssekretær Folmer Pindel)

Civilingeniør Leif Mortensen, Miljøstyrelsen

Konsulent cand.jur. H.P. Ryder, Miljøstyrelsen

Sekretærfunktionen er udført af:

Ingeniør Arne Sørensen, miljøstyrelsen

Fuldmægtig, cand. scient. pol. Klaus Frimodt Sørensen, miljøstyrelsen (afløst november 1982 af sekretær, cand. jur. John Carstensen, miljøstyrelsen).

Endvidere har som observatører i gruppen deltaget:

Afdelingsingeniør O. Hermansen, ELSAM

Civilingeniør Peder Jensen, ELKRAFT

Civilingeniør Uffe Steiner Jensen, ELSAM

Civilingeniør Ole Walmod-Larsen, Forsøgsanlæg Risø (suppleant: civilingeniør Flemming Nielsen)

### 1.3. Undersøgelsens sigte og indhold

Placeringsundersøgelsen er blevet gennemført med det hovedsigte at belyse den betydning befolkningstætheden omkring kernekraftværker og disses afstand til større bymæssige bebyggelser har for befolkningens sikkerhed.

Som det fremgår af opgavebeskrivelsen, skulle undersøgelsen baseres på repræsentative radioaktive udslip i forbindelse med mulige reaktorhavarier. Arbejdsgruppen har i den forbindelse ikke set det som sin opgave at tage stilling til spørgsmålet om det "værst tænkelige" udslip og sandsynligheden herfor, men har anvendt en velkendt reference: Det amerikanske reaktorsikkerhedsstudium, WASH-1400 fra 1975, ved valget af repræsentative udslip. Arbejdsgruppen har været opmærksom på, at nye undersøgelser af havari- og udslipsforløb tyder på, at udslippene som følge af visse reaktorhavarier analyseret i WASH-1400 er overvurderet.

Som et led i placeringsundersøgelsen har arbejdsgruppen ladet udføre en modelundersøgelse omfattende beregning af dosis til enkeltpersoner og dosis til befolkningsgrupper (kollektivdosis) for to modelpladser og to repræsentative udslip. Formålet hermed har været at belyse befolkningsfordelingers og befolkningsstørrelsers betydning for kollektivdosis.

I afsnit 3 er der redegjort for nogle generelle overvejelser om befolkningens sikkerhed i forbindelse med placering af kernekraftværker. Afsnittet indeholder bl.a. en omtale af begreber og forhold, som anvendes ved beskrivelsen af modelundersøgelsen. Modelundersøgelsen er beskrevet i afsnit 4.

I afsnit 4 behandles også de beredskabsmæssige foranstaltninger til beskyttelse af befolkningen mod stråling i tilfælde af et radioaktivt udslip. Beredskabsforanstaltningernes virkninger er belyst bl.a. på basis af modelundersøgelsens resultater.

I afsnit 5 er befolkningsmæssige retningslinier og kriterier for placering af kernekraftværker i forskellige lande gennemgået og anvendt på de reserverede pladser i Danmark. Desuden er

befolkningsforholdene omkring en række udenlandske pladser sammenlignet med forholdene omkring de danske pladser.

I afsnit 6 omtales en række forhold af betydning for overvejelser om befolkningsmæssige kriterier for placering. De danske myndigheders tidligere overvejelser i forbindelse med reservation af pladser omtales i afsnit 7. Det drejer sig om overvejelser af forhold vedrørende kraftværksteknik, sikkerhed, miljøbeskyttelse, fysisk planlægning og naturfredning. Disse overvejelser ligger til grund for miljøministeriets cirkulære af 6. august 1980 om reservation af arealer til atomkraftværker i Danmark.

Befolkningsforholdene omkring de reserverede pladser sammenlignes i afsnit 8 på basis af kollektivdosis, ligesom der nævnes nogle forhold, som ikke er taget i betragtning ved modelundersøgelsen, men som kan have indflydelse på den lokaleberedskabsplanlægning.

I afsnit 9 afsluttes med en sammenfattende bedømmelse af den relative egnethed af de reserverede pladser i Danmark på basis af sammenligningen i afsnit 8 og udenlandsk praksis, afsnit 5.

Dosisberegningerne i forbindelse med modelundersøgelsen, afsnit 4, findes i bilagsrapporten: "Modelberegninger af befolkningens betydning for valg af placering af kernekraftværker". Bilagsrapporten er udarbejdet af Forsøgsanlæg Risø, (Risø-M-2295).

## 2. SAMMENFATNING OG KONKLUSION

### 2.1. Generelle betragtninger om befolkningens sikkerhed i forbindelse med placering af kernekraftværker

Det er et overordnet krav til sikkerheden på kernekraftværker, at befolkningen ikke må udsættes for sundhedsskadelig strålepåvirkning som følge af udslip af radioaktive stoffer. Kernekraftværker skal derfor konstrueres, bygges og drives sådan, at udslip ved normal drift bliver så små som muligt, og sådan at sandsynligheden for reaktorhavarier, der kan føre til udslip er mindst mulig. Det betyder, at befolkningens sikkerhed i første række er bestemt af de sikkerhedsforanstaltninger, der i reaktoranlægget beskytter omgivelserne mod utilsigtede udslip.

Det er ikke muligt i Danmark at placere et kernekraftværk så langt fra beboede områder, at sundhedsmæssige skader vil kunne udelukkes helt i tilfælde af radioaktivt udslip. Skadernes omfang kan mindskes ved hjælp af beredskabsmæssige foranstaltninger til beskyttelse af den omkringboende befolkning, men muligheden for stråleskader i tilfælde af større udslip kan ikke fjernes helt. Derfor kan kravet til sikkerheden mod utilsigtede udslip fra anlægget ikke svækkes, uanset en nok så gunstig placering eller et nok så effektivt beredskab.

### 2.2. Betydningen af omegnsbefolkningens størrelse og fordeling ved placering af kernekraftværker belyst ved en modelundersøgelse

Arbejdsgruppen har foretaget en undersøgelse af, hvordan de sundhedsmæssige påvirkninger af befolkningen i tilfælde af større radioaktive udslip fra et kernekraftværk kan indgå i vurderingen af egnetheden af forskellige placeringsmuligheder. For at belyse denne problemstilling generelt er undersøgelsen gennemført som et modelstudium. Beregningerne er baseret på to modelbefolkninger, der er valgt sådan, at de udgør ydertilfælde i henseende befolkningens fordeling og -antal omkring de 16 plad-

ser, der er reserveret til kernekraftværker i Danmark.

### 2.2.1. Undersøgelsens hovedforudsætninger

#### Valg af modelplads

For at belyse hvordan strålingspåvirkningen af befolkningen afhænger af dennes fordeling og størrelse omkring kernekraftværker, har arbejdsgruppen fastlagt to modelpladser med forskellige befolkningsforhold omkring pladserne. Områdernes geografiske udstrækning er sat til 50 km i retningen bort fra værket og til en 30<sup>o</sup>-sektor i tværretningen.

På den ene modelplads er befolkningstætheden stor tæt på værket, medens den på større afstand svarer til den gennemsnitlige befolkningstæthed for de reserverede danske pladser (113 indbyggere pr. km<sup>2</sup>). Dette svarer i øvrigt næsten til den gennemsnitlige befolkningstæthed for hele landet (119 indbyggere pr. km<sup>2</sup>). Det samlede befolkningstal er 75 000 indbyggere.

På den anden modelplads er billedet omvendt: tæt ved værket er befolkningstætheden lille, medens den på større afstande svarer til en storby. Det samlede befolkningstal er 700 000 indbyggere.

#### Kategorier af udslip i tilfælde af reaktorhavari

For at belyse hvordan strålingen fra et radioaktivt udslip - og dermed strålingsdoserne - afhænger af udslippets sammensætning af de forskellige radioaktive stoffer, er to forskellige udslipstyper anvendt i modelundersøgelsen.

Arbejdsgruppen har valgt at gennemføre modelundersøgelsen på basis af 2 af de i den amerikanske reaktorsikkerhedsrapport, WASH-1400, beskrevne udslipskategorier, der forudsætter kernesmelting. De 2 kategorier betegnes i rapporten som PWR-4 og PWR-6. (Sandsynligheden for disse udslipskategorier er i WASH-1400 angivet til henholdsvis 1 på 2 000 000 og 1 på 170 000 pr. reaktorår).

## Valg af vejr-situation

Da modelberegningerne skal anvendes til sammenligning af forskellige pladser befolkningsforholds betydning for de sundhedsmæssige følger af radioaktive udslip, er beregningerne udført på grundlag af den hyppigst forekommende vejr-situation, der karakteriseres ved neutrale stabilitetsforhold, middelvindhastighed 6 m/sek. og tørvejr. Det er endvidere forudsat, at vejrforholdene på de reserverede danske pladser ikke adskiller sig væsentligt fra hinanden.

### 2.2.2. Undersøgelsens resultater

#### Omfanget af tidlige skader

Beregningerne viser, at tidlige skader ikke kan forekomme i en PWR-6 udslipssituation.

PWR-4 udslippet kan medføre tidlige skader - men næppe dødsfald - ud til en afstand af ca. 4 km hos personer, der opholder sig i fri luft under hele skypassagen. Ved indendørs ophold kan tidlige skader ifølge beregningerne ikke forventes uden for en afstand af 2 km fra værket. Hvis evakuering af befolkningen kan gennemføres inden den radioaktive sky passerer de pågældende områder, kan tidlige skader imidlertid undgås helt.

#### Omfanget af sene skader

Omfanget af sene skader kan vurderes på grundlag af kollektivdosis i den berørte befolkning. Modelundersøgelsen omfatter derfor beregning af kollektivdosis på modelpladser med forskellig befolkningsfordelinger.

Forholdet mellem det samlede befolkningstal på de to modelpladser er ca. 1:9, medens det tilsvarende forhold mellem kollektivdoserne for begge udslipstyper er fundet til ca. 1:2.

Selv om disse forhold specifikt gælder for befolkningsfordelingerne for de to valgte modelpladser, gælder det generelt, at

fjerntboende befolkningsgrupper bidrager forholdsvis mindre til kollektivdosis end nærtboende befolkningsgrupper. Sammenligner man to pladser med lige store kollektivdoser, må den plads favoriseres, hvor kollektivdosis hovedsagelig stammer fra en fjerntboende, større befolkningsgruppe, hvor de enkelte personer kun modtager en relativt lille dosis, fremfor den plads, hvor kollektivdosis hovedsagelig modtages af en nærtboende, mindre befolkningsgruppe, hvor de enkelte personer modtager en relativt stor dosis og derfor udsættes for en tilsvarende større personlig risiko.

Herudover viser modelberegningerne, at forholdet mellem kollektivdosis til befolkningerne på de to modelpladser kun afhænger lidt af udslippets sammensætning og af den tid befolkningen opholder sig i de pågældende områder.

Resultaterne af modelundersøgelsen viser endelig, at der på basis af et repræsentativt udslip kan foretages en indbyrdes sammenligning af forskellige pladser, når kollektivdosis benyttes som et sammenligningsgrundlag, d.v.s. når sammenligningen gælder den kollektive risiko for sene skader.

Beredskabsforanstaltningers betydning for beskyttelse af befolkningen mod stråling

-----

Den beredskabsforanstaltning, der er lettest at gennemføre, er påbud om indendørs ophold. Modelberegningerne viser, at dosis reduceres ca. 3 gange i forhold til udendørs ophold under skypassagen. Effekten vil for danske boligforhold være nogenlunde ens for alle pladser.

Gennemførligheden og effektiviteten af evakuering vil derimod afhænge af en række specifikke, lokale forhold af geografisk og trafikal art, samt af, om der i det berørte område findes institutioner og lignende, der er vanskelige at evakuere.

Arbejdsgruppen har derfor ikke baseret beredskabsovervejelserne på de to tænkte modelpladser. I stedet har miljøstyrelsen gennem justitsministeriet/rigspolitiembedet anmodet tre politikredse om at bistå ved overvejelse af gennemførligheden af og tids-



forløb for evakuering af befolkningen i et område omkring en konkret, reserveret plads for et eventuelt kernekraftværk i hver af de tre politikredse.

Planlægningszonen for særlige beskyttelsesforanstaltninger i forbindelse med passagen af en radioaktiv sky er afgrænset af en cirkel med radius ca. 15 km. Denne radius anvendes i Sverige og USA (10 miles = 16 km).

I en uheldssituation vil det aktuelle aktionsområde være begrænset til et primært område omkring værket med en radius på nogle få km og en sektor i medvindretningen.

I følge politiets foreløbige skøn vil de undersøgte områder kunne evakueres inden for 2-4 timer. Ved detaljeret planlægning, gennem grundig forhåndsorientering til befolkningen i området og ved eventuel anskaffelse på forhånd af transportkapacitet i et vist omfang kan de skønnede evakueringstider muligvis nedbringes noget.

Ved det største af de to valgte udslip kan tidlige skader forekomme i et smalt område ud til ca. 4 km's afstand fra værket ved udendørs ophold under hele skypassagen. Arbejdsgruppen har ikke beregnet antallet af tidlige strålingsskader på de to modelpladser, da tidlige skader ikke anvendes i placeringsundersøgelsen som grundlag for sammenligning af egnetheden af forskellige pladser.

Nedsættelsen af kollektivdosis ved evakuering før skypassagen afhænger i høj grad af befolkningsfordelingerne på de to modelpladser. På modelplads 1, hvor befolkningstætheden er stor nær ved værket, nedsættes kollektivdosis med 84%, hvis evakuering gennemføres før skypassagen i en afstand ud til 15 km. Den tilsvarende nedsættelse af kollektivdosis på modelplads 2 bliver derimod kun 9,5%, fordi der er få personer tæt på værket og mange på stor afstand. Evakuering før skypassagen har således forholdsvis størst effekt på modelplads 1. Det viser, at evakuering kan afhjælpe virkningen af en ugunstig befolkningsfordeling.

### 2.3. Placeringsforhold i udlandet sammenlignet med placeringsmulighederne i Danmark

Kernekraft er indført i 29 lande i Europa, Amerika, Asien og Afrika. I lande som USA, Storbritannien, Holland og Italien er der udarbejdet befolkningsmæssige retningslinier eller bestemmelser, der lægger restriktioner på befolkningstætheder og afstande til bysamfund i nærheden af kernekraftværkerne. I Vesttyskland er der ikke egentlige placeringsbestemmelser, men pladserne inddeles i kategorierne: I, II og III. Kategori I betegner en ideel plads under vesttyske forhold. Ingen konkret plads tilhører den kategori. De fleste tilhører kategori II, som svarer til de bedste pladsegenskaber, der i reglen kan opnås under vesttyske forhold.

Arbejdsgruppen har undersøgt, hvorledes de reserverede danske pladser, må bedømmes efter de ovennævnte landes placeringskriterier og i forhold til de vesttyske kategorier. Undersøgelsen er baseret på en opgørelse af befolkningsfordelingen omkring de 15 reserverede danske pladser. Befolkningsfordelingen er angivet for hele området ( $360^{\circ}$ ) omkring en plads og i hver  $30^{\circ}$  sektor (12 i alt).

Resultaterne er følgende:

#### USA ---

Alle pladser undtagen pladsen ved Sømmø tilfredsstillende de amerikanske retningslinier, se afsnit 5.2.1.

#### Storbritannien, Holland og Italien -----

Alle pladser tilfredsstillende kriterierne i hver af disse lande, se afsnit 5.2.2, 5.2.3 og 5.2.4.

#### Vesttyskland -----

Pladsen ved Harboøre tilhører kategori I bortset fra i afstandsintervallet 2-5 km inden for en  $30^{\circ}$  sektor, hvor den vil blive placeret i kategori II. Alle andre danske pladser vil i

samtlige afstandsintervaller tilhøre kategori I.

Arbejdsgruppen har ligeledes foretaget en sammenligning af befolkningsfordelingen omkring udenlandske kernekraftværker og befolkningsfordelingen ved de reserverede danske pladser. Sammenligningen viser, at områderne omkring de reserverede danske pladser gennemgående er tyndere befolket end områderne omkring kernekraftpladserne i Frankrig, Holland/Belgien, Italien, Japan, Storbritannien og Vesttyskland. I USA er der stor forskel på befolkningsfordelingerne omkring de enkelte pladser, og de tyndest befolkede pladser har lavere befolkningstal end nogen dansk placering.

De to finske og to ud af de fire svenske samt flertallet af de spanske pladser ligger i områder, som er tyndere befolket end flertallet af de danske pladser.

#### 2.4. Kriterieovervejelser

Arbejdsgruppen har overvejet muligheder og behov for udarbejdelse af forslag til kriterier for tilladelige befolkningstætheder og mindste afstand til større bysamfund omkring eventuelle kernekraftværker i Danmark. Det er arbejdsgruppens opfattelse, at udarbejdelsen af kriterier for tilladelige befolkningstætheder og mindste afstand til større bysamfund forudsætter stillingtagen til spørgsmålet om, hvilken risiko, der er acceptabel for den omkringboende befolkning.

I USA har de amerikanske sikkerhedsmyndigheder (NRC) fremsat forslag til en målsætning for sikkerhedsniveauet ved anvendelse af kernekraftværker. Denne målsætning er formuleret som "Safety Goals" (sikkerhedsmål), der udtrykker den "kernekræftrisiko", som NRC anser bør være acceptabel for befolkningen i forhold til de risici, levevilkårene i øvrigt frembyder for den enkelte medborger og for samfundet som helhed, og i forhold til kernekraftens samfundsmæssige nytte.

Arbejdsgruppen har ikke set det som sin opgave at fremsætte forslag til sådanne sikkerhedsmål for danske forhold.

Hertil kommer, at befolkningsmæssige placeringskriterier først og fremmest har interesse i lande, hvis elforsyningsplaner omfatter et større antal kernekraftværker. Placeringskriterier vil her give et ensartet bedømmelsesgrundlag ved udvælgelse og godkendelse af pladser. For Danmark, hvor der kun kan blive tale om ganske få pladser, synes det mindre relevant at opstille placeringskriterier. Hver enkelt plads kan lige så godt vurderes for sig, eventuelt direkte på basis af et alment accepteret sikkerhedsniveau.

I overensstemmelse med ovenstående overvejelser har arbejdsgruppen ikke fundet rimeligt grundlag for at fremsætte forslag om kriterier for tilladelige befolkningstætheder og mindste afstande til større byer.

Modelundersøgelsen har efter arbejdsgruppens vurdering imidlertid peget på, at en sammenligning af forskellige pladsers egnethed kan foretages på grundlag af kollektivdosis, beregnet for et referenceudslip, når der tages visse forbehold.

### 2.5. Hittidige danske placeringsovervejelser

Der er tidligere (i 1974 og 1978) udarbejdet to redegørelser vedrørende lokaliseringen af kernekraftværker henholdsvis vest og øst for Store Bælt.

Redegørelserne blev udarbejdet af en af miljøministeriet nedsat arbejdsgruppe, hvis opgave var "at fremkomme med et eller flere forslag til placeringen af de nødvendige kernekraftanlæg, blandt andet ud fra foreliggende forslag og synspunkter og under hensyn til andre foreliggende arealinteresser, og at fremkomme med forslag til, hvorledes de nødvendige arealer sikres, herunder hvilke retningslinier eller direktiver dette indebærer over for lokale myndigheder, samt hvilken anden lovgivning, der eventuelt er nødvendig".

Det var ikke nævnte arbejdsgruppes opgave, at foretage en egentlig sikkerhedsmæssig bedømmelse af placeringen af et konkret kernekraftværk. Arbejdsgruppen omtaler i sine redegørelser, at

udgangspunktet for gruppens relative vurdering af forskellige pladser ud fra sundhedsmæssige betragtninger over befolkningens stråleudsættelse er et såkaldt placeringsindeks, beregnet på grundlag af befolkningsfordelingerne for de pågældende pladser.

Det fremgår af de tidligere redegørelser, at "pladser med lave indekstal for nærzonen og med lave befolkningsdoser (kollektivdoser) i tættest befolkede 30<sup>0</sup>-sektor må anses for at være de relativt gunstigste". De 16 reserverede pladser (15 reserverede arealer, idet pladsen Søgrund ligger ud for kysten ved Gylling Næs), som diskuteres i det følgende afsnit 2.6, er således valgt ud af de tidligere undersøgte pladser (i alt 64) med særlig hensyntagen til befolkningsforholdene i de nærmere liggende områder omkring pladserne.

## 2.6. Egnetheden af de reserverede pladser i Danmark

Befolkningstætheden i Danmark er mindre end i flertallet af de vesteuropæiske lande, Belgien, Finland, Frankrig, Holland, Italien, Schweiz, Spanien, Sverige, Storbritannien og Forbundsrepublikken Tyskland, der har kernekraftværker. I Finland, Spanien og Sverige er befolkningstætheden mindre end i Danmark, og i Spanien og Finland er der eksempler på, at kernekraftværker er placeret i områder med lavere befolkningstal end omkring de reserverede danske pladser. Tendensen har dog været at placere værkerne der, hvor elforbruget er stort, d.v.s. i mere tætbefolkede områder.

De danske pladser opfylder udenlandske bestemmelser eller retningslinier for tilladelige befolkningstætheder og mindste afstande til befolkningscentre undtagen pladsen Søommer ved Isefjorden. Denne plads opfylder ikke de amerikanske retningslinier i afstandsintervallet 40 til 50 km fra pladsen.

En sammenligning af de strålingsdoser, befolkningen ud til 60 km fra et kernekraftværk kan få efter et radioaktivt udslip, viser, at befolkningsdosis (kollektivdosis) til befolkningen omkring de danske pladser er forskellig fra plads til plads. Den største kollektivdosis kan være ca. 5 gange større end den mindste.

Dette gælder ved sammenligning af de 16 pladsers sektorer, hvor kollektivdosis er størst.

Da alle vindretninger ikke er lige hyppige, er sandsynligheden for, at udslippet sker i retning af den 30<sup>o</sup>-sektor, hvor kollektivdosis er størst, forskellig fra plads til plads. Ved at korrigere herfor kommer sammenligningen af de enkelte pladser til at omfatte ikke alene største kollektivdosis, men også sandsynligheden for at udslippet vil ske i den retning, hvor største kollektivdosis kan forekomme.

En sådan korrigeret sammenligning viser, at pladserne Rødby og Taars på Lolland er de relativt bedste i henseende til kollektivdosis og hyppigste vindretning og pladserne Sømmer (25-40 km vest for Københavnsområdet) og Klinteby (10-15 km vest for Næstved) tilsvarende de relativt dårligste.

Det er dog arbejdsgruppens opfattelse, at de reserverede pladser ikke adskiller sig så meget i henseende til befolkningsforhold og fremherskende vindretning, at man alene på den baggrund bør foretrække en plads frem for en anden, bl.a. fordi befolkningens beskyttelse mod stråling i første række skal være tilgodeset ved sikkerheden mod radioaktive udslip fra værkerne.

Hertil kommer, at beredskabsmæssige forhold for visse pladsers vedkommende kan påvirke disses indbyrdes egnethed. Arbejdsgruppen har ikke foretaget en detaljeret gennemgang af disse forhold på samtlige pladser, men har baseret sine overvejelser på politimyndighedernes udtalelser om evakueringsmulighederne på nogle få udvalgte pladser. Der kan være specielle forhold ved enkelte pladser, der udgør særlige beredskabsmæssige problemer, men det må her tages i betragtning, at det i mange tilfælde vil være muligt at kompencere for en i beredskabsmæssig henseende mindre gunstig placering ved hjælp af et udbygget beredskab.

## 2.7. Konklusioner

Igangværende undersøgelser i USA, Vesttyskland og andre lande har vist, at radioaktive udslip som følge af alvorlige reaktorhavarier muligvis vil være mindre, og i højere grad bero på den konkrete anlægsudformning, end hidtil antaget. Der er imidlertid i dag endnu ikke almindelig enighed om, hvor store reduktionerne kan blive. De sundhedsmæssige skader i befolkningen i tilfælde af et alvorligt reaktorhavari på et dansk kernekraftværk med en konkret anlægsudformning er ikke blevet undersøgt.

Ved overvejelserne om befolkningsmæssige placeringskriterier er det fundet, at der ikke er rimeligt grundlag og i øvrigt ikke behov for at fremsætte forslag om kriterier for tilladelige befolkningstætheder omkring kernekraftværker og sådanne værkers mindste afstande til større byer. Bl.a. fordi sådanne kriterier forudsætter stillingtagen til spørgsmålet om, hvilken risiko, der er acceptabel for den omkringboende befolkning.

En bedømmelse af de reserverede danske pladser ved anvendelse af udenlandske kriterier og retningslinier og en sammenligning af befolkningstætheder omkring danske og udenlandske pladser viser, at de danske pladser i forhold til placeringspraksis i udlandet i almindelighed må betragtes som gode.

En indbyrdes sammenligning af de danske pladser i henseende til befolkningsforhold viser efter arbejdsgruppens opfattelse, at forskellene i befolkningsforhold ikke er så store, at de isoleret fra andre placeringsmæssige hensyn kan begrunde en eventuel prioritering af pladserne.

Arbejdsgruppen har i overensstemmelse med ovenstående bedømmelse af egnetheden af de 16 reserverede pladser i henseende til de omkringværende befolkningsforhold fundet, at der ikke ud fra hensynet til befolkningens sikkerhed er grundlag for at foreslå nogen ændring i den status for pladserne, der er fastlagt i cirkulære af 6. august 1980 om reservation af arealer til atomkraftværker i Danmark.





### 3. GENERELLE BETRAGNINGER OM BEFOLKNINGENS SIKKERHED I FORBINDELSE MED PLACERING AF KERNEKRAFTVÆRKER

Det overordnede krav til sikkerheden på kernekraftværker er, at befolkningen skal udsættes for mindst mulig ioniserende stråling som følge af udslip af radioaktive stoffer. Kernekraftværker skal derfor konstrueres, bygges og drives sådan, at udslippet ved normal drift bliver så lille som mulig. Samtidig skal sandsynligheden for og størrelsen af utilsigtede udslip som følge af havari være mindst mulig.

Det er i almindelighed ikke muligt at placere et kernekraftværk så fjernt fra beboede områder, at sundhedsmæssige skader vil kunne udelukkes i tilfælde af et radioaktivt udslip. Derfor må placeringen betragtes som sekundær i forhold til sikkerheden mod udslip fra værket, når det gælder befolkningens beskyttelse mod stråling.

Beredskabsmæssige foranstaltninger til beskyttelse af den nærmere boende befolkning kan heller ikke fjerne muligheden for stråleskader i tilfælde af et større radioaktivt udslip, men kan alene mindske skadernes omfang. Beredskabet må derfor også betragtes som sikkerhedsmæssigt sekundært i forhold til sikkerhedsforanstaltningerne på anlægget.

#### 3.1. Ioniserende strålings sundhedsmæssige virkninger

Ioniserende stråling (i det følgende stråling) forekommer overalt i naturen; man taler om den naturlige baggrundsstråling. Stråling kan også frembringes kunstigt, f.eks. ved brug af røntgenanlæg eller ved dannelse af kunstige radioaktive stoffer i reaktoranlæg.

Stråling i større doser er skadelig for mennesker, men om strålingsniveauer så små som baggrundsstrålingen er skadelige, ved man ikke. I sikkerhedsmæssige beregninger forudsættes derfor selv små strålingsdoser at være skadelige, og stråling eller

virksomhed, der medfører stråling, bør derfor kun anvendes, når det er berettiget ud fra en helhedsvurdering af fordele og ulemper.

De skadelige virkninger af stråling kan vise sig som sygdom hos den bestrålede person (somatisk skade), eller som arvemæssige ændringer hos den bestråledes efterkommere (genetisk skade).

Somatiske skader kan optræde som "tidlige" skader eller som "sene" skader. Tidlige skader optræder inden for ca. 2 måneder efter en bestråling, men kun hvis strålingsdosis er mindst 500-1000 gange større end den årlige dosis fra den naturlige baggrundsstråling. Der er altså en "tærskeldosis" for tidlige skader. Symptomerne afhænger i øvrigt af den pågældende strålingsdosis. De mildeste former for tidlige skader er forbigående kvalme, diarré og opkastninger. Meget store strålingsdoser kan medføre døden i løbet af dage eller uger.

Sene skader antages som nævnt også at kunne fremkaldes af små strålingsdoser, og det gælder generelt, at sandsynligheden for sene skader stiger med strålingsdosis. Ved en så stor strålingsdosis, som tærskeldosis for tidlige skader, kan der indtræde 50-100 kræftdødsfald blandt 10 000 bestrålede personer. For somatiske senskader er det karakteristisk, at de først viser sig lang tid (op til mange år) efter bestrålingen. Kræft og genetiske skader anses for at være de mest betydende typer af sene skader. Genetiske skader vil være fordelt over flere generationer.

Strålingsfremkaldte sene skader adskiller sig ikke fra normalt forekommende kræftskader og skader i arveanlæggene. Strålingsfremkaldte sene skader kan derfor kun påvises ved en statistisk undersøgelse af, om der sker en forøgelse af antallet af skader i en befolkningsgruppe, der har været udsat for bestråling i sammenligning med en tilsvarende, men ubestrålet gruppe.

### 3.2. Placeringsovervejelser i forhold til mulighederne for tidlige og sene skader

En forudsætning for tidlige strålingsskader som følge af et radioaktivt udslip er, at bestrålingen under selve udslippet medfører doser, der overstiger tærskeldosis for tidlige skader. Beregninger har vist, at det ikke helt kan udelukkes, at alvorlige havarier med smeltning af reaktorkernen og brud på reaktorindeslutningen kan medføre så store doser til de nærmere boende, at tidlige skader kan forekomme.

Vejrsituationen under udslippet spiller her ind, idet en ringe atmosfærisk spredning af de radioaktive stoffer lokalt kan medføre høje strålingsniveauer, medens en kraftig spredning over større områder medfører, at de lokale strålingsniveauer bliver mindre.

Den "værest tænkelige" udslipssituation med hensyn til muligheden for tidlige skader i et bestemt område vil således opstå ved en kombination af det alvorligste udslip og den mest uheldige vejr-situation. En sådan situation må antages at være den mindst sandsynlige.

Ved placeringsmæssige overvejelser må man være opmærksom herpå. En placering kan være bedst i forhold til de mest usandsynlige udslipssituationer, medens en anden kan være bedst i forhold til mere sandsynlige og hermed også mere realistiske situationer. Ved valget mellem forskellige placeringsmuligheder må indgå en afvejning af hensynene til disse situationer.

Det er arbejdsgruppens opfattelse, at de spørgsmål, der knytter sig til "værest tænkelige" udslipssituationer, nærmere hører hjemme i generelle overvejelser om sikkerheden ved anvendelse af kernekraftværker end i overvejelser om deres placering. Hensynet til "værest tænkelige" uheld bør i almindelighed ikke spille nogen afgørende rolle i forbindelse med overvejelser om den betydning, befolkningsforholdene som helhed kan have ved placering af kernekraftværker.

Hertil skal knyttes den bemærkning, at tidlige skader alene vil

kunne forekomme blandt de nærmere boende, ligesom det også er denne befolkningsgruppe, der i forhold til gruppens størrelse kan få flest sene skader. Det er derfor i første række hensynet til denne gruppe, der begrunder etableringen af et beredskab. For at kunne sikre en effektiv gennemførelse af beredskabsforanstaltninger, bør der ikke findes større tætbeboede byområder inden for en afstand på 10-20 km fra pladsen. Ligeledes bør der i dette område ikke være særlige forhold, f.eks. af trafikale art, der kan vanskeliggøre beredskabsforanstaltninger, herunder evakuering.

Antallet af senskader i befolkningen som følge af et radioaktivt udslip kan vurderes på grundlag af kollektivdosis (summen af alle enkeltpersondoser). I princippet kan der forekomme stråling og dermed strålingsdoser i medvindsretningen fra udslippunktet ud til en vilkårlig stor afstand. På grund af at udslippet fortyndes efterhånden som det spredes i atmosfæren, vil dosis til enkeltpersoner dog falde kraftigt med afstanden.

For en vis sammensætning af radioaktive stoffer vil kollektivdosis afhænge af udslippets størrelse, hvis udslipsumstændigheder, vejrforhold og befolkningsforhold i øvrigt er ens. Et dobbelt så stort udslip vil give dobbelt så stor kollektivdosis o.s.v., forholdet mellem de beregnede kollektivdoser for 2 forskellige pladser afhænger derfor ikke af det valgte udslips størrelse, men af befolkningsforholdene.

Ved antagelse af ens vejrforhold og udslipsumstændigheder og ved anvendelse af et repræsentativt udslip som grundlag for beregning af kollektivdosis til befolkningerne omkring forskellige pladser kan man sammenligne disse pladser ved hjælp af de beregnede kollektivdoser: Jo mindre kollektivdosis, jo bedre befolkningsforhold omkring pladsen i henseende til sene skader.

I forbindelse med kollektivdosisberegninger og sammenligning af kollektivdoser for forskellige pladser rejser sig spørgsmålet om den afstand, ud til hvilken beregningerne bør foretages. Som tidligere nævnt falder dosis til enkeltpersoner stærkt med afstanden fra udslippunktet, men samtidig kan antallet af personer stige, og resultatet kan blive en større kollektivdosis ved

en forøgelse af afstanden, i særdeleshed, hvis en storbybefolkning herved skal medregnes.

Kollektivdosis er i første række et udtryk for den samlede risiko for den berørte befolkning. Den personlige risiko kommer mindre klart til udtryk, da fjerntboende befolkningsgrupper kan bidrage meget til den samlede kollektivdosis, selv om enkeltpersoner kun får en lille dosis. Omvendt vil enkeltpersondosis for de nærmestboende kunne være relativt stor, uden at deres kollektivdosis bidrager væsentligt til den samlede kollektivdosis.

Forholdet er illustreret på figur 3-1. På figuren er vist de 2 30<sup>0</sup>-sektorer, der for 2 pladser, A og B udviser største kollektivdosis. De 2 sektorer har samme befolkningstæthed i de områder, der er angivet med vandret skravering. Befolkningerne i disse områder vil altså få den samme kollektivdosis i den samme udslipssituation. For en sammenligning af de 2 sektorer kan de vandret skraverede områder derfor lades ude af betragtning.

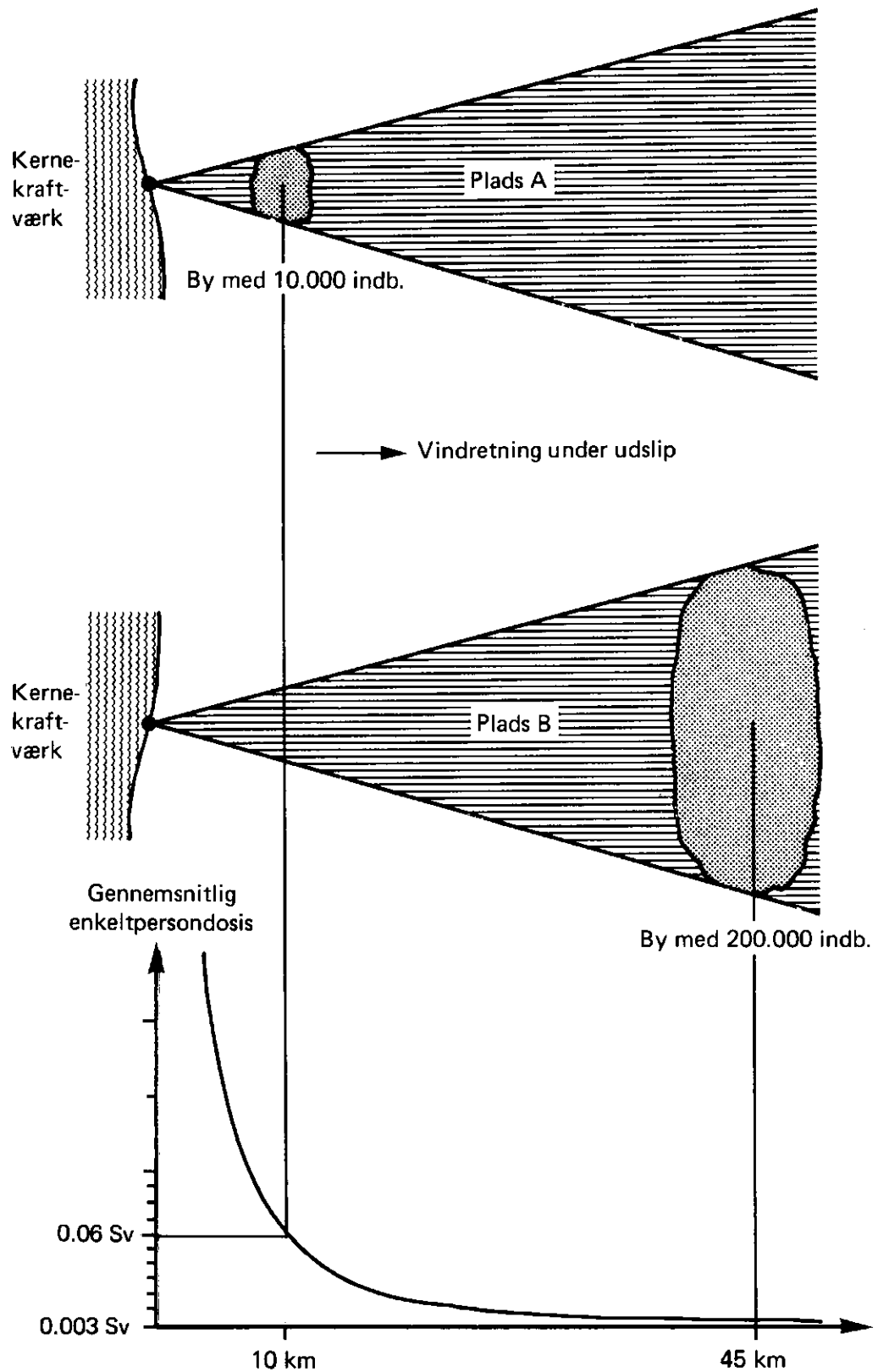
På plads A er der vist en by på 10 000 indbyggere i en afstand af 10 km fra værket. Plads B har en storby på 200 000 indbyggere i en afstand af 45 km.

Kollektivdosis til befolkningen i de to byer beregnes som indbyggertallet gange den gennemsnitlige enkeltpersondosis i de to områder. Gennemsnitsdosis i en bestemt afstand kan aflæses ved hjælp af kurven nederst på figuren. (Dosis-skalaen er vilkårlig valgt).

Regneeksemplerne ser således ud:

	<u>Plads A</u>	<u>Plads B</u>
Afstand til by:	10 km	45 km
Indbyggertal:	10 000 personer	200 000 personer
Gennemsnitlig person-		
dosis:	0.06 sievert	0.003 sievert
Kollektivdosis for		
byens indbyggere:	10 000 x 0.06 =	200 000 x 0.003 =
	<u>600 personsievert</u>	<u>600 personsievert</u>

Kollektivdosis for pladserne A og B er lige store og pladserne må i henseende til de 30°-sektorer, der udviser største kollektivdosis, betegnes som lige egnede.



Figur 3-1. Eksempel på sammenligning af to pladser med samme kollektivdosis, men med forskellig befolkningsfordeling.

Som det fremgår af figur 3-1 er den gennemsnitlige enkeltperson-dosis 20 gange større for indbyggerne i den mindre by på plads A end for indbyggerne i storbyen på plads B. Dermed er den enkeltes risiko for at få en senskade på grund af strålingspåvirkningen også 20 gange større i den mindre by på plads A. Dette er et argument for at foretrække plads B frem for plads A, selv om befolkningen omkring plads B er langt større end omkring plads A.

Som nævnt må en sammenligning af egnetheden af forskellige pladser også omfatte vurderingen af de beredskabsmæssige forhold. I eksemplet her må det antages, at beredskabsforanstaltninger vil være lettere at gennemføre i nærområdet ud til f.eks. 15 km på plads B end i det tilsvarende område på plads A, der er tættere befolket. Dette forhold peger også på, at plads B må foretrækkes frem for plads A.

Hvis valget måtte stå mellem 2 pladser, hvor kollektivdosis er omtrent ens i de 2 30<sup>o</sup>-sektorer, der udviser største kollektivdosis, og hvis befolkningsforholdene ligner dem, der er vist i ovenstående eksempel, så bør man - alt andet lige - efter arbejdsgruppens opfattelse foretrække den plads, hvor den overvejende del af befolkningen bor langt fra værket, selv om man her ved vælger den plads, der ligger i det gennemsnitligt tættest befolkede område, f.eks. på grund af en storby på længere afstand fra værket.

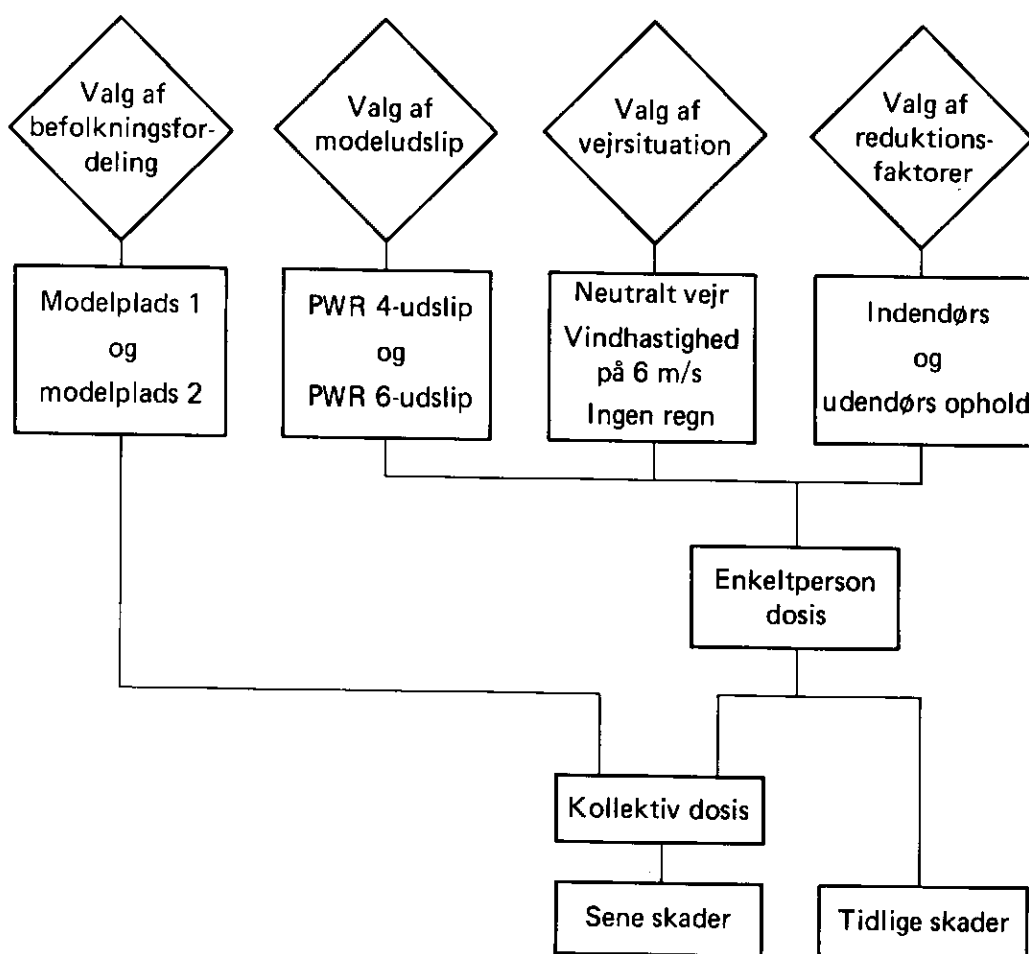
Eksemplet tjener alene til at illustrere de principielle forhold. I praksis kan det være nødvendigt at inddrage alle 12 30<sup>o</sup>-sektorer omkring en plads i sammenligningen og foretage en afvejning af de enkelte sektors betydning under hensyntagen ikke alene til kollektivdosis, men også til vindretningshyppighederne for de enkelte sektorer.





#### 4. MODELUNDERSØGELSE TIL BELYSNING AF BEFOLKNINGSFORHOLDENES BETYDNING VED PLACERING AF KERNEKRAFTVÆRKER

Til nærmere belysning af den betydning befolkningsforholdene kan have ved placering af kernekraftværker, har arbejdsgruppen foretaget en undersøgelse af 2 modelpladser. Befolkningsforholdene omkring pladserne er valgt sådan, at de fremhæver 2 karakteristiske befolkningsfordelinger og -størrelser for de reserverede pladser til eventuelle kernekraftværker i Danmark.



Figur 4-1. Princip for modelberegninger.

Modelundersøgelsen er (figur 4-1) baseret på beregninger af strålingsdosis til enkeltpersoner og summen af enkeltpersondoser (kollektivdosis) for 2 repræsentativt valgte radioaktive udslip fra et 1000 MWe kraftreaktoranlæg. Dosisberegningerne er gennemført for flere bestrålingstider og beregningerne er udførligt

beskrevet i rapporten: "Modelberegninger af befolkningens betydning for valg af placering af kernekraftværker", Risø-M-2295.

Undersøgelsen omfatter for det første (afsnit 4.2) en vurdering af de 2 pladsers befolkningsforhold baseret på de beregnede kollektivdoser for de valgte udslip samt en oversigt over de forventede antal sene sundhedsmæssige skader. Dernæst (afsnit 4.3) er betydningen af beredskabsmæssige foranstaltninger til beskyttelse af befolkningen mod stråling behandlet i henseende til mulighederne for at undgå tidlige sundhedsmæssige skader og begrænse antallet af sene skader.

Konklusionerne af modelundersøgelsen er sammenfattet i afsnit 4.4.

#### 4.1. Beskrivelse af modelundersøgelsen og dens forudsætninger

I det følgende er der gjort rede for forudsætningerne for modelberegningerne. Forudsætningerne er fastlagt gennem valget af de to modelpladser, de to modeludslip og vejr-situationen samt gennem de anvendte beregningstekniske parametre.

##### 4.1.1. Valg af modelpladser

De to modelpladser er defineret bl.a. på grundlag af befolkningsmæssige karakteristika for de områder i Danmark, hvor der er foretaget arealreservationer for kernekraftværker, se figur 4.1-1. Følgende karakteristiske forhold er undersøgt:

- befolkningen i korteste afstand fra værket
- bysamfund i lidt større afstand
- befolkningskoncentrationer på længere afstand.

Modelpladsernes beregningsmæssige udstrækning er hovedsagelig valgt ud fra en betragtning af den geografiske fordeling af de reserverede danske pladser. Den typiske afstand mellem pladserne på Sjælland og Lolland er i størrelsesordenen 50 km, se figur 4.1-1. I Jylland ligger flere pladser så tæt sammen, at de kan

betragtes som en gruppe. Således udgør pladserne ved Ørby Hage, Jørl Hage og Brandsø én gruppe, og pladserne ved As Hoved, Gylling Næs/Søgrund kan betragtes som en anden gruppe. Afstanden mellem disse og deres nabopladser i det midtjyske og fynske område er igen ca. 50 km. De to pladser ved henholdsvis Harboøre og Søråmark er de eneste, der ligger på større afstand både fra hinanden og fra de øvrige pladser. Afstandene er her 100-150 km.

Hvis man vælger en afstandsbegrænsning på f. eks. 100 km, vil der være en væsentlig overlapning af områderne omkring nabopladserne og forskellen mellem dem ville dermed blive udjævnet.

Arbejdsgruppen har endelig taget i betragtning, at den store spredning i atmosfæren gør det vanskeligt at gennemføre pålidelige strålingsberegninger på større afstande med de eksisterende spredningsmodeller, som kun er verificerede ud til 20-30 km.

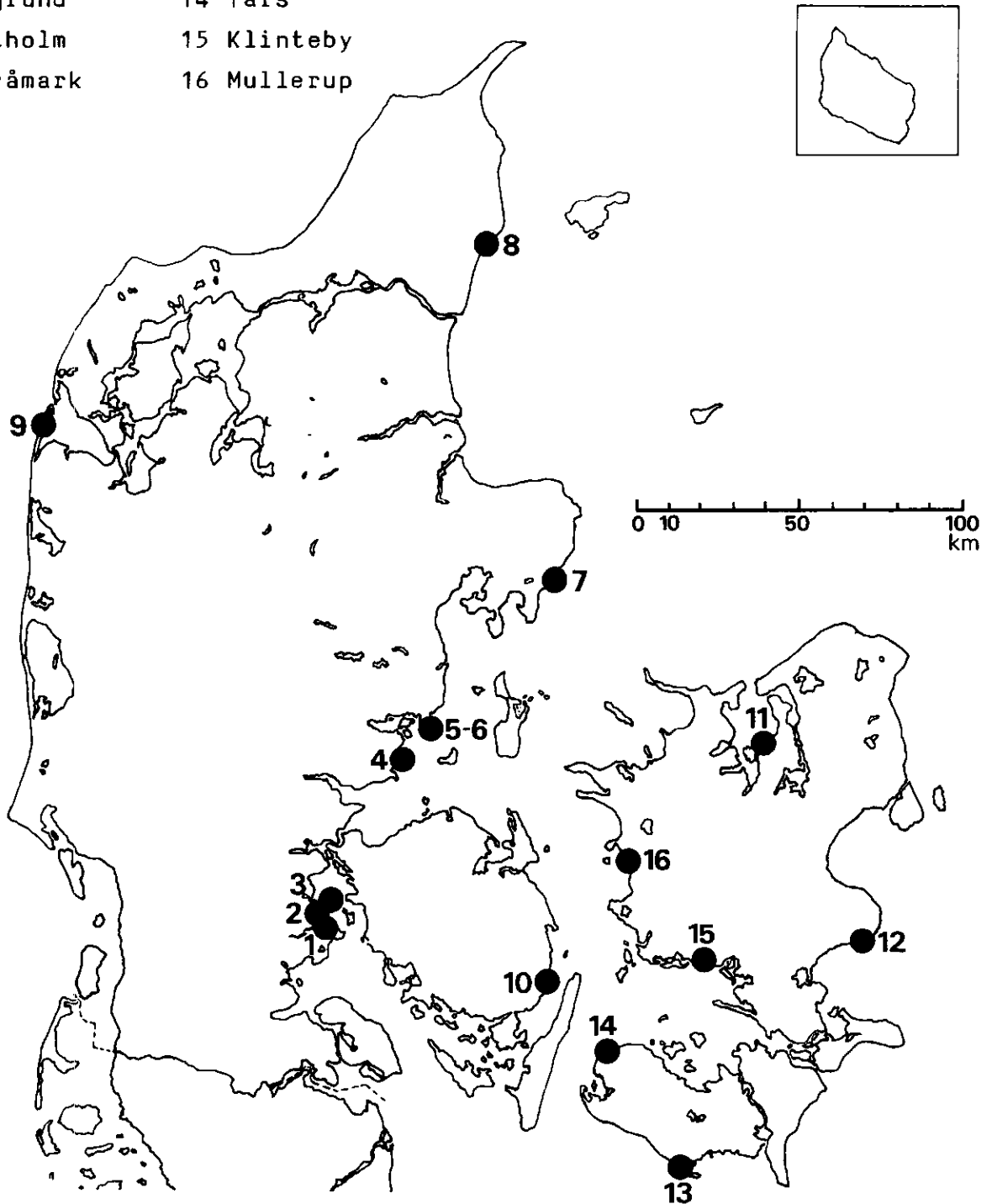
Modellerne giver på større afstande en overvurdering af strålingsdoser. Overvurderingens størrelse kan ikke verificeres, men det skønnes, at modellerne på 50 km's afstand giver doser, der er i størrelsesordenen ti gange for store.

På denne baggrund er dosisberegningerne i forbindelse med modelpladserne begrænset til en afstand af 50 km fra værket.

I en uheldssituation vil vinden bære et udslip i en bestemt retning som en fane hen over en forholdsvis smal sektor af det område, der omgiver værket. Til brug for modelundersøgelsen er det antaget, at vindretningen og vejr-situationen i øvrigt ikke ændrer sig i udslipstiden, og man kan da regne med, at fanen hovedsageligt spredes inden for en vinkel på ca.  $20^{\circ}$  omkring fanens retning. Det berørte område vil således være indeholdt i en  $30^{\circ}$  sektor (svarende til den almindeligt anvendte inddeling af vindrosen i tolv dele).

Ved en "modelplads" forstås i det følgende en  $30^{\circ}$  sektor af et cirkelformet område omkring værket med en radius på 50 km.

- |               |             |
|---------------|-------------|
| 1 Ørby Hage   | 9 Harboøre  |
| 2 Jørl hage   | 10 Bosøre   |
| 3 Brandsø     | 11 Sømmø    |
| 4 As Hoved    | 12 Stevns   |
| 5 Gylling Næs | 13 Rødby    |
| 6 Søgrund     | 14 Tårs     |
| 7 Katholm     | 15 Klinteby |
| 8 Sørumark    | 16 Mullerup |



Figur 4.1-1. Reserverede pladser til kernekraftværker i Danmark.

I tabel 4.1-1 er vist befolkningsfordelingen i en 30<sup>o</sup> sektor ind over land for én af de danske pladser. Sektoren repræsenterer et rimeligt gennemsnit bortset fra, at der mellem 1 og 1,5 km findes et forholdsvis stort antal beboere.

Sektorafsnit (km)	Areal (km <sup>2</sup> )	Befolkning	Befolknings-tæthed pr. km <sup>2</sup>	Akkumuleret befolkning
1.0 - 1.5	0.33	70	212	70
1.5 - 2	0.46	6	13	76
2 - 3	1.3	44	34	120
3 - 4	1.8	79	43	199
4 - 5	2.4	294	125	493
5 - 7.5	8.2	256	31	749
7.5 - 10	11.5	935	82	1684
10 - 12.5	14.7	430	21	2114
12.5 - 15	18	1718	95	3832
15 - 20	46	2366	52	6298
20 - 25	59	5682	97	11880
25 - 30	72	26065	360	37945
30 - 35	85	4913	58	42858
35 - 40	98	13736	140	56594
40 - 50	236	17227	73	73821
1.0 - 50	655	73821	113	73821

Tabel 4.1-1. Befolkningsfordelingen indenfor en typisk 30<sup>o</sup>-sektor udvalgt blandt de reserverede danske pladser. For hver af de 16 sektorafsnit er angivet areal, befolkningstal, befolkningstæthed samt den akkumulerede befolkning fra værket ud til og med det betragtede afsnit.

På basis af en gennemgang af samtlige udpegede pladser er der konstrueret to modelpladser. Den ene med høj befolkningstæthed nær ved værket og et bysamfund i nogen afstand. Den anden med en stor befolkningskoncentration på længere afstand. Det er for begge modelpladser forudsat, at der ikke er indbyggere indenfor en afstand af 1 km. Modelpladserne repræsenterer to forskellige befolkningsforhold, som er særlig relevante for modelundersøgelserformål.

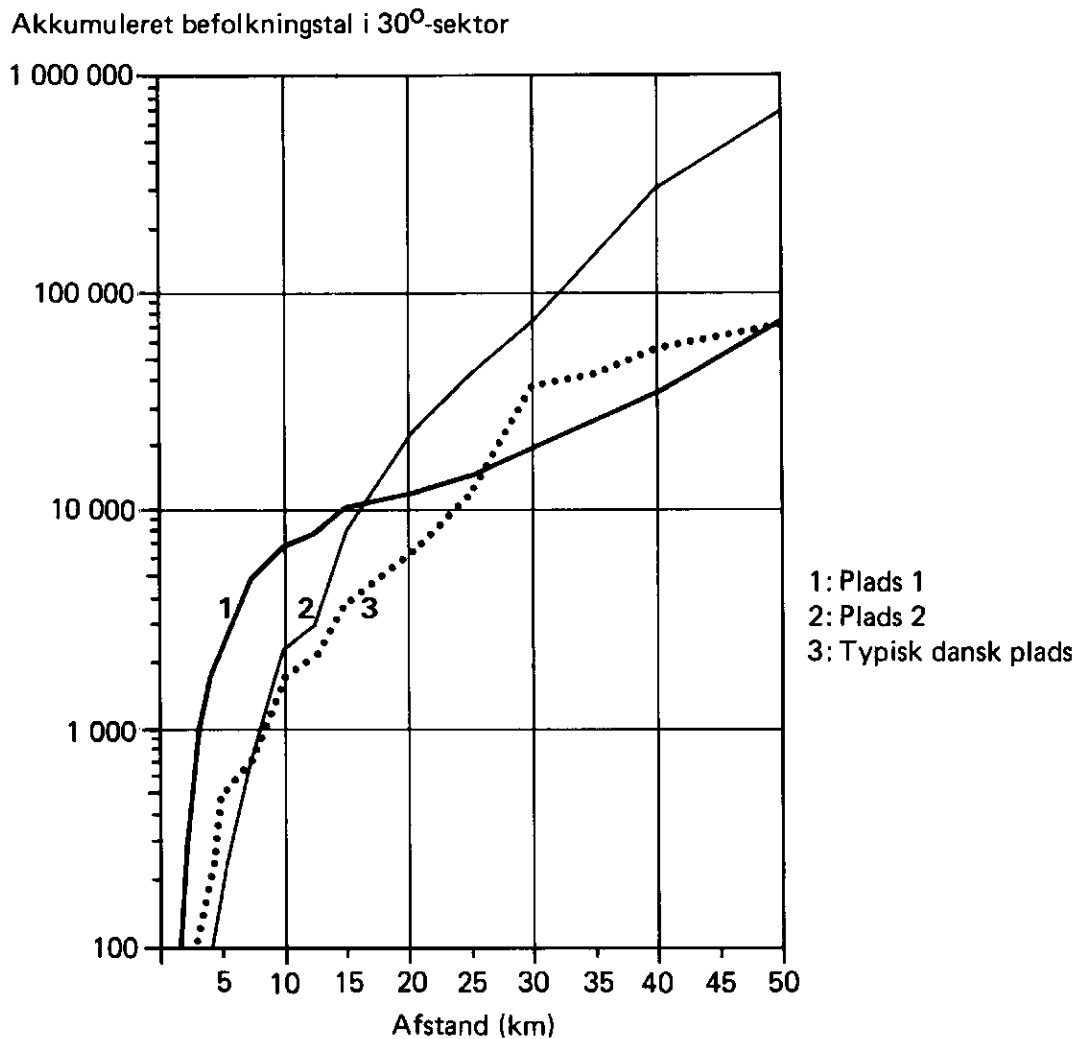
For plads nr. 1 er der valgt en særlig høj befolkningstæthed indenfor de nærmeste 3 km (højere end det højeste fundet i samtlige sektorer), og et bysamfund er placeret inden for 10 km. Den øvrige fordeling fra 10 til 50 km svarer til den typiske fordeling for de reserverede pladser. Til sammenligning kan nævnes, at befolkningstætheden i Danmark er 119 indbyggere/km<sup>2</sup> (1980).

Ved plads nr. 2 illustreres en fjernere liggende storbys indflydelse. Her er regnet med den typiske fordeling ud til ca. 15 km. Fra 30-50 km er der regnet med en meget høj befolkningskoncentration svarende til en storby. I det mellemliggende område fra 15-30 km svarer koncentrationen til forstadsområder. De to befolkningsfordelinger er vist i tabel 4.1-2.

Interval km	Befolkningsantal total og befolkningsantal pr. km <sup>2</sup>				Akkumuleret befolkning	
	Plads 1		Plads 2		Plads 1	Plads 2
1.0 - 1.5	100	306	0	0	100	0
1.5 - 2.0	150	327	10	22	250	10
2.0 - 3.0	650	1103	20	34	900	30
3.0 - 4.0	800	437	70	38	1700	100
4.0 - 5.0	600	255	100	42	2300	200
5.0 - 7.5	2700	330	600	73	5000	800
7.5 - 10.0	1900	166	1500	131	6900	2300
10.0 - 12.5	1000	68	700	48	7900	3000
12.5 - 15.0	2300	128	5000	278	10200	8000
15.0 - 20.0	1800	39	14000	306	12000	22000
20.0 - 25.0	2500	42	21000	357	14500	43000
25.0 - 30.0	5000	70	32000	445	19500	75000
30.0 - 35.0	6500	76	75000	881	26000	150000
35.0 - 40.0	9000	92	150000	1530	35000	300000
40.0 - 50.0	40000	170	400000	1700	75000	700000
1.0 - 50.0	75000	115	700000	1070	75000	700000

Tabel 4.1-2. Befolkningsfordelingen indenfor en 30<sup>o</sup>-sektor ved de to modelpladser opdelt i 15 sektorafsnit, og den akkumulerede befolkning fra værket ud til og med det betragtede afsnit.

På figur 4.1-2 er indtegnet befolkningsfordelingen for plads 1 og plads 2. Til sammenligning er tegnet fordelingen for den typiske sektor, vist i tabel 4.1-1.



Figur 4.1-2. Befolkningsfordelingen som funktion af afstanden i de to 30<sup>o</sup>-sektoren kaldet plads 1 og plads 2. Til sammenligning er tegnet kurven for 30<sup>o</sup>-sektoren fra tabel 4.1-1.

#### 4.1.2. Valg af modeludslip

Arbejdsgruppen har ved valget af radioaktive udslip taget udgangspunkt i den amerikanske reaktorsikkerhedsrapport WASH-1400 fra 1975. Denne rapport indeholder systematiske beregninger af teoretiske uheldsforløb for to amerikanske reaktoranlæg, et ko-

gendevands-reaktoranlæg (BWR) og et trykvands-reaktoranlæg (PWR). Rapporten beskriver 9 PWR-udslipstyper og 5 BWR-udslipstyper.

Det fremgår af WASH-1400, at de udslip, der kan komme på tale ved reaktorhavarier uden kernenedsmeltning, ikke vil medføre påviselige sundhedsmæssige virkninger i den omkringboende befolkning.

Nyere undersøgelser har vist, at nogle af de havariforløb, som i WASH-1400 fører til de største udslipstyper, vil give anledning til mindre udslip end hidtil antaget. Der er imidlertid ikke i dag generel enighed om, hvor store reduktionerne i udslippene er ved de pågældende havariforløb.

Den rådende usikkerhed om størrelse og tidsforløb af de største udslip af radioaktive stoffer er imidlertid mindre væsentlig, når befolkningsforholdenes betydning for udvælgelsen af en plads blandt bestemte placeringmuligheder skal vurderes.

Til brug for denne modelundersøgelse har arbejdsgruppen valgt at benytte 2 af WASH-1400 rapportens udslipstyper, PWR 4 og PWR 6. Begge typer forudsætter kernesmelting og læk på reaktorindslutningen, og der er i begge tilfælde tale om store, udslip. PWR-4 udslippet må karakteriseres som et stort, men dog ikke "værst tænkeligt" udslip. PWR-6 udslippet er et mere sandsynligt og - specielt med hensyn til dets indhold af radioaktiv jod og radioaktive alkalimetaller - forholdsvis lille udslip. Ved at gennemføre beregningerne for begge udslipstyper har bl.a. betydningen af udslippets sammensætning af radioaktive stoffer for størrelsen af kollektivdosis kunnet bedømmes.

De to valgte udslip, PWR 4 og PWR 6, er i WASH-1400 beskrevet således:

#### PWR 4

60% af kernens indhold af ædelgasserne, 9% af joden og 4% af alkalimetallerne slipper ud. Det meste af udslippet vil ske kontinuert over en periode af 2 til 3 timer, begyndende 2 timer efter havariets indtræden. (Kun havarier, der fuldstændig



ødelægger de centrale dele af reaktoren, kan medføre udslip af denne størrelse.)

### PWR 6

30% af kernens indhold af ædelgasserne, ca. 0,2% af joden og 0,08% af alkalimetallerne, slipper ud. De radioaktive materialer slipper ud i jorden, og der sker en vis lækage til atmosfæren igennem jorden. Direkte lækage til atmosfæren vil også ske med lav hastighed forud for gennemsmeltningen af indeslutningen. Det meste af udslippet vil ske kontinuert over en periode på omkring 10 timer, begyndende 1 time efter havariets indtræden. (Der er, som ved PWR 4-udslippet tale om et meget alvorligt uheld, der fuldstændig ødelægger de centrale dele af reaktoren).

De absolutte udslipstørrelser, der er anvendt ved dosisberegningerne, gælder for et reaktoranlæg med en effekt på 1000 MWe.

Frigørelsesprocenter og sandsynligheder for de 2 udslipstyper efter WASH-1400 rapporten er angivet i tabel 4.1-3. Til sammenligning er vist frigørelsesprocenterne fra uheldet på Tremileøen i USA, 1979.

Radioaktivt stof	PWR 4	PWR 6	TMI
Xe-Kr	60	30	0.9
I-Br	9	0.2	0.000015
Cs-Rb	4	0.08	0.0
Te-Sb	3	0.1	0.0
Ba-Sr	0.5	0.009	0.0
Ru	0.3	0.007	0.0
La x)	0.04	0.001	0.0
Sandsynlighed pr. reaktorår	$5 \times 10^{-7}$	$6 \times 10^{-6}$	

x) incl. aktinider

Tabel 4.1-3. Frigørelsesprocenter (procent af reaktorkernens indhold af de angivne stoffer) og sandsynligheder for PWR 4 og PWR 6 ifølge WASH-1400. Til sammenligning er vist udslippet fra TMI.

### 4.1.3. Valg af vejr-situation

De meteorologiske forhold i det tidsrum et udslip sker, er afgørende for strålingsdosis til de personer, der påvirkes af ud-

slippet.

De væsentlige forhold i denne sammenhæng er atmosfærens stabilitet, vindhastigheden og nedbørsforholdene.

Atmosfærens stabilitetsforhold kan groft inddeles i tre klasser: ustabile, neutrale eller stabile. Stabilitetsforholdene afhænger af temperaturens variation med højden over jorden.

Ustabile forhold er ofte karakteriseret ved små vindhastigheder sammen med god solindstråling, der opvarmer jordoverfladen. En fane fra et udslipspunkt opfører sig meget uregelmæssigt. Den stærke omrøring i luften over den varme jord bevirker en kraftig lodret spredning af fanen og en ikke særlig veldefineret udbredelsesretning. Koncentrationen kan være høj i en kildes umiddelbare nærhed, men vil falde meget stærkt med afstanden fra kilden.

Fanen udbreder sig under neutrale forhold ofte langs en lige linie. Fanens tværsnit vokser jævnt med voksende afstand fra kilden.

Stabile forhold optræder hyppigst om natten, når vinden er svag og skydækket ringe nok til at tillade en effektiv afkøling af jordoverfladen. Fanens tværsnit vokser kun langsomt med afstanden fra kilden.

Atmosfærens stabilitet har betydning for spredningsforholdene. På grund af det praktiske behov for at kunne identificere atmosfærens spredningsevne anvendes Pasquill's klassifikationssystem, der bygger på syv kategorier A til G. I tabel 4.1-4 er angivet sandsynlighedsfordelingen af disse kategorier baseret på statistisk behandling af 10 års data fra Risøs meteorologimast. Stabilitetskategorierne F (moderat stabil) og G (ekstrem stabil) er lagt sammen. Kategori A, B og C betegner ustabile forhold.

Kategori D betegner neutrale forhold og kategorierne E, F og G betegner stabile forhold.

Stabilitetskategori	Sandsynlighed	
ustabil	A	1.2%
	B	1.7%
	C	3.3%
neutral	D	60.1%
	E	27.1%
stabil	F + G	6.5%

Tabel 4.1-4. Sandsynlighedsfordeling af stabilitetskategorier målt på Forsøgsanlæg Risøs meteorologimast i en 10 års periode.

På basis af resultaterne af en række måleserier spredt over hele landet kan den angivne sandsynlighedsfordeling stort set regnes at være gældende for hele landet. Det ses, at kategori D er langt den hyppigst forekommende med godt 60%.

Middelvindhastigheden følger stabilitetskategorien således, at vindhastigheden er lavest ved stabilitet A og G, mens de højeste vindhastigheder fås ved stabilitet D. Middelvindhastigheden ved stabilitet D i nærheden af jordoverfladen er 6 m/s.

Sandsynligheden for nedbør indenfor et givet tidsrum er blevet vurderet på basis af en måleserie fra Store Hareskov dækkende 23 år (1951-1973). Sandsynligheden for tørvejr i 1 time er 92,4%, sandsynligheden for tørvejr i 4 timer er 88,8% og sandsynligheden for tørvejr i 8 timer er 86,2%.

Da modelberegningerne skal anvendes til sammenligning af forskellige pladers befolkningsforholds betydning for de sundhedsmæssige konsekvenser af radioaktive udslip, er den hyppigste stabilitetskategori (D) med middelvindhastigheden 6 m/sek. og tørvejr brugt ved modelberegningerne.

Det skal bemærkes, at der kan forekomme vejsituationer, som kan give større strålingsdoser end den valgte vejsituation.

De anvendte meteorologiske forudsætninger er således:

- Stabilitetskategori D (neutral tilstand), middelvindhastighed  $u = 6\text{m/sek}$ , tørvejr.

#### 4.1.4. Andre forudsætninger for dosisberegningerne

De øvrige forudsætninger for dosisberegningerne er detaljeret omtalt i rapporten: Modelberegninger af befolkningens betydning for valg af placering af kernekraftværker, Risø-M-2295.

Det drejer sig om den hastighed, hvormed de radioaktive stoffer deponeres på jordoverfladen, afskærningsfaktorer for indendørs ophold m.m.

#### 4.2. Beregningsresultater

Der er foretaget beregninger både af strålingsdosis til knoglemarven (knoglemarvsdosis) og til hele kroppen (helkropsdosis).

Knoglemarvsdosis bruges til vurdering af, om der hos bestrålede personer kan forventes tidlige skader eller strålesyge. De mildeste former for strålesyge er kvalme, opkastninger og diarre, der kan forekomme ved doser større end 0,5-1 sievert (Sv). Strålingsdoser under 2 Sv vil normalt ikke medføre varige sundhedsskader, medens doser større end 7-8 Sv med stor sandsynlighed vil medføre døden. Tidlige stråleskader viser sig i givet fald inden for ca. 60 dage efter bestrålingen.

Helkropsdosis bruges til vurdering af sandsynligheden for at bestrålingen medfører sene skader (kræft eller arvelige skader), eller forsterskader, der normalt henregnes til de sene skader. Kræfttilfælde som følge af bestråling viser sig først fra ca. 5 år efter bestrålingen og vil være fordelt over en 30-40 årig periode. De arvelige skader viser sig først hos efterkommerne af de bestrålede personer og er fordelt over flere generationer.

Ifølge de af Den internationale Strålingsbeskyttelseskommission (ICRP) anbefalede risikofaktorer bør man regne med, at der i en

befolkningsgruppe vil indtræffe ca. 100 kræftdødsfald, 80 arvelige skader og 6 fosterskader pr. 10 000 sievert beregnet som kollektiv helkropsdosis (kollektivdosis er summen af enkeltpersondosis).

I denne undersøgelse anvendes i overensstemmelse med det internationale målesystem (SI-systemet) dosisenheden sievert i stedet for den tidligere benyttede enhed rem. 1 sievert (Sv) = 100 rem.

#### 4.2.1. Knoglemarvsdosis

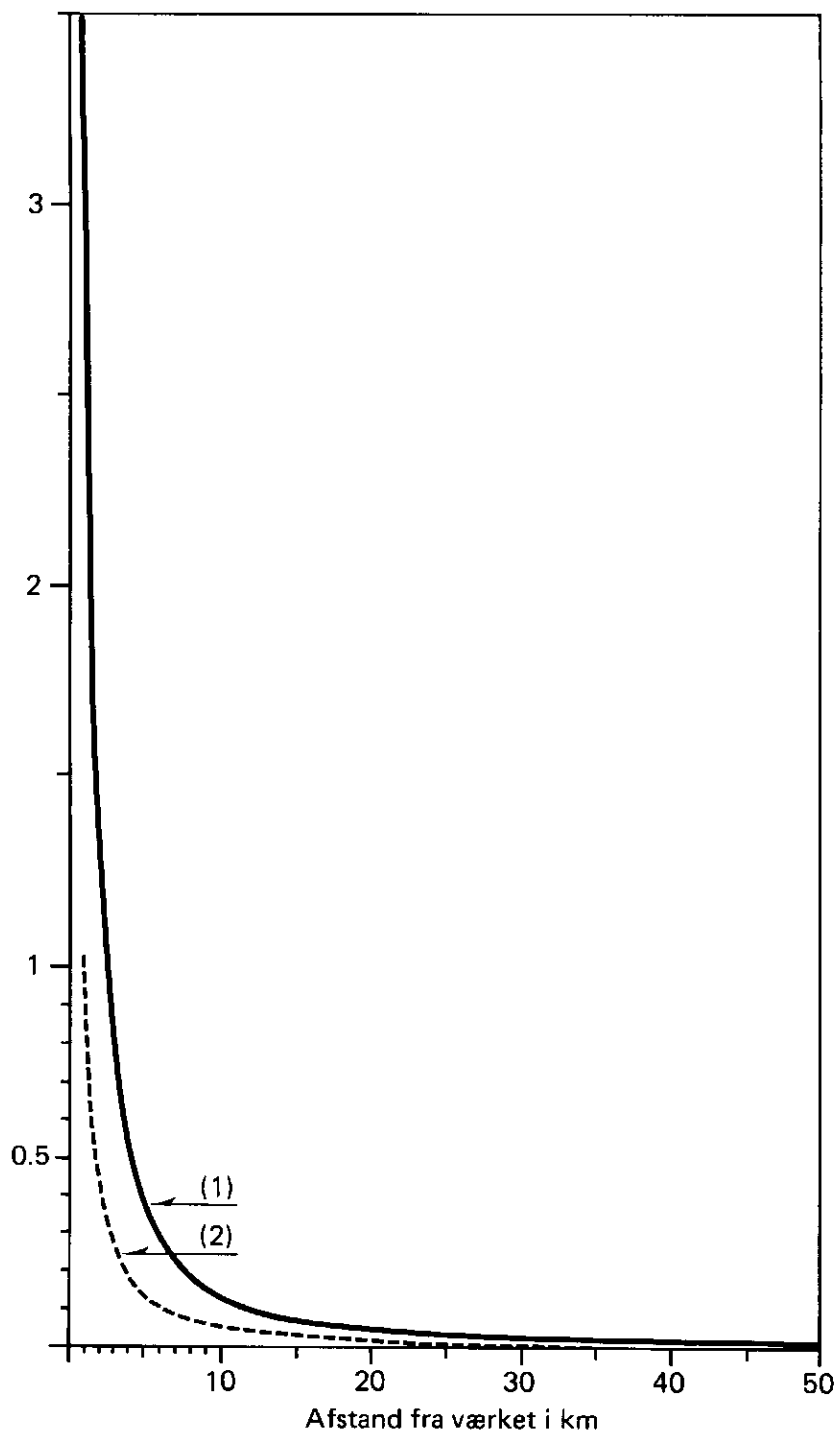
Knoglemarvsdosis bruges som nævnt til at vurdere, om en bestrålet person kan få strålesyge. Ved knoglemarvsdosis under 0,5 Sv kan strålesyge ikke forventes. Knoglemarvsdosis er beregnet både for PWR 4- og PWR 6-udslippet, men da doserne for sidstnævnte udslip ikke vil give strålesyge eller tidlige skader i befolkningen, er beregningsresultaterne her kun vist for PWR 4-udslippet.

Til illustration af mulighederne for tidlige skader efter et PWR 4-udslip er knoglemarvsdosis indendørs og udendørs 8 timer efter udslippets start vist på figur 4.2-1. Det ses, at dosis ved indendørs ophold er ca. en trediedel af dosis ved udendørs ophold. På figur 4.2-2 er tilsvarende vist knoglemarvsdosis efter 24 timers indendørs ophold. Dosis for 24 timers udendørs ophold er ca. 3 gange større.

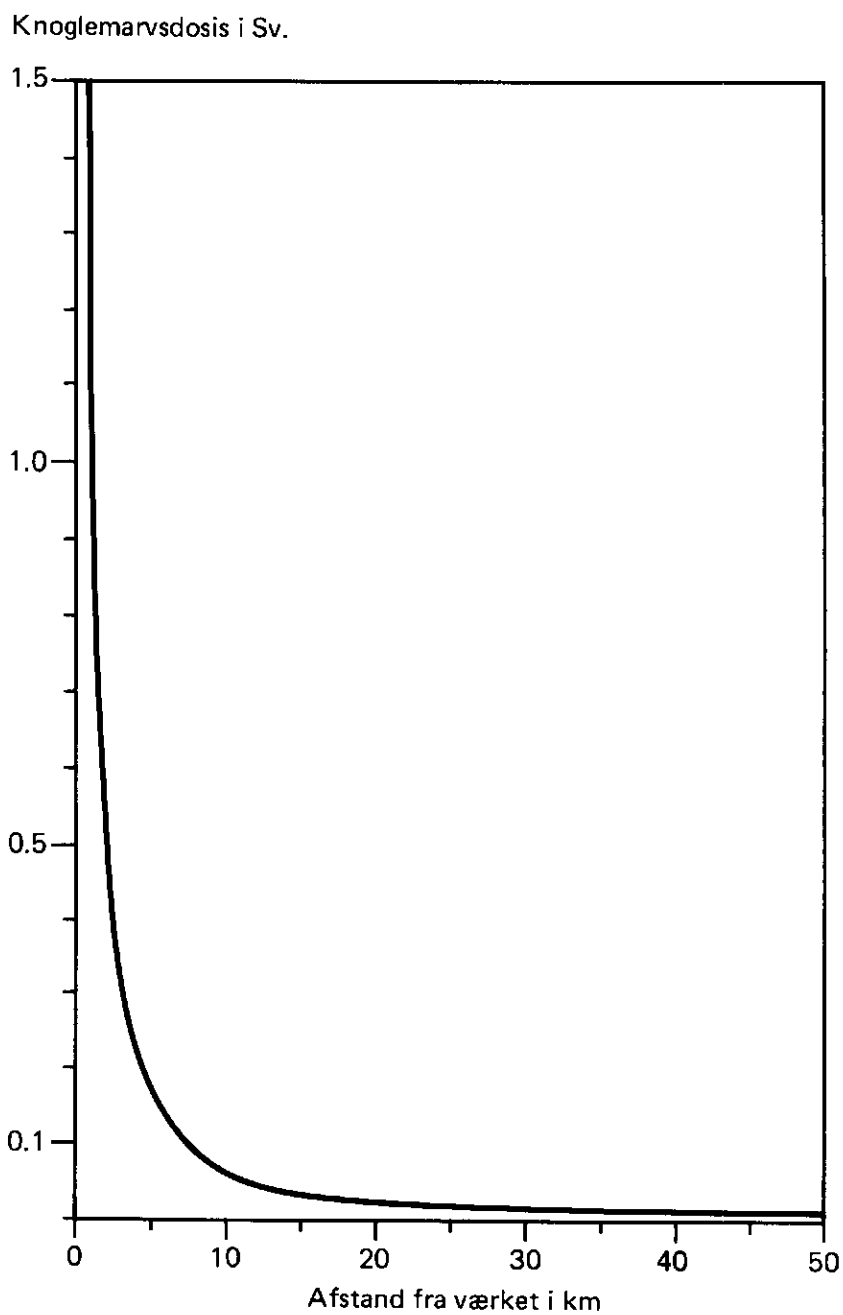
På afstanden 10 km er dosis ca. 0,2 Sv efter 24 timers udendørs ophold. Denne dosis er ca. 10 gange mindre end den mindste dosis, der tænkes at forårsage tidlige dødsfald. Det betyder, at udslippet kunne være valgt 10 gange større - eller vejrforholdene kunne være valgt blandt de mindre sandsynlige - uden at der ville forekomme tidlige dødsfald på længere afstand end 10 km. Dette gælder, selv om det er forudsat, at bestrålingen finder sted udendørs både direkte fra den radioaktive sky, medens denne passerer, og bagefter fra det radioaktive nedfald fra skyen. Forskellen i dosis 8 timer og 24 timer efter udslippets start skyldes dette bidrag.

På figur 4.2-3 er vist, hvordan knoglemarvsdosis for en person, der antages at opholde sig 5 km fra værket i udslippets retning, stiger langsomt med tiden som følge af strålingen fra det radioaktive nedfald. Det er forudsat, at personen opholder sig uendørs i 6%, i transportmiddel i 5% og indendørs i 89% af tiden (normal livsførelse). Efter 10 døgn er dosis stadig lavere end tærskeldosis for tidlige skader.

Knoglemarvsdosis i Sv.



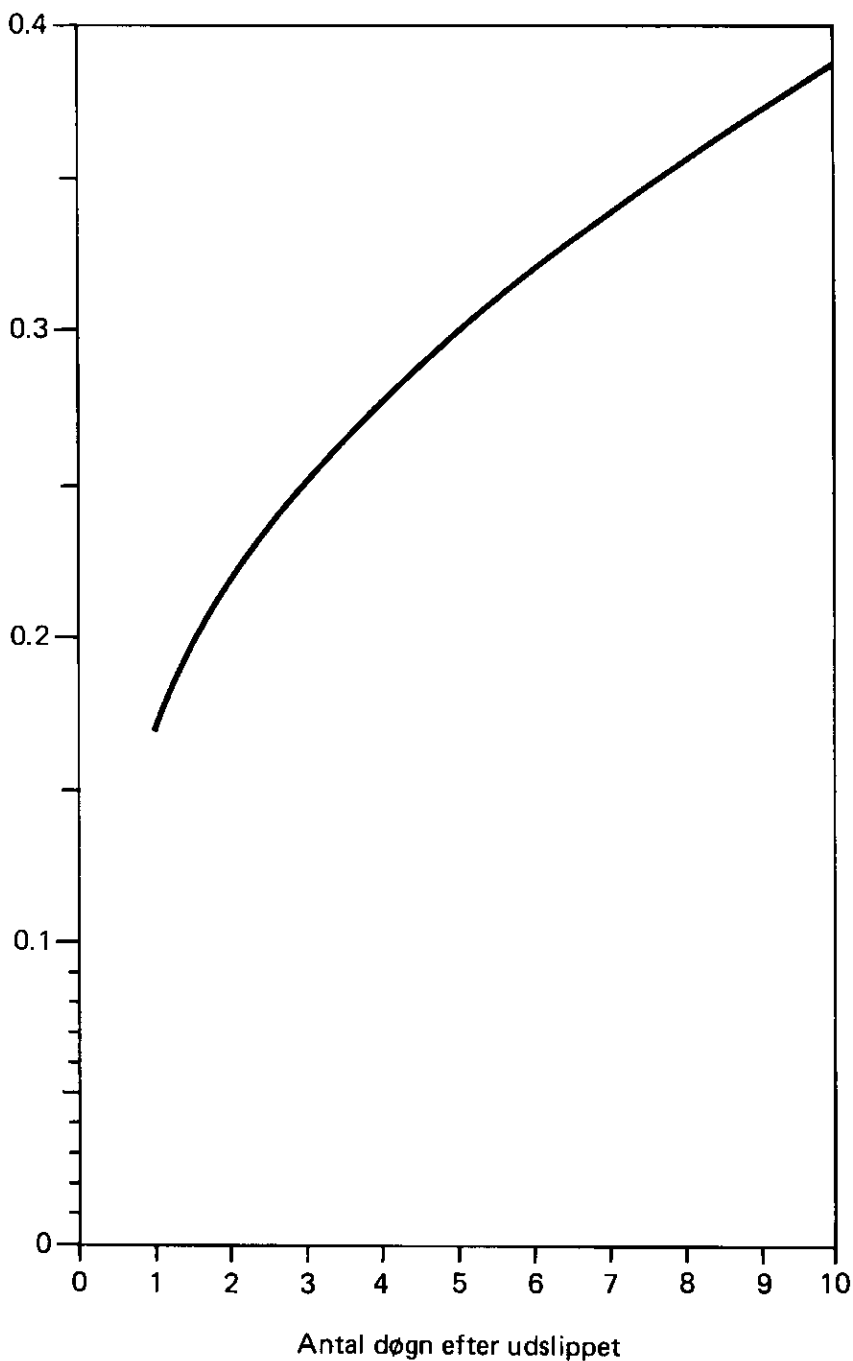
Figur 4.2-1. Knoglemarvsdosis ved 8 timers udendørs ophold (1) og indendørs ophold (2). Udslipstype PWR 4. Dosis er beregnet for ophold i udslippets centerlinie, hvor koncentrationen af radioaktive stoffer er størst.



Figur 4.2-2. Knoglemarvsdosis ved 24 timers indendørs ophold. Udslipstype PWR 4. Dosis er beregnet for ophold i udslippets centerlinie, hvor koncentrationen af radioaktive stoffer er størst.



Knoglemarvsdosis i Sv.



Figur 4.2-3. Knoglemarvsdosis fra 1 til 10 døgn ved normal færden i 5 km afstand fra værket i udslipsretningen. Udslipstype PWR 4. Dosis er beregnet for ophold i udslippets centerlinie, hvor koncentrationen af radioaktive stoffer er størst.

#### 4.2.2. Kollektivdosis

Kollektivdosis er beregnet for befolkningerne på de to modelpladser for begge modeludslip. Beregningerne omfatter følgende bidrag til kollektivdosis:

- Dosis under skypassagen fra direkte bestråling og indendørs ophold.
- Dosis, som følge af indånding af radioaktive stoffer under skypassagen og indendørs ophold.
- Dosis som følge af direkte bestråling fra radioaktivt nedfald. Beregningerne er gennemført for 24 timers indendørs ophold og desuden for 1 års ophold med normal livsførelse på stedet (udendørs ophold i 6% af tiden, transporttid 5% og indendørs ophold 89% af tiden). Sidstnævnte tilfælde er medtaget for at undersøge, om forholdet mellem kollektivdosis for de to modelpladser ændrer sig med tiden. Der er her gjort den forudsætning, at der intet gøres for at reducere strålingen fra det radioaktive nedfald. Effekten af beredskabsforanstaltninger fremgår af det følgende afsnit 4.3.

Tabellerne 4.2-1 og 4.2-2 viser for henholdsvis plads 1 og 2 de beregnede kollektivedoser for PWR 4-udslippet ved 24 timers indendørs ophold. I første kolonne er angivet afstandsintervallerne i 30<sup>o</sup>-sektoren. Anden kolonne viser befolkningstallene i afstandsintervallerne.

Tredie kolonne viser kollektivdosis for hvert interval og fjerde kolonne viser den akkumulerede kollektivdosis til og med det pågældende interval. Endelig viser femte kolonne den gennemsnitlige enkeltpersondosis i intervallerne (kolonne 3 divideret med kolonne 2).

Figur 4.2-4 viser, hvordan kollektivdosis for 24 timers indendørs ophold under PWR 4-udslippet fordeler sig på de to modelpladser. Fordelingen er vist i procent. Det ses, at for plads nr. 1 er over halvdelen af kollektivdosis modtaget inden for 5 km fra udslipsstedet til en befolkningsgruppe på 2.200 perso-

ner. Inden for de næste 5 km modtages yderligere ca. en fjerdedel af kollektivdosis til 4 600 personer. På plads nr. 2 modtages hovedparten af kollektivdosis på mere end 35 km's afstand.

Denne forskel i fordelingen af kollektivdosis på de to modelpladser skyldes den ulige befolkningsfordeling og det forhold, at enkeltpersondosis aftager stærkt med afstanden inden for de første 10-15 km, jf. figur 4.2-1, der viser knoglemarvsdosisens fald med afstanden.

På modelplads 1 er befolkningstallet relativt stort i det område, hvor enkeltpersondosis er høj. Størstedelen af kollektivdosis modtages derfor i dette område.

På modelplads 2 er størstedelen af befolkningstallet i området 35-50 km, men her er enkeltpersondosis til gengæld lav. Resultatet er, at selv om det samlede befolkningstal på modelplads 2 er ca. 9 gange så stort som på modelplads 1 (700 000 mod 75 000), så bliver kollektivdosis på modelplads 2 kun omtrent dobbelt så stor (3689 mod 2108 personSv). Dette viser, at den nærmestboende befolkning har større vægt end den fjernboende, når kollektivdosis bruges som sammenligningsgrundlag for de to modelpladser.

1 år efter et PWR 4-udslip er kollektivdosis for modelplads 1 og 2 vokset til henholdsvis 6678 personSv og 11424 personSv på grund af strålingen fra det radioaktive nedfald. Dette fremgår af tabellerne 4.2-3 og 4.2-4. Det ses, at kollektivdosis på modelplads 2 stadig er ca. dobbelt så stor som på modelplads 1.

Når kollektivdosis bruges som sammenligningsgrundlag for de to pladser, er det altså uden betydning, om kollektivdosis beregnes for kortere eller længere tid.

Interval	Befolkning	Kollektivdosis i intervallet	Akkumuleret kollektivdosis fra 1 km	Gennemsnitlig en- keltpersondosis i intervallet
km	antal	person Sv	person Sv	Sv
1.0 - 1.5	100	184	184	1.84
1.5 - 2.0	150	158	342	1.05
2.0 - 3.0	650	391	733	0.60
3.0 - 4.0	800	283	1016	0.35
4.0 - 5.0	600	141	1157	0.24
5.0 - 7.5	2700	301	1458	0.11
7.5 - 10.0	1900	181	1639	0.095
10.0 - 12.5	1000	31	1670	0.031
12.5 - 15.0	2300	100	1770	0.044
15.0 - 20.0	1800	32	1802	0.018
20.0 - 25.0	2500	17	1819	0.0068
25.0 - 30.0	5000	37	1856	0.0074
30.0 - 35.0	6500	39	1895	0.0060
35.0 - 40.0	9000	39	1934	0.0043
40.0 - 50.0	40000	174	2108	0.0044
1.0 - 50.0	75000	2108	2108	0.0028

Tabel 4.2-1. Kollektivdosis ved et PWR 4-udslip på plads nr. 1. Der regnes med indendørs ophold i 24 timer med start ved udslippets begyndelse.

Interval	Befolkning	Kollektivdosis i intervallet	Akkumuleret kollektivdosis fra 1 km	Gennemsnitlig en- keltpersondosis i intervallet
km	antal	person Sv	person Sv	Sv
1.0 - 1.5	0	-	-	-
1.5 - 2.0	10	10	10	1.00
2.0 - 3.0	20	12	22	0.60
3.0 - 4.0	70	25	47	0.36
4.0 - 5.0	100	24	71	0.24
5.0 - 7.5	600	94	165	0.16
7.5 - 10.0	1500	76	241	0.051
10.0 - 12.5	700	30	271	0.043
12.5 - 15.0	5000	78	349	0.016
15.0 - 20.0	14000	430	779	0.031
20.0 - 25.0	21000	230	1009	0.011
25.0 - 30.0	32000	220	1229	0.0069
30.0 - 35.0	75000	530	1759	0.0071
35.0 - 40.0	150000	870	2629	0.0058
40.0 - 50.0	400000	1060	3689	0.0027
1.0 - 50.0	700000	3689	3689	0.0053

Tabel 4.2-2. Kollektivdosis ved et PWR 4-udslip på plads nr. 2. Der regnes med indendørs ophold i 24 timer med start ved udslippets begyndelse.

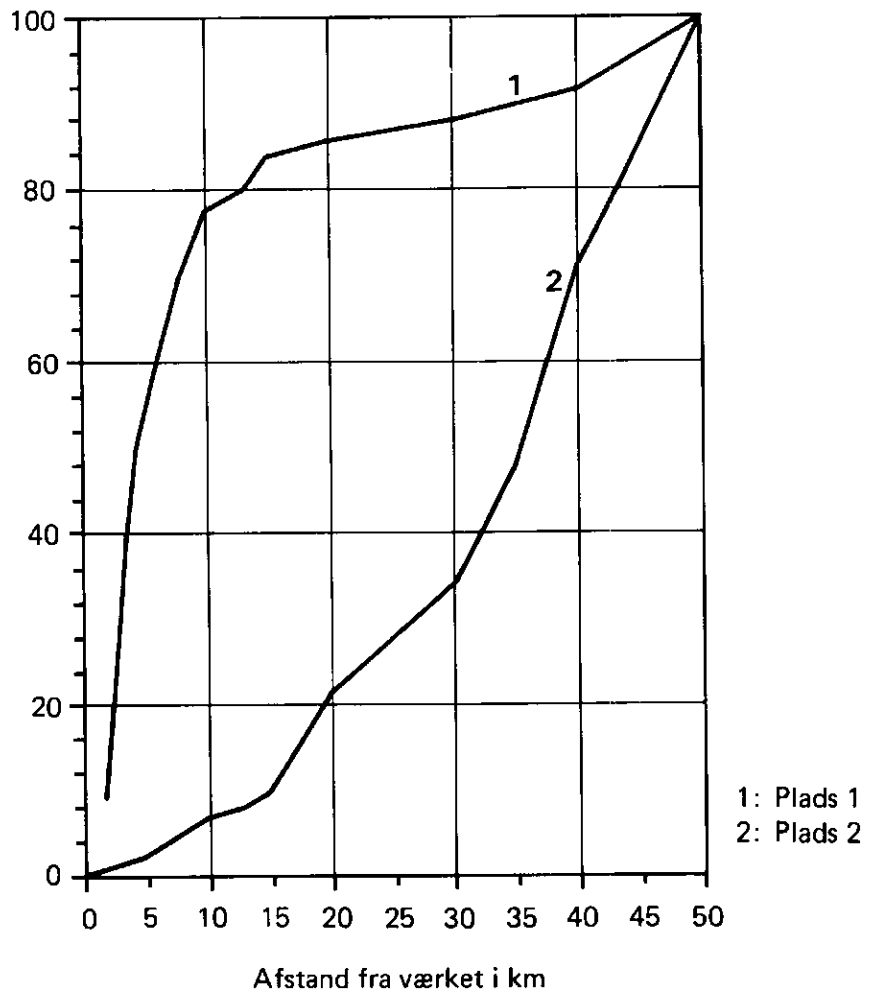
Interval	Befolkning	Kollektivdosis i intervallet	Akkumuleret kollektivdosis fra 1 km	Gennemsnitlig en- keltpersondosis i intervallet
km	antal	person Sv	person Sv	Sv
1.0 - 1.5	100	615	615	6.15
1.5 - 2.0	150	520	1135	3.47
2.0 - 3.0	650	1264	2399	1.94
3.0 - 4.0	800	901	3300	1.13
4.0 - 5.0	600	444	3744	0.74
5.0 - 7.5	2700	926	4670	0.34
7.5 - 10.0	1900	556	5226	0.29
10.0 - 12.5	1000	97	5323	0.097
12.5 - 15.0	2300	305	5628	0.130
15.0 - 20.0	1800	97	5725	0.054
20.0 - 25.0	2500	51	5776	0.020
25.0 - 30.0	5000	116	5892	0.023
30.0 - 35.0	6500	121	6013	0.019
35.0 - 40.0	9000	122	6135	0.014
40.0 - 50.0	40000	543	6678	0.014
1.0 - 50.0	75000	6678	6678	0.089

Tabel 4.2-3. Kollektivdosis ved et PWR 4-udslip på plads nr. 1. Der er regnet med indendørs ophold under skypassagen og derefter normal færd i 1 år på stedet.

Interval	Befolkning	Kollektivdosis i intervallet	Akkumuleret kollektivdosis fra 1 km	Gennemsnitlig en- keltpersondosis i intervallet
km	antal	person Sv	person Sv	Sv
1.0 - 1.5	0	-	-	-
1.5 - 2.0	10	34	34	3.40
2.0 - 3.0	20	39	73	1.95
3.0 - 4.0	70	78	151	1.11
4.0 - 5.0	100	77	228	0.77
5.0 - 7.5	600	291	519	0.49
7.5 - 10.0	1500	227	746	0.15
10.0 - 12.5	700	93	839	0.13
12.5 - 15.0	5000	239	1078	0.048
15.0 - 20.0	14000	1316	2394	0.094
20.0 - 25.0	21000	707	3101	0.034
25.0 - 30.0	32000	669	3770	0.021
30.0 - 35.0	75000	1626	5396	0.022
35.0 - 40.0	150000	2719	8115	0.018
40.0 - 50.0	400000	3309	11424	0.0083
1.0 - 50.0	700000	11424	11424	0.016

Tabel 4.2-4. Kollektivdosis ved et PWR 4-udslip på plads nr. 2. Der er regnet med indendørs ophold under skypassagen og derefter normal færd i 1 år på stedet.

Fordeling af kollektivdosis i %



Figur 4.2-4. Akkumuleret kollektivdosisfordeling ved PWR 4-udslip og 24 timers ophold indendørs.

Beregningerne er gennemført for PWR 6-udslippet på helt samme måde som for PWR 4-udslippet. For overskuelighedens skyld er mellemregningerne for PWR 6-udslippet udeladt (de findes i Risø-M-2295). Tabel 4.2-5 giver en oversigtlig sammenfatning af beregningerne af kollektivdosis for både PWR 4- og PWR 6-udslippet.

PWR 6-udslippet medfører en betydelig mindre kollektivdosis end PWR 4-udslippet. Det skyldes navnlig, at indholdet af de flygtige stoffer (jod-, cæsium- og tellur-grupperne) er relativt lille i PWR-6 udslippet. Det ændrer dog ikke forholdet mellem kollektivdosis på de to modelpladser væsentligt. Modelplads 2 har stadigvæk en kollektivdosis, der er ca. dobbelt så stor som modelplads 1, jf. kolonne 4 i tabel 4.2-5.

Modelplads (30 °-sektor, r=50 km)	1	2	Forholdet mellem (1) og (2)
<b>Befolkningstal</b>	<b>75000</b>	<b>700000</b>	<b>1:9.33</b>
<b>PWR 6-udslip</b>			
Kollektivdosis (personSv)			
24 timer indendørs ophold	2108	3689	1:1.75
1 år normal færden	6678	11424	1:1.71
<b>PWR 4-udslip</b>			
Kollektivdosis (personSv)			
24 timer indendørs ophold	62	142	1:2.29
1 år normal færden	151	314	1:2.08

Tabel 4.2-5. Oversigt over kollektivdoserne for modelplads 1 og 2, gældende for PWR 4- og PWR 6-udslip og beregnet for 24 timers indendørs ophold samt for yderligere 1 års normal færden uden dosisreducerende foranstaltninger. Tabellens 4. kolonne viser forholdet mellem de to modelpladser befolkningstal og forholdet mellem kollektivdoserne.

#### 4.2.3. Forventede antal sene skader

For at give et indtryk af omfanget af sene skader i forbindelse med modelberegningerne er antallet af leukæmi- og kræftdødsfald beregnet for de to modelpladser befolkninger. Beregningseksemplet omfatter leukæmi- og kræftdødsfald som følge af PWR4-udslippet og er baseret på den af ICRP anbefalede "risikofaktor", svarende til 100 tilfælde ved en kollektivdosis på 10 000 per-

sonSv. Ved anvendelse af en risikofaktor antages, at antallet af forventede senskader er ligefrem proportionalt med størrelsen af kollektivdosis, og at der ikke er nogen nedre tærskelværdi for strålingens senskade fremkaldende virkning.

I tabel 4.2-6 er angivet det beregnede antal leukæmi- og kræftdødsfald over en periode på 30 år og gældende for indendørs ophold i de første 24 timer såvel som for normal færden i 1 år (uden, at området forlades og uden, at der gøres noget for at fjerne de nedfaldne radioaktive stoffer).

Beregningstid	Modelplads 1		Modelplads 2	
	24 timer	1 år	24 timer	1 år
Kollektivdosis (personSv) jf. tabel 4.2-5	2108	6678	3689	11424
Leukæmi- og kræftdødsfald over 30 år	21.1	66.8	36.9	114
Normal forekomst af tilsvarende dødsfald over 30 år	6000		55000	
Strålefremkaldte dødsfald i % af normal forekomst	0.4%	1.1%	0.07%	0.2%

Tabel 4.2-6.

For modelplads 1 fås 21 og 67 leukæmi- og kræftdødsfald for beregningstiden 24 timer, henholdsvis 1 år. De tilsvarende tal for modelplads 2 er 37 og 114.

I tabellens 4. vandrette række er angivet, hvor mange tilsvarende dødsfald af andre årsager, der normalt forekommer i en periode på 30 år i befolkningsgrupper af samme størrelse som modelpladsernes. Tallene er 6 000 og 55 000 dødsfald for henholdsvis modelplads 1 og 2.

I nederste vandrette række er de strålingsfremkaldte dødsfald angivet i procent af de normalt forekommende. Det ses, at procentdelen bliver mindst på modelplads 2, der har det store befolkningstal.



Antallet af genetiske skader og fosterskader som følge af bestrålingen kan beregnes på tilsvarende måde som leukæmi- og kræftdødsfald, blot anvendes andre risikofaktorer og det relevante dosisgrundlag. Desuden skulle de genetiske skader angives både for den første 30-års periode (1. generation) efter bestrålingen og i alle de følgende generationer. For fosterskadernes vedkommende ville det i det foreliggende tilfælde være rimeligt at antage, at de alle viser sig inden for det første år.

I det beregnede eksempel bliver antallet af både fosterskader og genetiske skader mindre end antallet af leukæmi- og kræftdødsfald, og ingen af de nævnte skadetyper ville i givet fald kunne påvises ved statistiske kontrolmetoder. Dertil er antallene for små i forhold til usikkerheden på angivelsen af antallet af normalt forekommende tilfælde.

#### 4.3. Beredskabsforanstaltnings betydning for beskyttelse af befolkningen mod stråling

##### 4.3.1. Gennemførlighed og tidsforløb for evakuering

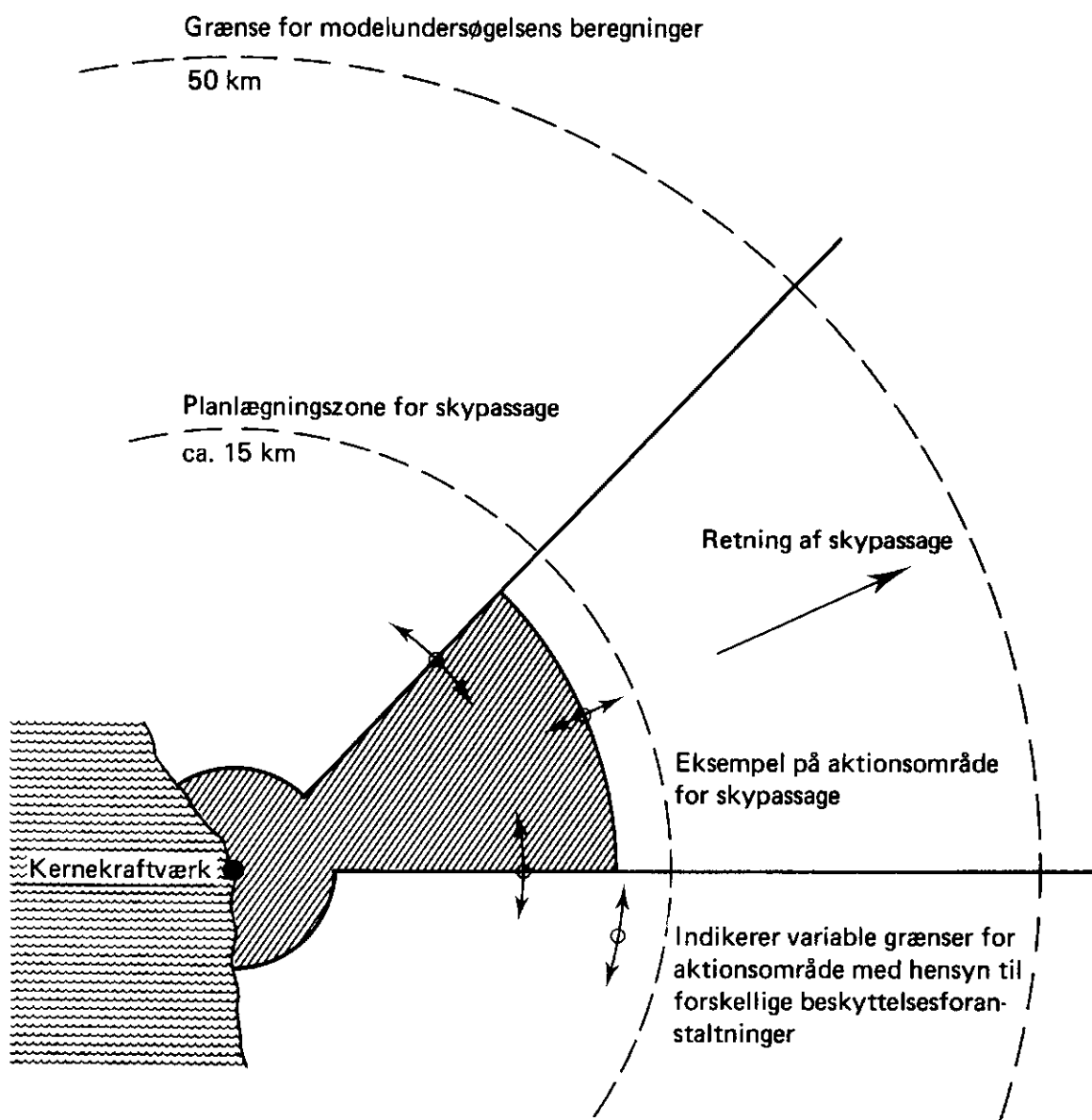
I forbindelse med modelundersøgelsen har miljøstyrelsen gennem justitsministeriet/rigspolitichefembedet anmodet tre politikredse om at bistå ved overvejelse om gennemførlighed og tidsforløb af evakuering af befolkningen omkring en reserveret plads for et eventuelt kernekraftværk i hver af politikredsene.

Vurderinger af uheldskonsekvenser kan give en vis vejledning ved beredskabsplanlægningen, men blandt andet på grund af de usikkerheder, der er knyttet til sådanne vurderinger, giver de ikke grundlag for at fastlægge entydigt, hvor langt ud fra et kernekraftværk, et særligt beredskab skal være planlagt og forberedt. Uden for det område, hvor et særligt beredskab etableres, må eventuel nødvendig iværksættelse og gennemførelse af varsling og beskyttelsesforanstaltninger som "gå inden døre" og evakuering ske ved samfundets almindelige beredskab, som opretholdes f.eks. hos politi og civilforsvar med henblik på andre begivenheder.

Med hensyn til beskyttelsesforanstaltninger mod strålingsdoser i forbindelse med skypassage har man i USA og Sverige valgt afstande på henholdsvis ca. 10 miles (ca. 16 km) og ca. 15 km, som den radius, inden for hvilken særlig beredskabsplanlægning generelt bør findes.

I en sådan planlægningszone forudsættes installeret et særligt varslingsystem for offentligheden, således at effektivt varsel kan gives og beskyttelsesforanstaltningerne "gå inden døre" og eventuelt evakuering kan efterkommes umiddelbart. Ligeledes forudsættes det, at offentligheden på forhånd er vel informeret om beredskabsplanerne.

På figur 4.3-1 er vist en oversigt over et nøglehulsformet (skraveret) aktionsområde omkring et uheldsramt værk. Aktionsområdet består af et primært område omkring værket med en udstrækning på nogle få km. Desuden omfatter aktionsområdet en sektor i medvindsretningen, som afhængig af vejrforholdene (vindretningen) føjes til det primære område. På figuren er endvidere angivet en planlægningszone for skypassage med ca. 15 km radius.



Figur 4.3-1. Princippet i planlægningszoner og aktionsområder.

De præcise grænser for planlægningszone og aktionsområder må fastlægges i det enkelte tilfælde. Disse grænser må bl.a. bestemmes af de geografiske forhold så som bebyggelser, veje, vandløb og administrative grænser, som f.eks. kommunegrænser.

De aktionsområder politiet har vurderet, omfatter arealet ud til 2-5 km radius omkring værket samt en sektor på  $30^\circ$  ud til ca. 15 km fra værket. Befolkningstallet i de 3 betragtede aktionsområder er i alt henholdsvis ca. 8 000, ca. 11 000 og ca. 18 000; dette svarer til mellem knap 2 og godt 4 gange folketallet inden for 15 km afstand i en typisk  $30^\circ$  sektor jf. tabel 3.1.1. Inden for 2-5 km radius rummer de valgte områder ca. 1 000-2 000 indbyggere og inden for  $30^\circ$  sektorerne rummer de hver én samlet bebyggelse, der har henholdsvis ca. 3-4.000, ca. 8 000 og ca. 12 000 indbyggere, på en afstand mellem knap 10 og 15 km. Sådanne forhold kan betragtes som dækkende for tættest befolkede  $30^\circ$  sektorer ved mulige placeringer af kernekraftværker i Danmark. Det er antaget, at 70% af befolkningen er selvtransporterende med private køretøjer. Transportmidler til den ikke-selvtransporterende del af befolkningen skal således tilvejebringes som en beredskabsforanstaltning i situationen.

Skønnet ud fra erfaringer i forbindelse med stormflodsberedskabet i Sønderjylland vurderes, at evakuering af hele befolkningen i et aktionsområde ud til ca. 15 km normalt kan ske i løbet af få timer (ca. 3-4). Under gunstige omstændigheder (alarm i dagtimerne) anses evakuering for mulig inden for 2 timer, fra varsel gives. Derimod vil evakuering af hele befolkningen i aktionsområdet ud til ca. 15 km ikke være mulig inden for 1 time, fra varsel gives.

Med hensyn til den i modelundersøgelsen betragtede PWR 4-udslipssituation indebærer dette, at eventuel evakuering under gunstige omstændigheder kan være gennemført inden skypassagens begyndelse, idet varslingstiden er 2 timer, jf. afsnit 4.1.2.

I PWR 6-udslipssituationen, hvor varslingstiden er 1 time, jf. afsnit 4.1.2, kan eventuel evakuering ikke påregnes gennemført inden skypassagens begyndelse.

I begge situationer kan eventuel evakuering efter skypassagens ophør påregnes at være gennemført inden for 2-4 timer.

De skønnede evakueringstider kan måske nedbringes noget ved detaljeret planlægning - og eventuel anskaffelse på forhånd af transportkapacitet i et vist omfang - samt grundig forhåndsinformation til befolkningen i området. Herved kan f.eks. muligheden styrkes for hurtig evakuering af befolkningen i det primære aktionsområde.

#### 4.3.2. Vurdering af beredskabsforanstaltningers virkning ved et modeludslip.

De beregnede strålingsdoser i tilfælde af et PWR 6-udslip er væsentligt mindre end ved et PWR 4-udslip. Overvejelserne om virkning af beredskabsforanstaltninger er derfor i det følgende udelukkende baseret på PWR 4-beregningerne.

De beskyttelsesforanstaltninger, hvis virkninger vurderes, er "gå inden døre" og evakuering i aktionsområdet ud til 15 km. Virkningen vurderes i forhold til opståen af tidlige skader og sene skader. Det er lagt til grund, at med et effektivt system for varsling til befolkningen vil "gå inden døre" kunne gennemføres på kortere tid end varslingstiden (tiden fra varsel kan gives til skypassagen begynder) for både PWR 6 (1 time) og PWR 4 (2 timer).

De angivne talstørrelser må alene betragtes som regneeksempler, der er knyttet til de for modelundersøgelsen fastlagte forudsætninger.

#### Tidlige skader

De mildeste former for strålesyge (kortvarig ubehag og måske opkastninger indenfor få timer efter modtagelsen af dosis) viser sig ved knoglemarvsdoser i området 0,5-1,0 Sv.

Tærskelværdien, hvorunder der ikke kan ske tidlige dødsfald som følge af bestråling, er ca. 2 Sv.

Det fremgår af fig. 4.2-1, at knoglemarvsdosis ved 8 timers u-dendørs ophold efter beregningerne kan udgøre 1 Sv eller mere ud til 2,5 km afstand og mellem 1 og 0,5 Sv ud til 4 km i medvindretningen, mens knoglemarvsdosis ved ophold inden døre ikke overstiger 1 Sv uden for ca. 1 km og ikke 0,5 Sv uden for 2 km's afstand. Alene ved at gennemføre beskyttelsesforanstaltningen "gå inden døre", før skypassagen begynder, forhindres således i følge beregningerne tidlige skader som følge af knoglemarvsdosis modtaget i de første 8 timer fra skypassagens begyndelse uden for 2 km afstand.

I følge tabel 4.1-2 rummer plads 1 og plads 2 henholdsvis 1 700 og 100 personer inden for afstanden 4 km. Dette er den afstand, hvor tidlige skader kan opstå inden for et smalt område omkring skyens centerlinie, hvis "gå inden døre" ikke gennemføres. Ingen af de to pladser har befolkning inden for 1 km. På plads 1 bor 250 personer i afstandsintervallet 1-2 km og på plads 2 bor 10 personer i afstandsintervallet 1,5-2 km. En del af beboerne i disse områder vil være udsat for strålingsdoser, som kan føre til tidlige skader, selv om de går inden døre under skypassagen.

Under gunstige omstændigheder kan evakuering være gennemført i hele aktionsområdet, inden skypassagen begynder. I følge regneksemplerne undgås tidlige skader helt, hvis evakuering er gennemført ud til 4 km før skypassagen.

Ved forbliven i skypassageområdet stiger knoglemarvsdosis med tiden som følge af strålingen fra nedfald. Ved indendørs ophold i 24 timer overstiger knoglemarvsdosis i følge figur 4.2-2 ikke 1 Sv uden for 1,5 km og ikke 0,50 Sv uden for ca. 2 km. På 5 km afstand udgør knoglemarvsdosis jf. figur 4.2-3 under 0,20 Sv ved 24 timers normalt ophold (89% af tiden indendørs); derefter stiger knoglemarvsdosis for efter 5 døgn at udgøre 0,30 Sv og efter 10 døgn knap 0,40 Sv i skypassageområdets centerlinie.

Ved at gennemføre "gå inden døre" før skypassagen, og i fortsættelse heraf evakuere befolkningen i området omkring værket og i vindretningen ud til 5 km, vil man således i følge beregningerne opnå at forhindre, at der uden for ca. 2 km opstår tidlige skader herunder også de mildeste former for strålesyge (kortvarig

ubehag og måske opkastninger). Denne virkning opnås, blot evakueringen er gennemført inden 24 timer fra skypassagens begyndelse; det fremgår imidlertid foran, at skypassagen forudsættes at vare 3 timer, og at evakuering kan påregnes at være gennemført inden for 2-4 timer derefter. I følge tabel 4.1-2 udgør befolkningen ud til 5 km ved plads 1 i alt 2 300 og ved plads 2 i alt 200 personer.

Sene skader (leukæmi- og kræfttilfælde)

Tabel 4.3-1 og tabel 4.3-2 muliggør en vurdering og sammenligning af virkningen af beskyttelsesforanstaltningerne "gå inden døre" og evakuering før skypassagen ved henholdsvis plads 1 og plads 2. I tabellerne er som funktion af afstanden (kolonne 1) sammenstillet befolkningstallet (kolonne 2) og kollektivdosis (kolonne 3) ved 24 timers ophold inden døre inden for de angivne afstande, samt den procentvise formindskelse af kollektivdosis (kolonne 4) som evakuering før skypassagens begyndelse vil medføre.

Evakueringsafstand	Evakuerede personer	Nedsættelse af kollektivdosis ved evakuering før skypassage	
		person Sv	procent af total kollektivdosis
1.0	0	0	0
1.5	100	184	8.7
2.0	250	342	16.2
3.0	900	733	34.4
4.0	1700	1016	48.2
5.0	2300	1157	54.9
7.5	5000	1458	69.2
10.0	6900	1639	77.8
12.5	7900	1670	79.2
15.0	10200	1770	84.0
20.0	12000	(1802)	(85.5)
25.0	14500	(1819)	(86.3)
30.0	19500	(1856)	(88.0)
35.0	26000	(1895)	(89.9)
40.0	35000	(1934)	(91.7)
50.0	75000	(2108)	(100 )

Tabel 4.3-1. Nedsættelse af kollektivdosis ved evakuering inden skypassage i forhold til kollektivdosis efter 24 timers indendørs ophold på modelplads 1 under PWR 4-udslip.

Evakuerings-afstand	Evakuerede personer	Nedsættelse af kollektivdosis ved evakuering før skypassage	
		person Sv	procent af total kollektivdosis
1.0	0	0	0
1.5	0	0	0
2.0	10	10	0.3
3.0	30	22	0.6
4.0	100	47	1.3
5.0	200	71	1.9
7.5	800	165	4.5
10.0	2300	241	6.5
12.5	3000	271	7.3
15.0	8000	349	9.5
20.0	22000	(779)	(21.1)
25.0	43000	(1009)	(27.4)
30.0	75000	(1229)	(33.3)
35.0	150000	(1759)	(47.7)
40.0	300000	(2629)	(71.3)
50.0	700000	(3689)	(100 )

Tabel 4.3-2. Nedsættelse af kollektivdosis ved evakuering inden skypassage i forhold til kollektivdosis efter 24 timers indendørs ophold på modelplads 2 under PWR 4-udslip.

For afstande uden for 15 km er tallene i tabellernes kolonne 3 og 4 angivet i parentes for at markere, at gennemførelsen af beskyttelsesforanstaltninger her forudsættes at bero på samfundets almindelige beredskab i modsætning til det særlige beredskab inden for planlægningszonen for beskyttelse mod strålingsdoser i forbindelse med skypassage. Beskyttelsesforanstaltningen "gå inden døre" forudses at kunne gennemføres også i den del af skypassageområdet, som ligger uden for planlægningszonen, med virkning for hele eller den overvejende del af befolkningen. Derimod forudsættes evakuering før skypassagens begyndelse ikke gennemført uden for planlægningszonen.

Det er foran lagt til grund, at strålingsdosis ved ophold inden døre under skypassage er ca. 1/3 af strålingsdosis ved ophold uendørs. Derved bliver sandsynligheden for at blive ramt af leukæmi eller kræft tilsvarende reduceret til ca. 1/3. Ved at gennemføre beskyttelsesforanstaltningen "gå inden døre" før skypassagens begyndelse kan man derfor opnå, at antallet af ekstra tilfælde af leukæmi og kræft nedsættes til ca. 1/3 af det antal,



som ville fremkomme, hvis befolkningen i det pågældende område havde opholdt sig ude under skypassagen.

Ved - i fortsættelse af "gå inden døre" - at foretage evakuering efter skypassage kan man yderligere hindre den stigning af stråledoserne, som ellers ville fremkomme som følge af strålingen fra nedfald. En sådan efterfølgende evakuering kan begrænses til selve det område, som ved målinger viser sig at være forurennet.

I det følgende er virkningen af evakueringen før skypassagen sat i forhold til den delvise beskyttelse mod sene skader, som opnås ved ophold inden døre i 24 timer fra udslippets begyndelse. Den store forskel i befolkningens fordeling ved de to pladser medfører store forskelle i de beregnede virkninger for kollektivdosis af en eventuel evakuering før skypassagen af befolkningen i aktionsområdet ud til 15 km.

Ved plads 1 (tabel 4.3-1) er befolkningen ud til 50 km 75 000 og kollektivdosis ved ophold inden døre de første 24 timer er 2108 personSv. Af kollektivdosis falder 1770 personSv inden for 15 km, hvor befolkningen udgør 10 200 personer.

Ved plads 2 (tabel 4.3-2) er befolkningen ud til 50 km 700 000 og kollektivdosis 3689 personSv. Af kollektivdosis falder 349 personSv inden for 15 km, hvor befolkningen udgør 8 000.

Evakuering ud til 15 km før skypassagens begyndelse vil ved plads 1 omfatte 10 200 personer og nedsættelse af kollektivdosis med 1770 personSv eller 84%. For plads 2 er de tilsvarende tal 8.000 personer, men kun 349 personSv eller 9,5%. En heldig gennemførelse af beskyttelsesforanstaltningen indebærer flytning af stort set samme antal personer over samme afstand ved de to pladser, men der opnås ved plads 1 en dosisreduktion, som målt i procent er 9 gange så stor, og målt i personSv er 5 gange så stor som ved plads 2.

En yderligere sammenligning af tallene for de to pladser inden for 15 km viser, at dosisreduktionen ved evakuering på plads 1 af de 250 personer inden for 2 km afstand, 342 personSv, stort

set svarer til den dosisreduktion, 349 personSv, som ved plads 2 forudsætter evakuering af samtlige 8 000 personer inden for 15 km.

Det er foran anført, at befolkningen ved plads 2 er ca. 9 gange så stor som ved plads 1, men kollektivdosis kun knap 2 gange større. Hvis man efter evakuering ud til 15 km sammenligner forholdet mellem de to pladser i afstanden mellem 15 km og 50 km, er befolkningen i dette område ved plads 2 (692 000) godt 10 gange så stor som ved plads 1 (64 800), og kollektivdosis ved plads 2 (3340 personSv) er knap 10 gange kollektivdosis ved plads 1 (338 personSv).

#### 4.4. Sammenfatning af modelundersøgelsen

Omfanget af sundhedsmæssige skader i befolkningen ved et radioaktivt udslip afhænger foruden af udslipsforholdene (udslippets størrelse, sammensætning og tidsforløb) også af vejr-situationen, befolkningsforholdene og beredskabsforanstaltningerne.

Hovedsigtet med modelundersøgelsen har været at belyse befolkningsforholdenes (placeringens) betydning med hensyn til de sundhedsmæssige (tidlige og sene) skaders omfang ved repræsentative udslip (PWR-6 og PWR-4) som følge af et alvorligt kerne-smeltningshavari på 2 modelpladser.

De 2 modelpladsers befolkningsforhold er karakteriseret ved, at plads nr. 1 har en særlig befolkningstæthed inden for 3 km og et bysamfund inden for 10 km, og plads nr. 2 en meget høj befolkningskoncentration (svarende til en storby) i afstandsintervallet 30-50 km.

Beregningerne af strålingsdoser er foretaget under antagelse af stabilitetskategori D, vindhastighed 6 m/s og tørvejr, fordi disse meteorologiske forhold karakteriserer den mest fremherskende vejr-situation.

De beredskabsforanstaltninger, hvis virkninger vurderes, er "gå-inden døre" og evakuering ud til 15 km. Virkningerne er vurde-

ret i forhold til både tidlige og sene skader.

#### 4.4.1. Enkeltpersondosis (tidlige skader)

Tidlige skader forekommer først ved store strålingsdoser (større end 0,5 - 1 Sv. helkropsdosis).

Et PWR-6 udslip kan ikke give strålingsdoser af en størrelsesorden, der kan medføre symptomer på tidlige skader selv i den nærmest boende befolkning.

Et PWR-4 udslip (stort og forholdsvis hurtig forløbende) kan give strålingsdoser, der ud til en afstand af ca. 4 km kan medføre de mildeste former for tidlige skader (strålesyge) under forudsætning af udendørs ophold. Ved indendørs ophold nedsættes dosis til ca. en trediedel, hvorved afstanden, hvor ud til der kan forekomme tidlige skader, reduceres til ca. 2 km.

Selvom befolkningstætheden omkring plads nr. 1 i gennemsnit er væsentlig større (ca. 10 gange) end omkring plads nr. 2 i området ud til 50 km, vil antallet af eventuelle tidlige skader - alt andet lige - blive størst for plads nr. 1, fordi befolkningstætheden i nærområdet er størst for denne plads (ca. 20 gange større end for plads nr. 2).

Omfanget af eventuelle tidlige skader, særligt ved større befolkningstætheder, vil afhænge meget af gennemførelsen af beredskabsforanstaltninger. Evakuering indgår som et enten - eller i modelundersøgelsen. Hvis evakuering gennemføres inden skypassagen, udsættes de evakuerede slet ikke for bestråling, og hvis evakuering gennemføres efter skypassagen udsættes de evakuerede ikke for den efterfølgende bestråling fra radioaktivt nedfald.

#### 4.4.2. Kollektivdosis (sene skader)

Modelberegningerne viser, at forholdet mellem kollektivdosis for de to modelpladser er henholdsvis ca. 1:2,3 for PWR 6-udslippet og ca. 1:1,8 for PWR 4-udslippet. Den ringe forskel på disse to

forholdstal viser, at forholdet mellem kollektivdosis for de to modelpladser er omtrent uafhængigt af modeludslippets størrelse og sammensætning.

Forholdstallene gælder for kollektivdosis beregnet for 24 timers bestråling. Ved fortsat ophold i de berørte områder stiger kollektivdosis på grund af strålingen fra de nedfaldne radioaktive stoffer. Beregningerne viser, at kollektivdosis efter 1 år er vokset 2-3 gange (forudsat, at der ikke er gjort en indsats for at fjerne de nedfaldne radioaktive stoffer). Forholdet mellem kollektivdosis for de to modelpladser er efter 1 år ca. 1:2,1 for PWR 6-udslippet og 1:1,8 for PWR 4-udslippet.

Antallet af sene skader i en berørt befolkning antages at være proportionalt med kollektivdosis til denne befolkning.

Modelberegningerne viser således:

- at forholdet mellem kollektivdosis til befolkningen på de to modelpladser er omtrent uafhængigt af modeludslippenes størrelse og sammensætning.
- at dette forhold også er omtrent uafhængigt af opholdstiden i de berørte områder.

Beregningerne viser endelig, at forholdet mellem antallene af sene skader (kræft) i befolkningerne omkring de 2 modelpladser (ca. 1:2) er langt mindre end forholdet mellem befolkningstallene (ca. 1:10), i overensstemmelse med, at fjerntboende befolkningsgrupper (plads nr. 2 med en fjernere liggende storby) bidrager forholdsvis mindre til kollektivdosis end nærmere boende grupper (plads nr. 1 med nært beliggende bysamfund).

## 5. PLACERING AF KERNEKRAFTVÆRKER I UDLANDET SAMMENHOLDT MED DE RESERVEREDE PLADSER I DANMARK

I dette afsnit gennemgås først udenlandske bestemmelser om kriterier for befolkningsrestriktioner omkring kernekraftværker samt befolkningsfordelinger omkring de reserverede danske pladser, hvorefter de udenlandske kriterier m.v. er anvendt på danske pladser.

Endvidere gennemgås befolkningsfordelingerne omkring udenlandske kernekraftværker samt foretages en sammenligning af befolkningsfordelingerne omkring danske og udenlandske pladser.

### 5.1. Generelle forhold

Kernekraft er i dag indført i følgende lande:

Europa: Belgien, Bulgarien, Finland, Frankrig, Holland, Italien, Jugoslavien, Rumænien, Spanien, Storbritannien, Schweiz, Sverige, Tjekkoslaviet, Vest- og Østtyskland, Ungarn og USSR.

Amerika: Argentina, Brasilien, Canada, USA og Mexico.

Asien: Filippinerne, Indien, Japan, Korea, Pakistan og Taiwan.

Afrika: Syd-Afrika.

De eneste lande, der har udarbejdet egentlige befolkningsmæssige placeringskriterier, er ifølge foreliggende oplysninger USA, Holland, Italien og Storbritannien. I Vesttyskland findes et system for kategorisering af pladser. Kategoriseringen er blandt andet baseret på befolkningsmæssige forhold.

I det følgende er omtalt kriterier og praksis i disse lande.

## 5.2. Bestemmelser m.v. vedrørende befolkningsmæssige restriktioner omkring kernekraftværker i udlandet

### 5.2.1. USA

#### Kriterier og praksis

De gældende befolkningsmæssige placeringskriterier i USA er fra 1962 og er angivet i 10 CFR 100 (Codes of Federal Regulations).

Kriterierne er primært møntet på kernekraftværker af afprøvet type og konstruktion, men kan dog anvendes på nye reaktortyper.

Omkring ethvert kernekraftværk opereres med to restriktionszoner:

- et "udelukkelsesområde" og et "tyndt befolket område" samt en "befolkningscenterafstand".

"Udelukkelsesområde" og "tyndt befolket område" bestemmes dels på grundlag af antagelse om et større uheld med frigørelse af jod og ædelgasser til reaktorindeslutningens atmosfære og dels på grundlag af et sæt referenceværdier for de strålingsdoser, uheldet beregningsmæssigt medfører. Udslippet fra reaktorbygningen beregnes ud fra dennes lækhastighed under hensyntagen til effektiviteten af indbyggede tekniske sikkerhedsforanstaltninger. Strålingsdoserne beregnes på grundlag af det antagne udslip og meteorologiske data for den pågældende plads.

Kriterierne i 10 CFR 100 angiver, at en person, der opholder sig ved den ydre grænse af "udelukkelsesområdet" i to timer umiddelbart efter udslippet, ikke må modtage større helkropsdosis end 25 rem (0,25 Sv) eller større indåndingsdosis til skjoldbrusk-kirtlen end 300 rem (3 Sv).

I "udelukkelsesområdet" er anlægsindehaveren bemyndiget til at træffe afgørelser om alle aktiviteter herunder udelukkelse eller fjernelse af personer eller ejendom. Fast bosættelse er sædvanligvis ikke tilladt, og personer, der opholder sin inden for området, skal hurtigt kunne fjernes. Vand- og motorveje samt

jernbanelinier kan gennemskære området, hvis foranstaltninger til kontrol af disse trafikårer kan iværksættes i tilfælde af uheld på værket.

"Udelukkelsesområdet" er ikke nødvendigvis cirkulært. Minimumsafstanden fra en reaktorenhed til områdets yderste grænse varierer mellem 200 m og 2 km med en gennemsnitsværdi på 640 m.

Det "tyndt befolkede område" er området umiddelbart uden for "udekkelsesområdet". I retningslinierne for kriteriernes anvendelse foreskrives, at befolkningstallet og -tætheden i det "tyndt befolkede område" skal være sådan, at der er en rimelig sandsynlighed for at passende beskyttelsesforanstaltninger kan gennemføres ved et alvorligt uheld.

Ved en konkret pladsvurdering anvender den amerikanske nukleare sikkerhedsmyndighed (NRC) følgende retningslinier for at undersøge, om kriterierne er opfyldt: evakuering skal kunne gennemføres således, at enkeltpersoner ikke modtager større helkropsdosis end 25 rem (0,25 Sv) eller større indåndingsdosis til skjoldbruskkirtlen end 300 rem (3).

Evakueringsmuligheden bedømmes ud fra oplysninger om bl.a. befolkningsfordeling og transportveje.

Det "tyndt befolkede område" er sædvanligvis cirkulært med en karakteristisk radius på 5 km (radius varierer mellem 1 og 10 km).

For en plads med flere uafhængige reaktorenheder skal dosisberegningen gennemføres for hver reaktorenhed. "Udelukkelsesområdet" knyttet til pladsen er det samlede udelukkelsesområde for alle reaktorenheder. Ved en lignende fremgangsmåde findes et "tyndt befolket område" for pladsen.

"Befolkningscenterafstanden" er afstanden fra værket til den nærmeste grænse for et tæt befolket område med mere end 25 000 indbyggere. Denne afstand skal være mindst 33% større end afstanden fra værket til den ydre grænse af det "tyndt befolkede område". I 10 CFR 100 bemærkes, at såfremt meget store byer er

involveret, kan en større "befolkningscenterafstand" være nødvendig ud fra overvejelser om den kollektive dosis.

I bestemmelsen af "befolkningscenterafstanden" indgår prognoser for befolkningstallet. Samfund på 12-15 000 indbyggere kan udvikle sig til et befolkningscenter, som bliver afgørende for bestemmelsen af "befolkningscenterafstanden".

Et grundlæggende princip i forbindelse med kernekraftværkers placering er, at tekniske sikkerhedsforanstaltninger i anlæggets konstruktion kan kompensere for ugunstige pladsegenskaber. Hvis dosisberegningen for en konkret plads fører til et "udelukkelsesområde" eller "tyndt befolket område", der ikke opfylder de stillede krav til disse områder, kræves yderligere tekniske sikkerhedssystemer eller reduceret lækhastighed af reaktorbygningen. Hvis den faktiske "befolkningscenterafstand" er mindre end 33% større end afstanden fra værket til den ydre grænse af det "tyndt befolkede område", kræves på tilsvarende vis yderligere foranstaltninger i anlæggets konstruktion.

Der er ikke i de pågældende placeringskriterier specifikke retningslinier vedrørende befolknings-tætheder i omegnen af et kernekraftværk, men NRC har udarbejdet vejledende regler for befolkningstætheder. Heraf fremgår, at alternativ placering af et værk skal overvejes, hvis en prognose for den gennemsnitlige befolkningstæthed ved tidspunktet for værkets idriftssættelse overstiger 195 indbyggere pr. km<sup>2</sup> for enhver afstand ud til 50 km. Prognosen skal inkludere den ikke-fastboende befolkning.

En alternativ placering skal ligeledes overvejes, hvis en prognose tyder på, at befolkningstætheden i værkets levetid overstiger 390 indbyggere pr. km<sup>2</sup>. Det er dog muligt at godkende en plads, der ikke opfylder ovenstående retningslinier, hvis der ikke kan findes en klart "bedre" placering i den pågældende region.

#### Overvejelser vedrørende ændringer i kriterier ved pladsvalg

I 1979 fremsatte en arbejdsgruppe under NRC forslag til reviderede kriterier for placering af kernekraftværker (NUREG-0625).



På basis af dette forslag udsendte NRC i 1980 udkast til placeringsregler.

Der var imidlertid enighed om, at arbejdet med revision af placeringskriterier og -regler burde sammenkædes bl. a. med igangværende udarbejdelse af forslag vedrørende en generel sikkerhedsmålsætning ved anvendelse af kernekraft.

På tidspunktet for udsendelse af denne rapport er der ikke udsendt endeligt forslag om nye placeringskriterier.

### 5.2.2. Storbritannien

Da Storbritanniens første kernekraftprogram med reaktorer af Magnox-typen blev lanceret i 1955 besluttede regeringen, at der ikke skulle placeres kernekraftværker i områder med større bymæssig bebyggelse. I 1968 meddelte regeringen, at de nye reaktorer af AGR-typen kunne placeres meget tættere på områder af bymæssig karakter end Magnox-reaktorer. Baggrunden herfor var dels den indvundne driftserfaring dels AGR-reaktorernes forudsatte større sikkerhed.

For hver kernekraftplads skal der udarbejdes en effektiv beredskabsplan. En plads kan kun godkendes, hvis det er muligt at evakuere alle personer indenfor en afstand af 1 km fra værket i løbet af 2 timer efter en alarm om uheld. Endvidere må befolkningsfordelingen, topografien, den lokale kommunikation o.l. ikke indebære specielle vanskeligheder for en udvidelse af evakueringen til at omfatte samtlige personer inden for en afstand af 3 km.

### Kriterier og praksis

#### MAGNOX-reaktoren

Ved placeringen af kernekraftværker med Magnox-reaktorer var formålet at lokalisere områder, hvor følgende betingelser ville gælde i tilfælde af et uheld på værket:

- a) få personer ville være udsat for en ekstrem risiko.
- b) langvarig evakuering eller vidtgående restriktioner i det daglige liv ville kun være nødvendig i små bysamfund.
- c) højst 10.000 ville behøve midlertidig evakuering undtagen under ugunstige vejrforhold, hvor op til 100 000 kunne berøres.

På grundlag af undersøgelser af konsekvenserne af forskellige radioaktive udslip blev der for at overholde disse betingelser fastsat grænser for befolkningstallet inden for afstande fra værket på henholdsvis 0,5 km, 2,4 km, 8 km og 16 km. Inden for disse afstande fastsættes endvidere grænser for befolkningstallet i 10<sup>0</sup>-sektorer. Tabel 5.2-1 angiver de benyttede kriterier samt tilsvarende befolkningstætheder.

Zone	Afstand fra (km)	Akkumuleret befolkningstal		Max. befolkningstæthed i zone (indb./km <sup>2</sup> )	
		10 <sup>0</sup> -sekt.	360 <sup>0</sup> -cirk.	10 <sup>0</sup> -sekt.	360 <sup>0</sup> -cirk.
1	0 - 0.5	få	få		
2	0.5 - 2.4	500	3.000	1.000	165
3	2.4 - 8	10.000	60.000	1.870	330
4	8 - 16	100.000	600.000	5.370	895

Tabel 5.2-1. Engelske Magnox-kriterier.

#### AGR (Advanced Gas-cooled Reactor)

-----

Metoden til vurdering af pladser for AGR-reaktorer trådte i kraft i 1971. Ved vurdering af egnetheden af en konkret plads beregnes en sektorkarakteristikurve og en pladskarakteristikurve.

Sektorkarakteristikkurven beregnes på grundlag af dels oplysninger om befolkningstallet i den tættest befolkede 30<sup>0</sup>-sektor indenfor 32 km fra værket, dels sektorvægtfaktorer, som sikkerhedsmyndighederne har fastsat.

Pladskarakteristikkurven beregnes på grundlag af oplysninger om befolkningstallet inden for en afstand af 32 km omkring de enkelte pladser og på grundlag af pladsvægtfaktorer fastsat af

myndighederne. Pladsvægtfaktoren afhænger af afstanden til værket og repræsenterer den potentielle indåndingsdosis til skjoldbruskkirtlen for en person, der befinder sig i den radioaktive fanes akse.

For at en plads kan accepteres, må begge kurver ligge under visse grænsekurver, der er udarbejdet af sikkerhedsmyndighederne.

#### Trykvands-reaktor (PWR)

-----

I forbindelse med den påtænkte introduktion af trykvandsreaktorer har sikkerhedsmyndighederne krævet, at de første anlæg af denne type placeres efter samme retningslinier som Magnox-reaktorerne.

#### 5.2.3. Holland

I Holland foretages valg af pladser på grundlag af en referenceplads, der er defineret på følgende måde:

Inden for en afstand af 1,5 km må der (af hensyn til muligheden for at kunne foretage evakuering) højst opholde sig 1 000 beboere. I området mellem 1,5 km og 5 km fra værket tillades en befolkningstæthed på op til 200 indbyggere pr. km<sup>2</sup>. Uden for en afstand på 5 km kan befolkningstallet accepteres at nå den gennemsnitlige befolkningstæthed for Holland (344 indbyggere pr. km<sup>2</sup>).

Det accepteres, at befolkningstætheden i to sektorer på hver 22,5° er op til 2,5 gange tætheden i områderne mellem henholdsvis 1,5-5 km og 5-20 km.

#### Kriterier og praksis

-----

Referencepladsbegrebet omformes til kriterier for to forskellige befolkningsfaktorer. Disse faktorer fås ved for henholdsvis 360°-cirklen og den tættest befolkede 45°-sektor at gange befolkningstallet med en afstandsfaktor. Beregningen gennemføres ud til en afstand af 20 km fra værket.

For referencepladsen bliver befolkningsfaktorerne 14 400 for 360<sup>o</sup>-cirklen og 4 500 for 45<sup>o</sup>-sektoren.

Hvis begge de to befolkningsfaktorer for en konkret plads overstiger værdierne for referencepladsen, vil dette være et afgørende argument for at afvise pladsen.

#### 5.2.4. Italien

Omkring hver plads kræves et "udelukkelsesområde" med en radius på 1 km, inden for hvilket der ikke tillades nogen aktiviteter. I et område mellem 1-3 km opereres med et "tyndt befolket område", hvor kun moderat aktivitet accepteres, hovedsagelig af landbrugsmæssig karakter og med et befolkningstal mindre end ca. 100. Til byer med et indbyggertal af størrelsesorden 20 000 kræves en mindste afstand på 10 km, mens der for større byer med flere hundrede tusinde indbyggere kræves en mindste afstand på 20 km til bygrænsen.

#### Kriterier

-----

Kriterierne angiver krav til befolkningsfordelingen dels i afstandsintervallet 1 til 20 km dels i intervallet 1 til 50 km.

For området 1 til 20 km beregnes en såkaldt pladsbefolkningsfaktor. Denne faktor må ikke overstige 20 000, der er pladsbefolkningsfaktoren for en befolkningstæthed på 220 indbyggere pr. km<sup>2</sup>.

For området mellem 1 til 50 km fra pladsen beregnes for hver 22,5<sup>o</sup>-sektor en sektorbefolkningsfaktor ved på samme måde som i Holland at gange befolkningstallet med en afstandsfaktor. Sektorbefolkningsfaktoren må ikke overstige 6 500. Denne maksimumsværdi fås for en befolkningstæthed på 1 400 indbyggere/km<sup>2</sup>.

### 5.2.5. Vesttyskland

#### Praksis

Det overordnede placeringsprincip i Vesttyskland er, at der må kompenseres for ugunstige pladsforhold ved hjælp af yderligere tekniske foranstaltninger på selve anlægget, øgede pladsrestriktioner samt forstærket evakueringsberedskab. Til brug ved valg af fremtidige kernekraftpladser er der udarbejdet retningslinier, som bygger på inddeling af pladsegenskaber i kategorierne I-III. Inddelingen anvendes i godkendelsesproceduren til en vurdering af behovet for mere detaljerede undersøgelser, specielt af nødvendighed og tilstrækkelighed af yderligere foranstaltninger. Hvis pladsen i visse henseender tilhører kategori III, kan dette føre til en forkastelse af pladsen.

Med hensyn til befolkningsforholdene er inddelingen baseret på middelbefolkningstætheden i Vesttyskland, der er 248 indbyggere pr. km<sup>2</sup>. Området ud til en afstand af 20 km fra værket inddeles i fire zoner 0-2 km, 2-5 km, 5-10 km og 10-20 km. Endvidere opereres med en 30<sup>o</sup>-sektorinddeling i hver af de to afstandsintervaller 2-5 km og 5-20 km. I tabel 5.2-2 er angivet de befolkningstætheder, der benyttes ved inddelingen.

360 <sup>o</sup> -cirkel			
Befolkningstæthed (indbyggere/km <sup>2</sup> )			
Afstand (km)	Kategori I	Kategori II	Kategori III
0 - 2	≤ 83 ingen hospitaler, fængsler, større institutioner	83 - 248	> 248
2 - 5	< 124	124 - 248	> 248
5 - 10	< 248	248 - 496	> 496
10 - 20	< 372	372 - 744	> 744

30 <sup>o</sup> -sektor			
Befolkningstæthed (indbyggere/km <sup>2</sup> )			
Afstand (km)	Kategori I	Kategori II	Kategori III
2 - 5	≤ 248	248 - 744	> 744
5 - 20	≤ 496	496 - 992	> 992

Tabel 5.2-2. Klassifikation af befolkningsfordelingen i Vesttyskland.

I vurderingen af en konkret plads skal anvendes den tættest befolkede 30<sup>o</sup>-sektor. Hvis denne er lokaliseret i en hovedvindretning må en pladsegenskab i intervallerne 2-5 km og 5-20 km nedskrives til den næste, lavere kategori. Hvis der eksisterer specielt gunstige betingelser for gennemførelse af beredskabsforanstaltninger, kan en pladsegenskab i intervallet 2-5 km henføres til den umiddelbart højere kategori.

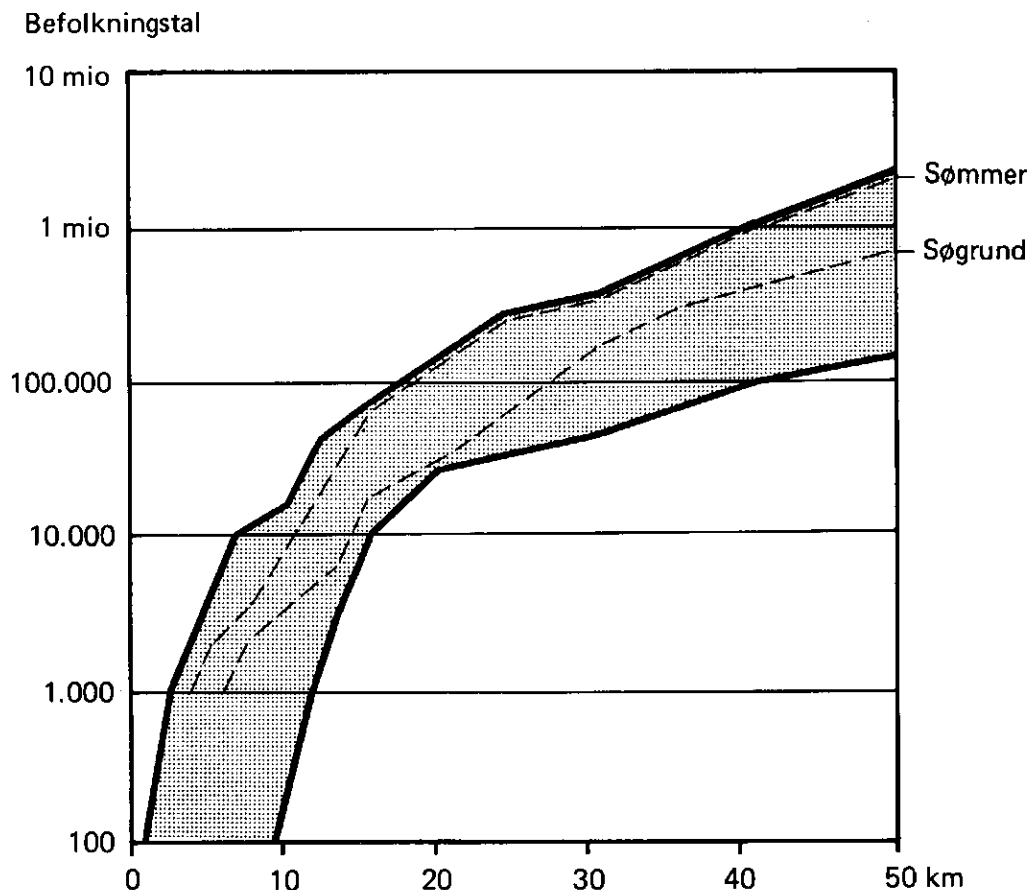
Det bemærkes, at ingen af de godkendte vesttyske pladser i samtlige afstandsintervaller tilhører kategori I. En plads tilhørende kategori I i alle henseender anses i Vesttyskland for at have ideelle egenskaber, men efter vesttysk opfattelse eksisterer en sådan plads næppe i dag.

### 5.3. Befolkningsfordelingen omkring reserverede danske kernekraftpladser

Med miljøministeriets cirkulære af 6. august 1980 er der foretaget reservation af arealer til kernekraftværker i Danmark. De reserverede pladser fordeler sig med 7 i Jylland, 1 på Brandsø i Lillebælt, 1 på Fyn, 4 på Sjælland samt 2 på Lolland. Med den i cirkulæret fastsatte reservation af areal til et kernekraftværk ved Gylling Næs er der samtidig reserveret mulighed for en placering på Søgrund. Placeringen af de reserverede pladser er vist på figur 4.1-1 i afsnit 4, side 5.

Pladsreservationerne blev foretaget på baggrund af indstillinger fra en tværministeriel arbejdsgruppe, hvis redegørelse foreligger i to rapporter om placering af kernekraftværker vest og øst for Storebælt fra henholdsvis 1974 og 1978.

Forsøgsanlæg Risø har udarbejdet et materiale om befolkningsfordelingerne omkring de reserverede pladser ud til en afstand af 60 km fra hver enkelt plads. Der er i materialet taget hensyn til såvel befolkningen i Danmark, som i dele af Skåne og i Slesvig-Holsten. I dette materiale anvendes befolkningstal fra 1973-75, mens befolkningsprognosen går frem til 1992.



Figur 5.3-1. Kurvebånd og indhyllingskurver for 16 reserverede danske pladser. Pladserne Sømmer og Søgrund er indtegnet som eksempler.

Befolkningsfordelingerne omkring de reserverede danske pladser er vist på figur 5.3-1 i form af et kurvebånd omfattende de akkumulerede totale befolkningstal (i modsætning til modelpladserne, hvor befolkningstallet angives for 30<sup>o</sup>-sektorer), der forekommer ud til en bestemt afstand fra samtlige reserverede pladser. Grænserne for kurvebåndet kaldes henholdsvis øvre og nedre indhyllingskurve. Befolkningsfordelingskurverne for pladserne Sømmer og Søgrund er indtegnet som eksempler.

#### 5.4. Udenlandske bestemmelser anvendt på danske pladser

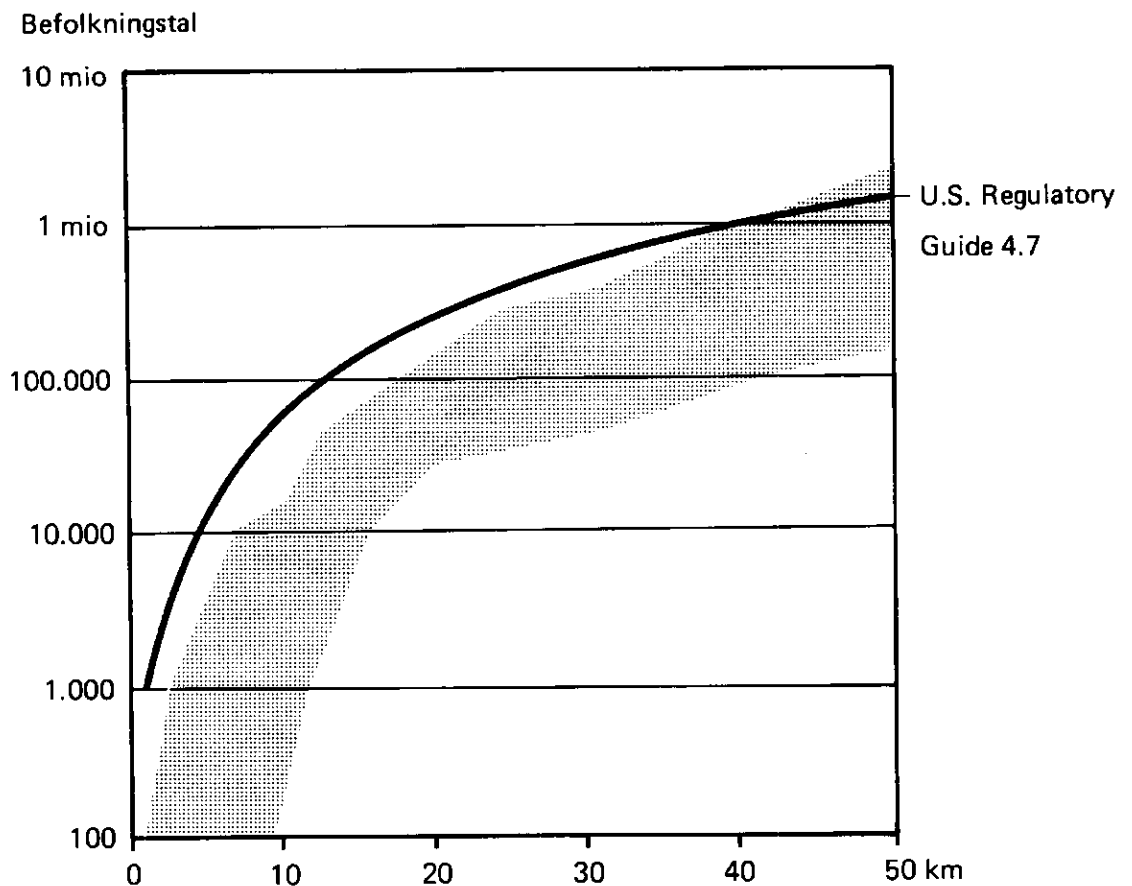
For at undersøge, hvorledes befolkningsfordelingerne omkring de reserverede danske pladser forholder sig til de før omtalte udenlandske kriterier, anvendes de udenlandske bestemmelser på øvre indhyllingskurve for dels befolkningstallet omkring pladsen, dels befolkningstallet i tættest befolkede 30<sup>o</sup>-sektorer.

### 5.4.1. Befolkningen omkring pladsen

USA  
---

Sammenligningen med de vejledende amerikanske regler fremgår af figur 5.4-1. Befolkningstallet (øvre indhyllingskurve) overholder de amerikanske regler ud til 40 km afstand.

I afstande mellem 40 og 50 km opfylder befolkningstallet (indhyllingskurven) ikke reglerne p.g.a. pladsen Sømmø.



Figur 5.4-1. Vejledende amerikanske regler for befolkningstætheder (U.S. Regulatory Guide 4.7) i relation til kurvebånd for de reserverede danske pladser.



### Storbritannien

I tabel 5.4-1 er foretaget en sammenligning med det engelske Magnox-kriterium. Øvre indhyllingskurve opfylder dette kriterium.

Afstand (km)	Akkumuleret befolkningstal	
	Magnox-kriterium	Øvre indhyllingskurve for danske pladser
2.4	3.000	1.061 ( 3 km)
8	60.000	15.399 (10 km)
16	600.000	132.502 (20 km)

Tabel 5.4-1. Magnox-kriterium anvendt på de reserverede danske pladser.

Sammenligningen med det engelske AGR-kriterium sker ved beregning af pladskararakteristikkurven for øvre indhyllingskurve ved den fremgangsmåde, der er skitseret i afsnit 5.2.2. Den danske pladskararakteristikurve tilfredsstiller den engelske grænsekurve.

### Holland

Pladsfaktoren for øvre indhyllingskurve beregnet efter hollandske regler bliver 3 550, således at det hollandske kriterium er opfyldt.

### Italien

Pladsbefolkningsfaktoren for øvre indhyllingskurve beregnet efter italienske regler bliver 7 150, således at det italienske kriterium er opfyldt.

### Vesttyskland

I tabel 5.4-2 er befolkningstallene for øvre indhyllingskurve for danske pladser sammenstillet med den vesttyske kategoriinddeling. Det ses, at alle reserverede danske pladser tilhører kategori I.

Afstand	Kategori I	Kategori II	Kategori III	Øvre indhyllingskurve for danske pladser
0 - 2	≤ 1.040	1.040 - 3.120	> 3.120	576
2 - 5	≤ 8.180	8.180 - 16.360	> 16.360	3.052
5 - 10	≤ 58.430	58.430 - 116.860	> 116.860	12.347
10 - 20	≤ 350.600	350.600 - 701.200	> 701.200	120.155

Tabel 5.4-2. Vesttysk klassificering anvendt på de reserverede danske pladser.

#### 5.4.2. Befolkningen i tættest befolkede 30<sup>o</sup>-sektor

USA

---

I USA foreligger p.t. ingen sektorkrav til befolkningsfordelingen omkring kernekraftpladser.

Storbritannien

-----

Tabel 5.4-3 viser, at alle danske pladser opfylder det engelske kriterium for Magnox-reaktorer, uanset at kriteriet gælder for 10<sup>o</sup> sektorer.

		Akkumuleret befolkningstal
Afstand (km)	Magnox-kriterium (10 <sup>o</sup> -sektor)	Øvre indhyllingskurve for danske pladser (30 <sup>o</sup> -sektor)
2.4	500	325 ( 3 km)
8	10.000	4.872 (10 km)
16	100.000	42.160 (20 km)

Tabel 5.4-3. Magnox-sektorkriterium anvendt på de reserverede danske pladser.

Sammenligning med AGR-kriteriet sektor-karakteristikkurven for øvre indhyllingskurve viser, at sektor-karakteristikkurven for danske pladser tilfredsstillende den engelske sektor-grænsekurve.

### Holland

-----

Det hollandske kriterium siger, at befolkningsfaktoren for en 45<sup>o</sup>-sektor højst må være 4 500. Beregnes faktoren for øvre 30<sup>o</sup>-indhyllingskurve fås 1 450. For en 60<sup>o</sup>-sektor omkring danske pladser vil befolkningsfaktoren udregnet ved den hollandske procedure derfor højst være 2 900. Det fremgår heraf, at de danske pladser opfylder det hollandske sektorkriterium.

### Italien

-----

Sektorbefolkningsfaktoren for øvre 30<sup>o</sup>-indhyllingskurve beregnet ved den italienske fremgangsmåde giver 4 050. Det italienske sektorkriterium er således opfyldt for danske pladser.

### Vesttyskland

-----

Det fremgår af tabel 5.4-4, at øvre 30<sup>o</sup>-indhyllingskurve for de danske pladser tilhører kategori II i intervallet 2-5 km og kategori I i intervallet 5-20 km. Det er pladsen Harboøre, der falder i kategori II i intervallet 2-5 km.

Afstand	Kategori I	Kategori II	Kategori III	Øvre indhyllingskurve for danske pladser (30 <sup>o</sup> -sekt.)
2 - 5	≤ 1.350	1.350 - 4.040	> 4.050	2.664
5 - 20	≤ 48.700	48.700 - 97.400	> 97.400	39.243

Tabel 5.4-4. Vesttysk klassificering for 30<sup>o</sup>-sektor anvendt på de reserverede danske pladser.

5.5. Befolkningsfordelinger omkring udenlandske kernekraft-  
pladser og sammenligning med befolkningsfordelingerne om-  
kring de reserverede danske pladser.

Befolkningsfordelingerne omkring konkrete pladser i Finland, Frankrig, Holland-Belgien, Italien, Japan, Spanien, Storbritannien, Sverige, USA og Vesttyskland er optegnet på figurerne 5.5-1 til 5.5-10 i form af øvre og nedre indhyllingskurve for de respektive lande. Endvidere er for hvert enkelt land indtegnet to eksempler på befolkningsfordelingskurver for forskellige pladser.

For USA's vedkommende er tallene baseret på en prognose for år 2000, mens der for Sveriges vedkommende er tale om befolkningstal fra 1970. For de øvrige lande foreligger der ikke oplysninger om opgørelsestidspunktet for befolkningsfordelingerne.

I nogle lande er de geografiske og demografiske muligheder for at placere kernekraftværker i relativt tyndt befolkede områder større end f.eks. i Tyskland og Danmark. Om disse muligheder udnyttes, beror på en afvejning mod ønsket om at placere værkerne i nærheden af de tætbefolkede områder, hvor behovet for elektricitet er størst. Hvorledes denne afvejning kommer til udtryk ved de foretagne valg af placeringer, kan illustreres med indhyllingskurverne for befolkningsfordelingerne omkring pladserne.

På samtlige figurer er til sammenligning indtegnet kurvebåndet (båndet mellem øvre og nedre indhyllingskurve) for de reserverede danske pladser.

Sammenligningen med de enkelte lande viser følgende:

- Finland (figur 5.5-1)

(Den gennemsnitlige befolkningstæthed i Finland er 14 indbyggere pr. km<sup>2</sup>. I Danmark er tallet 119 indbyggere pr. km<sup>2</sup>).

Befolkningsfordelingen for de to kernekraftværker TV0 og Loviisa udgør henholdsvis øvre og nedre indhyllingskurve. TV0 ligger midt i det danske kurvebånd, medens Loviisa i inter-

vallet fra 13-40 km ligger under nedre danske indhyllingskurve.

- Frankrig (figur 5.5-2)  
-----

(Befolkningstæthed: 98 indbyggere pr. km<sup>2</sup>). Ingen af de 8 (ultimo 1981) idriftværende franske kernekraftværker af typen PWR og BWR ligger i så tyndt befolket et område som svarende til nedre danske indhyllingskurve. Øvre franske indhyllingskurve ligger over den danske.

- Holland (Nederland)/Belgien (figur 5.5-3)  
-----

Befolkningstæthed i Holland: 344 indbyggere pr. km<sup>2</sup>

Befolkningstæthed i Belgien: 322 indbyggere pr. km<sup>2</sup>

I Holland/Belgien er befolkningstætheden næsten tre gange så stor som i Danmark. Dette forhold afspejles i befolkningsfordelingskurverne, der gennemgående ligger en del højere i Holland/Belgien end i Danmark.

- Italien (figur 5.5-4)  
-----

Befolkningstæthed: 189 indbyggere pr. km<sup>2</sup>

På afstande ud til 10-20 km er befolkningstætheden størst på de italienske pladser. Fra 20 til 50 km ligger de italienske indhyllingskurver midt i det danske kurvebånd.

- Japan (figur 5.5-5)  
-----

Befolkningstæthed: 311 indbyggere pr. km<sup>2</sup>

Oplysninger om den japanske øvre indhyllingskurve foreligger for afstandsintervallet 5-20 km. På denne strækning ligger den væsentligt over den danske. Den nedre indhyllingskurve for Japan ligger ca. midt i det danske kurvebånd.

- Spanien (figur 5.5-6)

Befolkningstæthed: 71 indbyggere pr. km<sup>2</sup>

Den spanske øvre indhyllingskurve svarer ret nøje til den danske ud til 25 km. Den spanske nedre indhyllingskurve er en del lavere end den danske fra 10 til 50 km.

- Storbritannien (figur 5.5-7)

Befolkningstæthed: 229 indbyggere pr. km<sup>2</sup>

Af de i alt 12 pladser i Storbritannien foreligger oplysninger om befolkningstallene for 6 pladser. Disse pladser ligger i tættere befolkede områder end de reservede danske pladser, bortset fra pladsen Wylfa, der udgør den nedre indhyllingskurve fra 8 til 32 km og som fra 16 km har et mindre befolkningstal end svarende til den nedre indhyllingskurve for de danske pladser.

- Sverige (figur 5.5-8)

(Befolkningstæthed: 18 indbyggere pr. km<sup>2</sup>).

Befolkningsfordelingen for Barsebäck udgør den øvre indhyllingskurve for de svenske placeringer i afstandsintervallet 7-50 km. Kurven omfatter befolkningen på den danske side af Øresund. Barsebäck-kurven er højere end den øvre danske indhyllingskurve i afstandsintervallet 17-50 km, mens den nedre svenske indhyllingskurve er lavere end den danske fra 12-50 km.

- USA (figur 5.5-9)

(Befolkningstæthed: 24 indbyggere pr. km<sup>2</sup>).

Befolkningsfordelingen omkring værkerne Indian Point, Zion og Limerick udgør den øvre indhyllingskurve. Den ligger væsentlig over den danske. Den nedre indhyllingskurve viser, at der i USA er placeret kernekraftværker i områder, der er en del tyndere befolket end områderne omkring de reservede

pladser i Danmark.

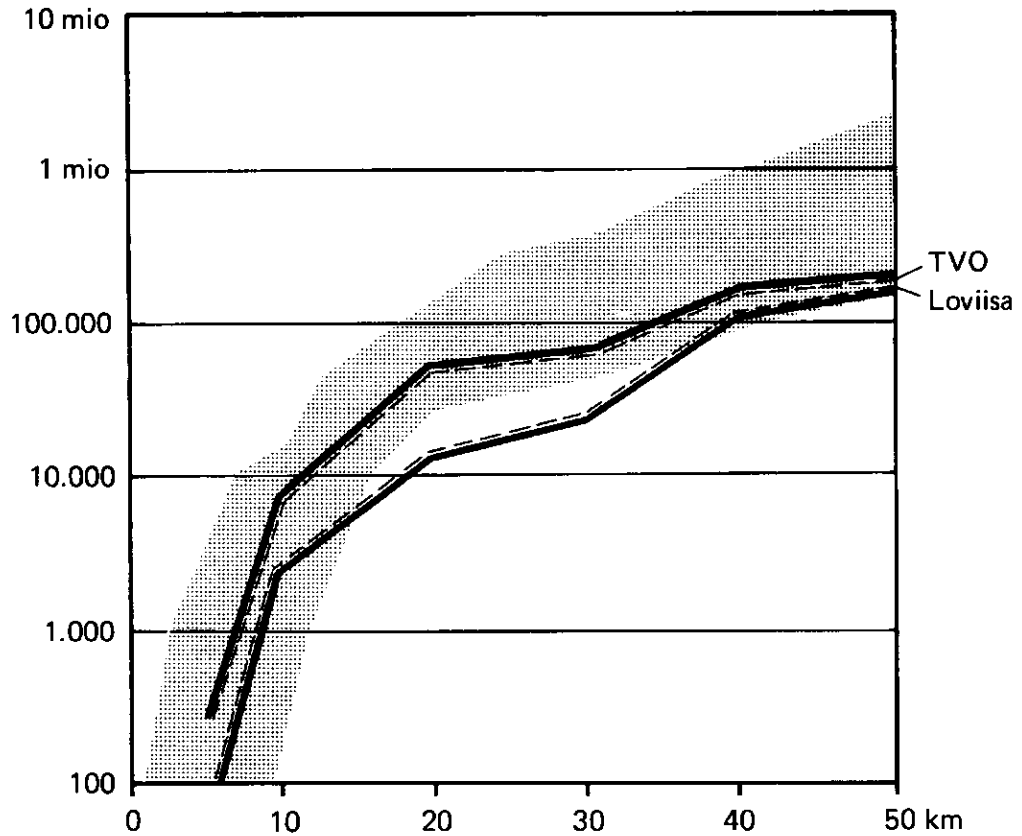
- Vesttyskland (figur 5.5-10)

(Befolkningstæthed: 248 indbyggere pr. km<sup>2</sup>).

Den øvre vesttyske indhyllingskurve ligger over kurven for Indian Point i USA ud til 40 km. Den nedre indhyllingskurve svarer næsten til den øvre danske ud til 25 km. Kernekraftpladserne i Vesttyskland er således præget af, at landet har et højt gennemsnitligt befolkningstal og få større, tyndt befolkede områder.

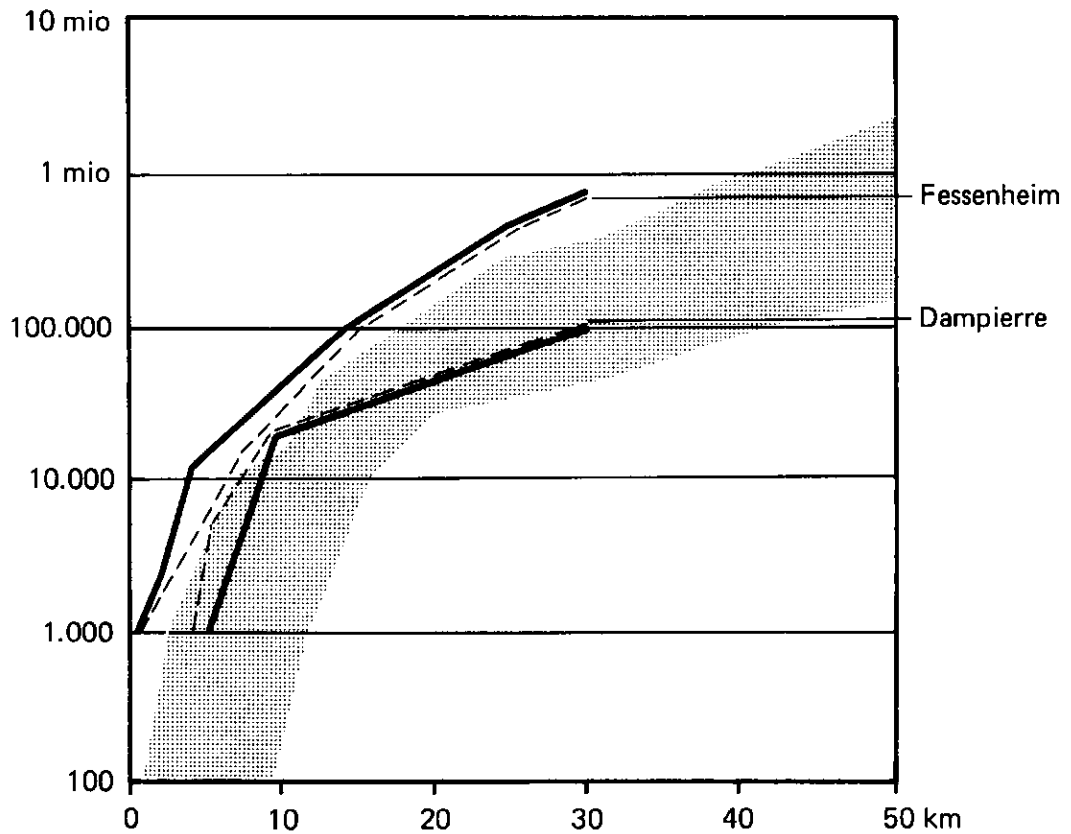
Sammenligningen viser, at de reserverede danske pladser med en enkelt undtagelse opfylder de befolkningsmæssige krav, der fremgår af udenlandske kriterier og retningslinier. Det fremgår også, at områderne omkring de reserverede danske pladser gennemgående er tyndere befolket end områderne omkring pladser i flere vesteuropæiske lande. I Spanien, Sverige, Storbritannien og USA er der store variationer med hensyn til befolkningsforholdene. Der findes således områder, der er både tættere og tyndere befolket end i Danmark. Bedømt i forhold til placeringspraksis i udlandet må de reserverede danske pladser i almindelighed betegnes som gode.

Befolkningstal



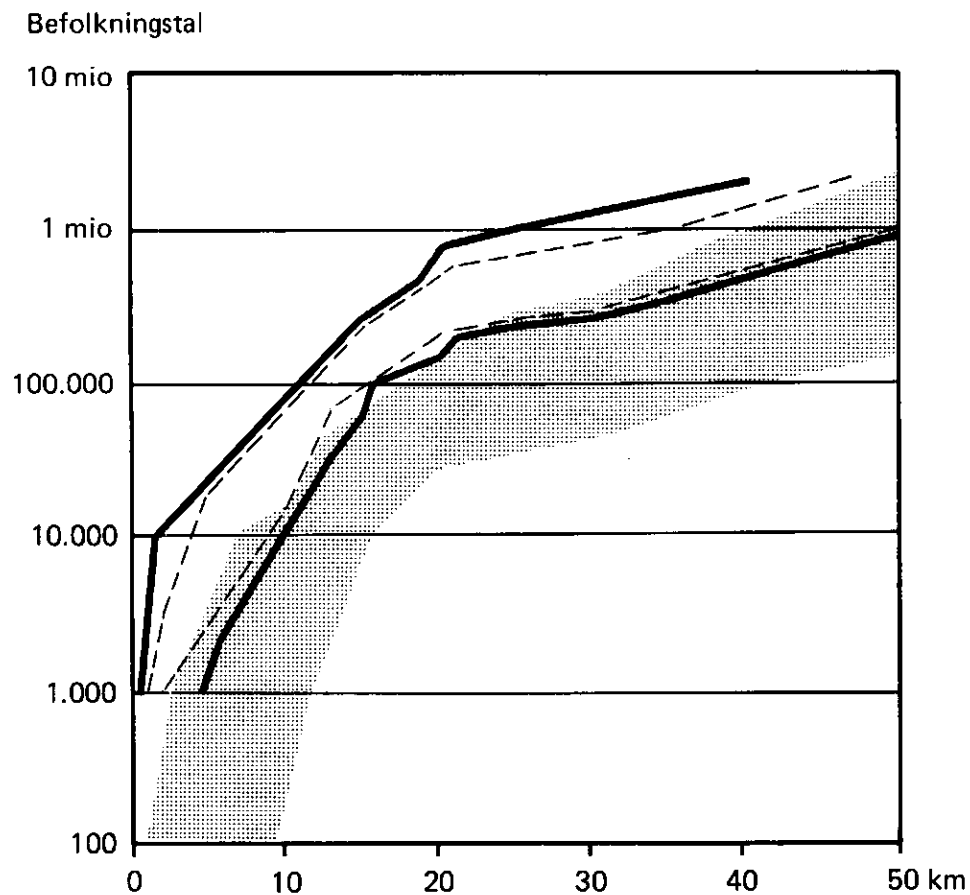
Figur 5.5-1. Befolkningsfordelingskurver for de 2 finske pladser TVO og Loviisa i relation til kurvebånd for de reserverede danske pladser.

Befolkningstal

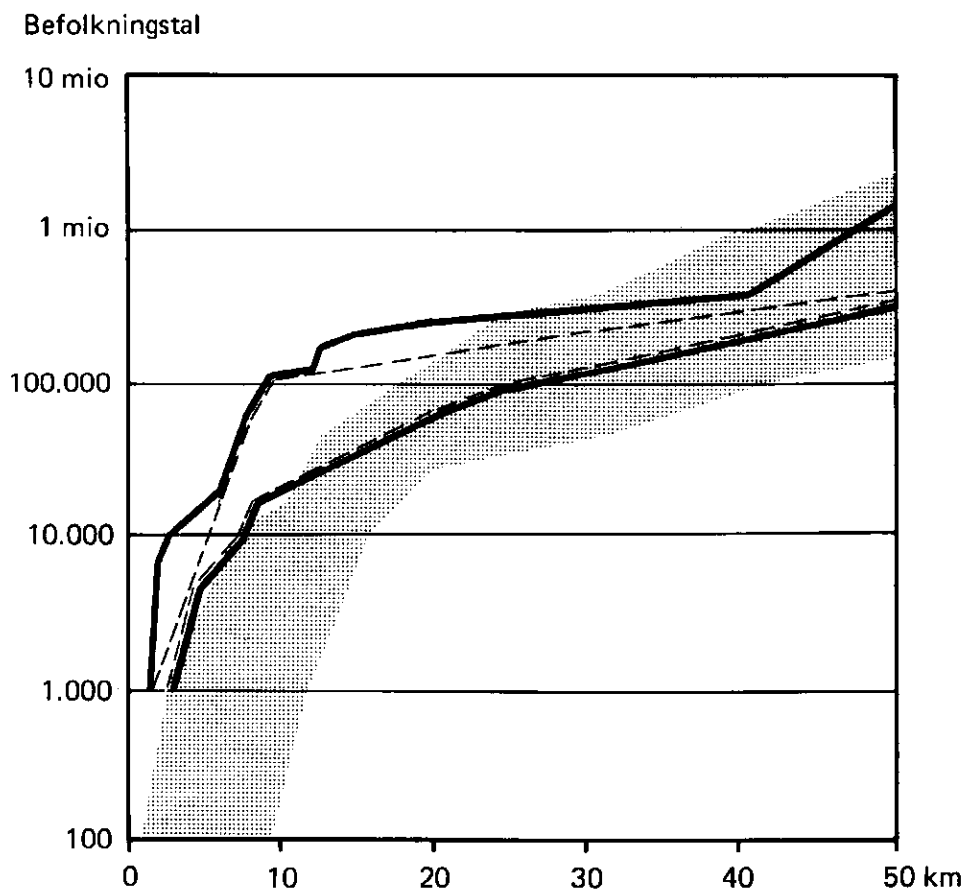


Figur 5.5-2. Indhyllingskurver for de 8 franske pladser i relation til kurvebånd for reserverede danske pladser. Pladserne Fessenheim og Dampierre er indtegnet som eksempler.

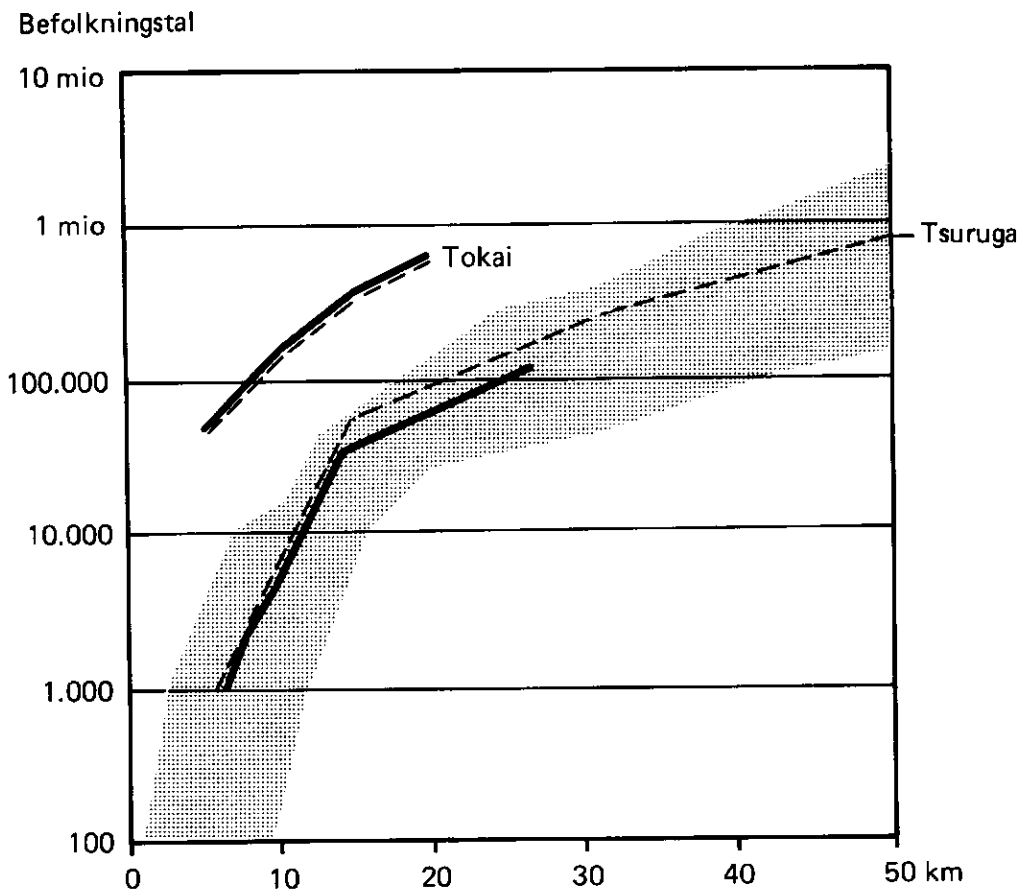




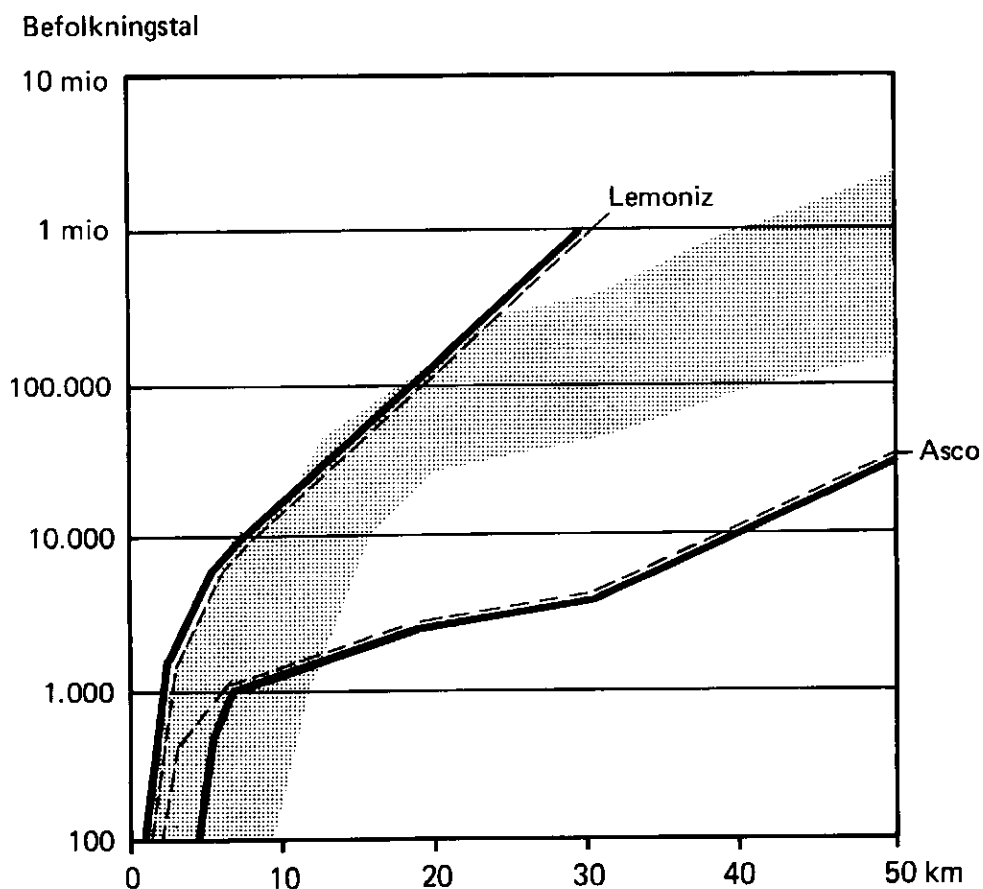
Figur 5.5-3. Indhyllingskurver for de 4 hollandsk/belgiske pladser. Kurvebånd for reserverede danske pladser.



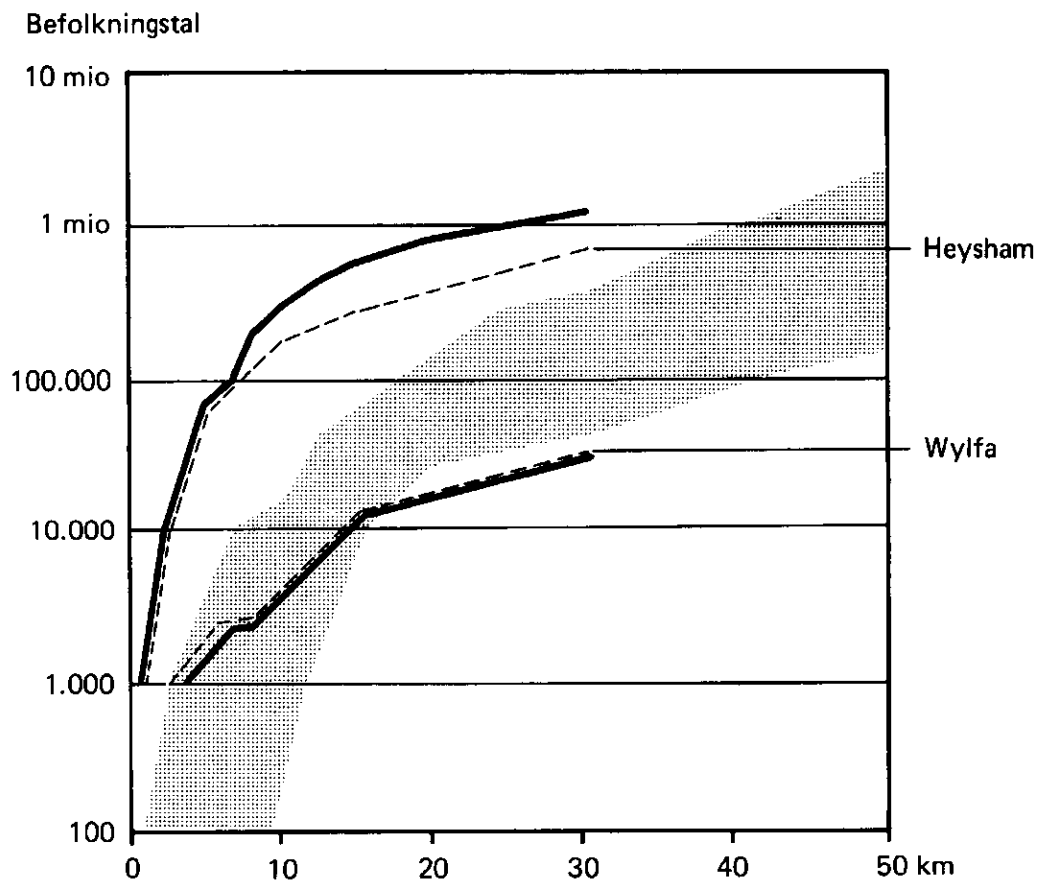
Figur 5.5-4. Indhyllingskurver for de 4 italienske pladser i relation til kurvebånd for reserverede danske pladser.



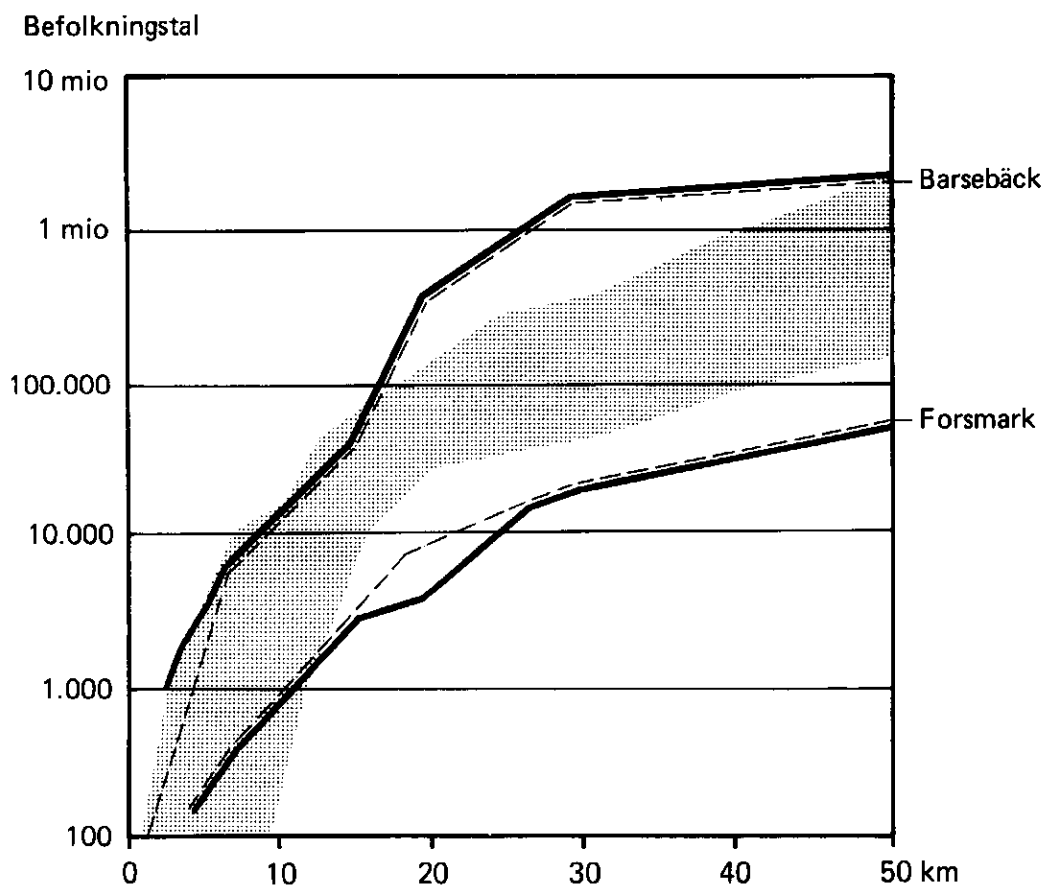
Figur 5.5-5. Indhyllingskurver for de 14 japanske pladser i relation til kurvebånd for reserverede danske pladser. Pladserne Tokai og Tsuruga er indtegnet som eksempler.



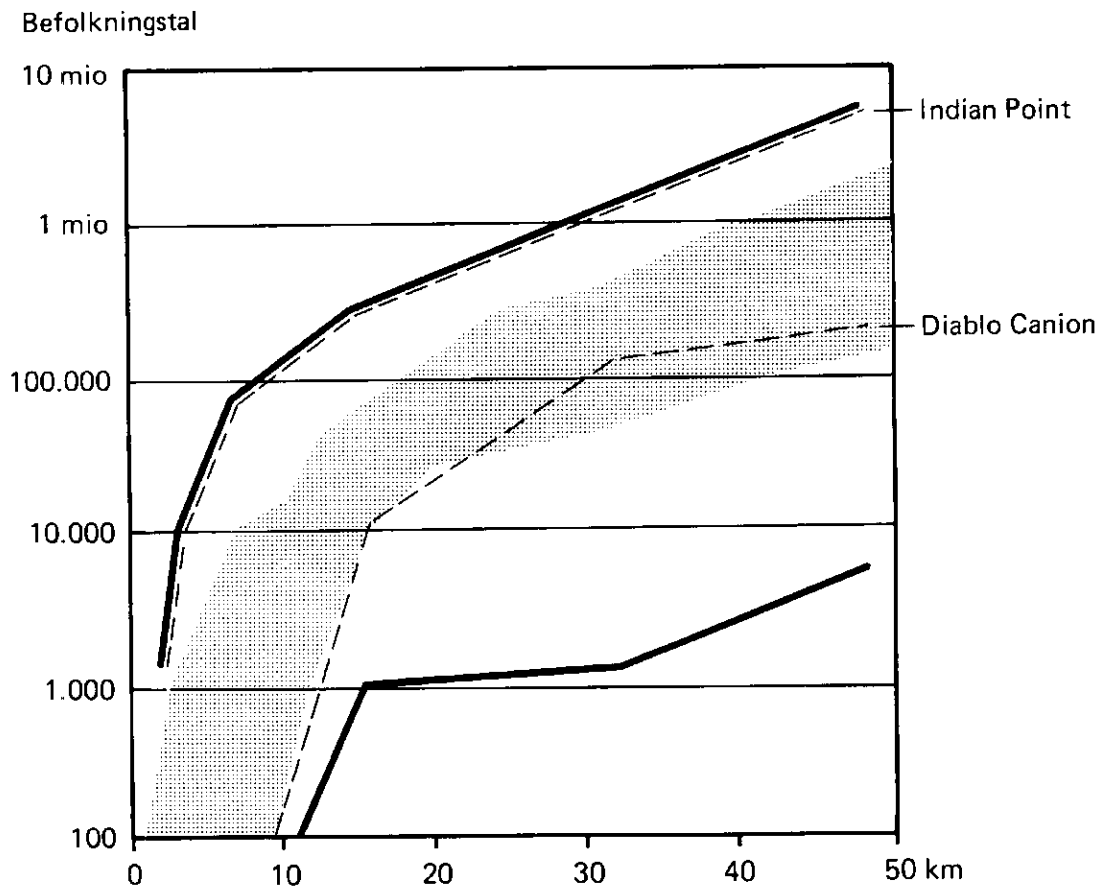
Figur 5.5-6. Indhyllingskurver for 9 af de 11 spanske pladser i relation til kurvebånd for reserverede danske pladser. Pladserne Lemoniz og Asco er indtegnet som eksempler.



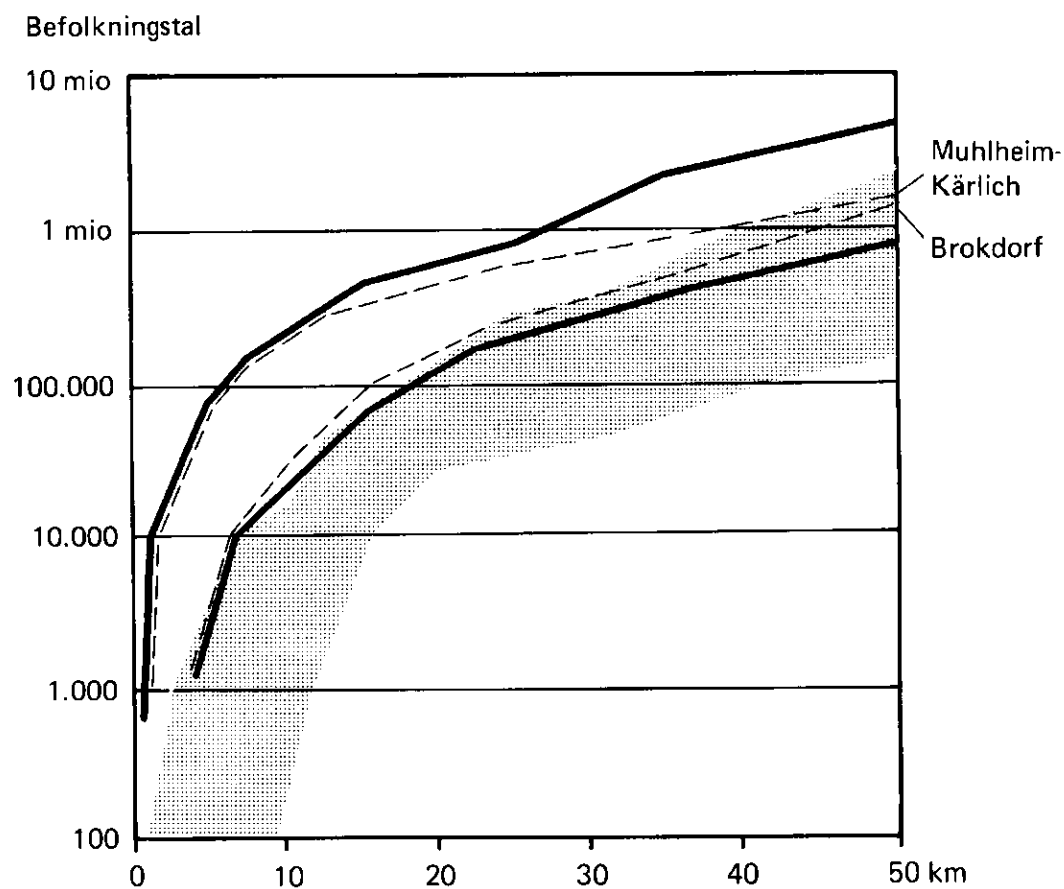
Figur 5.5-7. Indhyllingskurver for de 6 pladser i Storbritanien i relation til kurvebånd for reserverede danske pladser. Pladserne Heysham og Wylfa er indtegnet som eksempler.



Figur 5.5-8. Indhyllingskurver for de 4 svenske pladser i relation til kurvebånd for reserverede danske pladser. Pladserne Barsebäck og Forsmark er indtegnet som eksempler.



Figur 5.5-9. Indhyllingskurver for 112 amerikanske pladser i relation til kurvebånd for reserverede danske pladser. Pladserne Indian Point og Diablo Canyon er indtegnet som eksempler.



Figur 5.5-10. Indhyllingskurver for de 20 vesttyske pladser i relation til kurvebånd for reserverede danske pladser. Pladserne Mühlheim-Kärlich og Brokdorf er indtegnet som eksempler.

## 6. OVERVEJELSER OM BEFOLKNINGSMÆSSIGE PLACERINGSKRITERIER

Arbejdsgruppen har derfor overvejet muligheder og behov for udarbejdelse af forslag til kriterier for tilladelige befolknings-tætheder og mindste afstand til større bysamfund omkring eventuelle kernekraftværker i Danmark.

I afsnit 5 er der redegjort for de befolkningsmæssige placeringsprincipper i Holland, Italien, Storbritannien, USA og Vesttyskland. Et fælles træk ved udviklingen i disse lande har været, at beslutningen om opførelse af kernekraftværker blev truffet forud for udarbejdelsen af befolkningsmæssige retningslinier eller kriterier for placering af værkerne. Udgangspunktet herfor har derfor været de eksisterende befolkningsforhold omkring de placeringsmuligheder, der har kunnet opfylde de kraftværks-tekniske og økonomiske betingelser. Princippet ved udvælgelsen af pladser har herefter været at vælge de i befolkningsmæssige henseende bedst egnede, d.v.s. de pladser, hvor de sundhedsmæssige skader af radioaktive udslip ville blive mindst. Kernekraftværkerne er herefter udformet i overensstemmelse med sådanne sikkerhedskrav, som er fundet nødvendige af hensyn til befolkningens sikkerhed.

Opstilling og anvendelse af placeringskriterier efter "bedst egnethedsprincippet" kan betragtes som en rationalisering af proceduren for udvælgelse og godkendelse af pladser til kernekraftværker i de pågældende lande. I lande som Holland, Italien og Storbritannien har denne fremgangsmåde ført til fastsættelse af talmæssige befolkningskriterier. Der foreligger ikke tilgængelige oplysninger om forudsætningerne for de enkelte landes specifikke kriteriesæt. Skønt alle kriteriesæt generelt udspringer fra "bedst egnetheds"-princippet, så afspejler de samtidigt på forskellig vis nationale placeringsforudsætninger og aktuelle kernekraftprogrammer.

I USA har de amerikanske sikkerhedsmyndigheder (NRC) fremsat forslag til en målsætning for sikkerhedsniveauet ved anvendelse af kernekraftværker. Denne målsætning er formuleret som "Safety

Goals" (sikkerhedsmål), der udtrykker den "kernekræftrisiko", som NRC anser bør være acceptabel for befolkningen i forhold til de risici, levevilkårene i øvrigt frembyder for den enkelte medborger og for samfundet som helhed, og i forhold til kernekraftens samfundsmæssige nytte.

"Safety Goals" indeholder bl.a. følgende 2 målsætninger for konstruktionen af kernekraftanlæg:

- Risikoen for en person i nærheden af et kernekraftanlæg (inden for 1 mile eller 1,6 km) med hensyn til pludselig død som følge af en reaktorulykke må ikke overstige en promille af den samlede risiko for pludselig død, som personer i den amerikanske befolkning i almindelighed er udsat for.
- Risikoen for befolkningen omkring et kernekraftanlæg (inden for 50 miles eller 80 km) med hensyn til (sene) kræftdødsfald, som kunne skyldes driften af anlægget, må ikke overstige en tiendedel procent af den samlede risiko for kræftdødsfald, alle andre kræftårsager taget i betragtning.

I forbindelse med offentliggørelsen af "Safety Goals" har NRC udtalt, at de foreløbig skal underkastes vurdering i en 2-årig periode, og at de ikke i den periode vil blive anvendt i forbindelse med godkendelse af anlæg eller fortolket sådan, at det er et krav til ansøgere, at der skal gennemføres risikoanalyser baseret på sandsynlighedsberegninger.

NRC udtaler endvidere, at beskyttelsen af den offentlige sundhed og sikkerhed i overensstemmelse med NRC's gældende regler kræver konservatisme i udformningen, bygningen, afprøvningen drift og vedligeholdelsen af kernekraftanlæg. "Defence-in-depth"- (forsvar i dybden-) princippet skal anvendes for at forebygge haverier og mindske deres konsekvenser, og der skal lægges vægt på placering i mindre tæt befolkede områder.

Forslaget om Safety Goals skal i øvrigt ses i sammenhæng med igangværende overvejelser om, hvor store udslip af radioaktivt materiale som følge af forskellige typer af reaktorhaverier, der skal lægges til grund for sikkerhedsmæssige beregninger i for-

bindelse med godkendelsesprocedurerne samt med fornyede overvejelser om placeringsforholdene.

Det er arbejdsgruppens opfattelse, at befolkningsmæssige kriterier for placering af kernekraftværker i Danmark må forudsætte, at der er formuleret en målsætning for sikkerhedsniveauet ved anvendelse af kernekraft i lighed med de foran omtalte amerikanske "Safety Goals". Arbejdsgruppen har dog ikke set det som sin opgave at fremkomme med forslag til sådanne sikkerhedsmål for danske forhold.

Hertil kommer, at befolkningsmæssige placeringskriterier først og fremmest har interesse i lande, hvis elforsyningsplaner omfatter et større antal kernekraftværker. Placeringskriterier vil her give et ensartet bedømmelsesgrundlag ved udvælgelse og godkendelse af pladser. For Danmark, hvor der kun kan blive tale om ganske få pladser, synes det mindre relevant at opstille placeringskriterier. Hver enkelt plads kan lige så godt vurderes for sig, eventuelt direkte på basis af et alment accepteret sikkerhedsniveau.

I overensstemmelse med ovenstående overvejelser har arbejdsgruppen ikke fundet rimeligt grundlag for at fremsætte forslag om kriterier for tilladelige befolkningstætheder og mindste afstande til større byer.





## 7. DE HİDTİDİGE DANSKE OVERVEJELSER OM PLACERING AF KERNEKRAFTVÆRKER OG RESERVATION AF PLADSER HERTIL.

Ved miljøministeriets cirkulære af 30. maj 1976 blev der reserveret arealer til eventuelle kernekraftværker vest for Store Bælt. Dette cirkulære er afløst af miljøministeriets cirkulære af 6. august 1980, der omfatter arealreservationer til kernekraftværker både vest og øst for Store Bælt.

Reservationerne er sket på baggrund af de to redegørelser, den af miljøministeriet nedsatte arbejdsgruppe (Rud Nielsen-udvalget) vedrørende lokalisering af kernekraftværker udarbejdede i 1974 og 1978.

### 7.1. Redegørelserne fra 1974 og 1978

I 1972 blev der nedsat en arbejdsgruppe til behandling af de placeringsmæssige spørgsmål i forbindelse med etablering af atomkraftværker.

Af arbejdsgruppens kommissorium fremgår, at gruppen havde til opgave "at fremkomme med et eller flere forslag til placeringen af de nødvendige atomkraftanlæg, blandt andet ud fra foreliggende forslag og synspunkter og under hensyn til andre foreliggende arealinteresser, og at fremkomme med forslag til, hvorledes de nødvendige arealer sikres, herunder hvilke retningslinier eller direktiver dette indebærer over for de lokale myndigheder, samt hvilken anden lovgivning, der eventuelt er nødvendig".

Kravet om adgang til kølevand medførte, at der i alle tilfælde er peget på kystplaceringer.

Gruppen overvejede muligheden for at placere kernekraftværker på øer, men der var tvivl om det hensigtsmæssige ved en ø-placering, blandt andet på baggrund af forsyningsmæssige betænkeligheder, beredskabsvanskeligheder og merudgifter ved en sådan placering. Man medtog dog Brandsø for ikke at udelukke denne mu-

lighed.

I gruppens overvejelser indgik dels en række tekniske og planlægningsmæssige betragtninger over befolkningens stråleudsættelse og deres betydning for kernekraftværkers geografiske placering og arealreservationer omkring disse. Men gruppen gjorde sig derudover overvejelser omkring miljøbeskyttelse - koncentreret omkring problemer i forbindelse med udledning af kølevand - naturfredning og rekreation, anvendelse af overskudsvarme, elproduktion, relationer til lands- og regionsplanlægningen m.v.

Gruppen har i redegørelsen fra 1974 fremhævet, at man har sat sig som mål at foreslå sikring (reservation) af flere pladser, end det man forventes at kunne få brug for indtil år 2000.

Det er forudsat, at de foreslåede reservationer ophæves i det omfang, fremtidige undersøgelser skulle vise, at en udpeget plads teknisk er uegnet.

Udpegningen af arealer er sket efter udelukkelsesmetoden, idet antallet af undersøgte pladser langt har oversteget de nu 16 reserverede pladser. Kriteriet for udpegningen har været en samlet vurdering af de nævnte overvejelser, sat i relation til hver enkelt plads.

Gruppens forslag til placeringsmuligheder for eventuelle kernekraftværker har som baggrund haft en lang række hensyn af teknisk, areal-, miljø- og sundhedsmæssig karakter, men udpegningen af de enkelte pladser har i betydeligt omfang beroet på en skønsmæssig samlet vurdering af alle tagne hensyn.

Nedenfor redegøres nærmere for gruppens overvejelser, væsentligst bygget på 1974-redegørelsen:

#### Tekniske og planmæssige forudsætninger

Det blev forudsat, at Elsams hidtidige vurdering af udviklingen i elforbruget - en stigning på 10% om året - kunne betragtes som en overgrænse for den sandsynlige udvikling.

På denne baggrund arbejdede gruppen udfra en hypotese om, at der omkring år 2000 ville være behov for op til 4 á 5 pladser til kernekraftværker med en samlet effekt på højst 15.000 MW.

Udover egnede vejforbindelser blev det fundet nødvendigt at have et havneanlæg med mindst 6 meters dybde og ca. 100 meter kajplads indenfor en rimelig afstand fra atomkraftværket såvel af hensyn til det store transportbehov som til transporten af affaldsprodukter.

#### Sundhedsmæssige betragtninger

-----

Gruppen fastslog, at det har været dens opgave at fremkomme med forslag til arealsikringer, men ikke at foretage den sikkerhedsmæssige bedømmelse af placeringen af et konkret kernekraftanlæg.

Man fandt det væsentligt dels at foretage en relativ vurdering af de foreslåede pladsers egnethed, dels at besvare spørgsmålet om, hvor store arealer omkring et kernekraftværk, der bør belægges med særlige bebyggelsesmæssige restriktioner.

Vedrørende det første spørgsmål tog gruppen udgangspunkt i index-størrelser, som giver et udtryk for den statistiske sundhedsrisiko. Ved beregningen af index-tallene blev der taget hensyn til den mulige befolkningstilvækst frem til 1985.

Vedrørende det andet spørgsmål, vurderingen af restriktionernes udstrækning og karakter, gik man blandt andet ud fra, at i en havarisituation ville det betydende udslip fra et kernekraftværk ofte overvejende bestå af jod-131. Gruppen udtalte, at når dosisreducerende foranstaltninger (indendørs ophold, indtag af jodtabletter m.m.) indgår i beredskabet for situationer, hvor der sker en total ødelæggelse af reaktorkernen, men hvor den beskyttende reaktorindeslutning bevares, vil der selv i området fra atomkraftværkets umiddelbare nærhed og ud til en afstand af 2-3 km være tilstrækkelig tid til at gennemføre en evakuering. Der henvises endvidere til, at den teknisk beregnede sandsynlighed for et havari, der kan nødvendiggøre evakuering, var angivet til at være  $10^{-4}$  -  $10^{-5}$  pr. år pr. reaktor. Under forudsætning af, at kernekraftværker placeres i områder, hvor

der kun bor relativt få mennesker, fandt gruppen det tilrådeligt, at der i en inderzone med radius 2-3 km kun tillades sådan yderligere bebyggelse, som måtte være erhvervsmæssigt nødvendig for allerede eksisterende landbrug og fiskeri, eller som er uundgåelig i forbindelse med selve kraftværkets drift.

Endvidere tilrådes det som en yderligere sikkerhedsforanstaltning, at det i en yderzone med radius på indtil 10 km fra værket tilstræbes, at bebyggelsen ikke ændrer karakter i retning af større bymæssige bebyggelser, og at etableringen af institutioner, som vanskeligt kunne evakueres, blev undgået.

Efter afgivelsen af den første redegørelse i 1974 for det vestlige elforsyningsområde fremkom der undersøgelser, som viste, at man ved ekstreme ulykkesituationer ikke kunne udelukke muligheden af akutte sygdomstegn og dødsfald på større afstand end 10 km, og gruppen overvejede derfor inden færdiggørelsen af den anden redegørelse, hvorvidt dette måtte give anledning til en ændring af den foreslåede 10 km grænse for reservationer. Blandt andet under henvisning til, at formålet med gruppens virksomhed var at foreslå arealreservationer ud fra overordnede, nationale planlægningsmæssige hensyn, fandt gruppen imidlertid ikke, at der var anledning til at ændre denne grænse for bebyggelsesmæssige restriktioner.

Miljøbeskyttelse (problemer i forbindelse med udledning af kølevand)

-----

Udledning af kølevand fra danske kraftværker havde indtil da kun påkaldt sig få og spredte undersøgelser. Disse undersøgelser gav ikke mulighed for en rimelig sikker bedømmelse af påvirkninger ved udledning af kølevand fra et fuldt udbygget 3000 MW kraftværk. Den vurdering, Rud Nielsen-udvalget foretog, skete på basis af almen teoretisk viden og udenlandske undersøgelser, som ikke med sikkerhed kunne overføres til danske forhold.

Gruppen konkluderede på det foreliggende grundlag, at udledning af kølevand har en lang række ændringer i vandets fysisk/kemiske parametre til følge og dermed indvirker på de biologiske forhold

i de berørte vandområder. Man fandt det ikke muligt på daværende tidspunkt med rimelig nøjagtighed at fastslå ændringernes størrelse som en funktion af temperaturstigningen, men man opstillede en række kriterier, som alt andet lige vil betyde en formindskelse af konsekvenserne af udledningen af kølevand.

Udledningen kan derfor mest hensigtsmæssigt finde sted, hvor der er:

- Tilstrækkelig stor vanddybde
- Gode opblandings- og transportforhold
- Lav forureningsgrad i øvrigt
- Mindst mulig kontakt mellem kølevand og bund.

Ovennævnte hensyn indgik i gruppens relative bedømmelse af placeringsmulighederne.

#### Anvendelse af overskudsvarme

Ud fra et energipolitisk synspunkt fandt gruppen det i 1974 overordentlig ønskeligt, at overskudsvarmen blev anvendt til fjernvarme og i industrielle processer eller i fiskedamme, gartnerier m.v.

#### Naturfredning og rekreation

Fra et fredningsmæssigt synspunkt fremhæves det i rapporten, at bestræbelserne primært er gået ud på at bidrage til udpegning af områder, hvor de naturfredningsmæssige interesser er mindst, samt placere kernekraftværkerne således i forhold til eksisterende belastningscentre og det overordnede højspændingsnet, at en udbygning af nettet bliver så lidt dominerende i landskabet som muligt.

#### Relationen til lands- og regionplanlægning

Sikkerhedshensyn taler for, at værkerne ikke placeres i umiddelbar nærhed af tætbefolkede områder.

Til grund for vurderingen af byudviklingen i de udpegede områder blev der foretaget en nøje gennemgang af udlagte byzoner og som-

merhusområder suppleret med fremskrivningen af kommunernes befolkningstal frem til 1985.

Gruppen understregede, at placering af kernekraftværker måtte ske udefra en samlet vurdering, hvori skulle indgå forholdet til eksisterende og kommende bebyggelse og anden areal- og ressourceanvendelse, og man pegede på, at der med lands- og regionplanloven var skabt grundlag for en sammenfattende planlægning.

#### Regionale synspunkter

Gruppen fremkom med en vurdering af, hvilke regionale påvirkninger opførelsen af et kernekraftværk kunne medføre og pegede i den forbindelse på, at det måtte tilstræbes at koncentrere den befolkningstilvækst, der vil være en naturlig konsekvens af opførelse og drift af et kernekraftværk, i en enkelt ikke for lille by, eventuelt ved udbygning af det lokalcenter, der lå nærmest værket.

Redegørelsen af maj 1978 om placeringsmuligheder for kernekraftværker øst for Store Bælt har yderligere overvejelser omkring:

#### Placeringer af kernekraftværker i forhold til flyvepladser og luftkorridorer

Overvejelserne støttede sig på "Vejledende retningslinier for sikring af atomkraftværker mod risikoen for flystyrt og følgerne af sådanne eventuelle styrt", som miljøstyrelsen, Tilsynet med Nukleare Anlæg, havde udarbejdet efter 1974.

#### Anvendelsen af overskudsvarme

Arbejdsgruppen har i 1978 i vurderingen af de enkelte pladser inddraget deres afstand fra de store byområder, der kan aftage fjernvarme. Begrundelsen herfor var, at der i handelsministeriets redegørelse til folketinget af maj 1976 "Dansk Energipolitik 1976" var forudsat øgede fjernvarmeleverancer fra kraftværkerne på længere sigt.

## 7.2. Cirkulære om reservation af arealer til atomkraftværker i Danmark

I redegørelsen fra maj 1978 blev det indstillet, at 6 arealer øst for Store Bælt blev reserveret til opførelse af atomkraftværker, samt at der administrativt blev gennemført særlige restriktioner i byggeriet m.v. indenfor 10 km afstand fra de foreslåede placeringer. Reservationerne foresloges gennemført som led i landsplanmæssige overvejelser med henblik på den mulighed, at der på et senere tidspunkt bliver truffet beslutning om opførelse af atomkraftværker på de pågældende arealer. Hensigten med reservationerne er således at undgå, at der i tiden indtil eventuelle beslutninger om placeringer af atomkraftværker træffes, finder præjudicerende bebyggelse sted i reservationsområderne.

I overensstemmelse hermed udsendte miljøministeriet den 6. august 1980 et cirkulære om reservation af arealer til atomkraftværker i Danmark. Cirkulæret reserverede 6 pladser øst for Store Bælt, hvoraf 2 ligger i Sydsjælland, mens 2 ligger på Lolland og endelig 2 ved henholdsvis Store Bælt og Isefjorden. Ved miljøministeriets cirkulære af 30. maj 1976 var der i forvejen reserveret 9 arealer omfattende 10 pladser vest for Store Bælt, idet Gylling Næs-reservationen omfatter såvel en landplacering som en placering ud for kysten, Søgrund.

Reservationsområderne omkring de eventuelle atomkraftværker deles i 2 zoner. Den første omfatter området inden for 3 km fra den forventede placering af reaktoranlæggene (zone I) og den anden omfatter området mellem 3 km og 10 km fra reaktoranlæggene (zone II). Zone I's udstrækning, der er fastlagt under hensyntagen til, at reaktoranlæggenes nøjagtige placering først fastsættes i en eventuel opførelsesfase, fremgår for de enkelte pladser vedkommende af detaljerede kort, der er udsendt af planstyrelsen.

Reservationerne er ikke udtryk for en endelig vurdering af, om pladserne opfylder alle sikkerhedsmæssige, miljømæssige og planlægningsmæssige krav. En sådan vurdering sker i følge atomanlægsloven af 1976 først ved folketingets godkendelse af pladser-

ne. Arealreservationerne har alene til formål at sikre et rimeligt antal valgmuligheder.

Af 1980-cirkulæret fremgår, at samtlige arealreservationer vil kunne tages op til overvejelser i lyset af placeringsundersøgelsen med henblik på en vurdering af, om alle reservationer bør opretholdes.



## 8. BEDØMMELSE AF DE I DANMARK RESERVEREDE PLADSER

I afsnit 5 er der gjort rede for befolkningsmæssige bestemmelser og praksis for placering af kernekraftværker i udlandet. De udenlandske bestemmelser er endvidere anvendt på de reserverede danske pladser, ligesom der er draget sammenligning mellem de befolkningsmæssige forhold.

I afsnit 4 er der foretaget en sammenligning af 2 modelpladser befolkningsforhold ved hjælp af beregnede kollektivdoser og overvejelser om de beredskabsmæssige forhold.

I nærværende afsnit bedømmes den relative egnethed af befolkningsforholdene omkring de reserverede danske pladser. Bedømmelsen baserer sig på kollektivdosisberegninger og beredskabsmæssige overvejelser, jf. afsnit 3, hvor bedømmelsesforudsætningerne er nærmere omtalt. Der er anvendt de samme beregningsmæssige forudsætninger ved beregningerne af kollektivdoser for de reserverede pladser og de 2 modelpladser.

I afsnit 8.2 er der foretaget en sammenfattende bedømmelse af de 16 reserverede danske pladser.

### 8.1. Pladsernes relative egnethed

Der er foretaget en sammenlignende bedømmelse af de reserverede pladser i Danmark på grundlag af kollektivdosis beregnet for et repræsentativt radioaktivt udslip (PWR-4). Det bemærkes, at beregningerne omfatter i alt 16 pladser, idet pladsen Søgrund i Kattegat få km fra pladsen Gylling Næs er medregnet selvstændigt, selv om den er omfattet af arealreservationen for denne plads.

En nødvendig forudsætning for at kunne anvende kollektivdosis til sammenligning af pladser er, at der er taget stilling til den afstand, hvortil man vil beregne dosis.

Som omtalt i afsnit 3.2 gælder det generelt, at enkeltpersondosis fra et givet udslip - og dermed den sundhedsmæssige risiko - falder stærkt med afstanden fra udslipspunktet (værket). Ved overvejelser om strålingsbeskyttelse går man imidlertid ud fra, at der selv ved meget små doser er en vis risiko for sene stråleskader. Der kan derfor principielt ikke angives en afstand, uden for hvilken man kan regne med, at der ikke vil kunne forekomme sådanne skader.

Ved modelberegningerne, afsnit 4, blev det valgt at anvende afstanden 50 km, bl.a. fordi det skønnedes, at en større afstand ikke på afgørende måde ville ændre forholdene mellem kollektivdoserne for mulige danske pladser.

De foretagne beregninger af kollektivdosis for de 16 reserverede pladser belyser dette forhold yderligere, idet der er gennemført dosisberegninger for afstandene 10 km, 20 km, 30 km, 40 km, 50 km og 60 km. For hver afstand er kollektivdosis beregnet for den af kompasrosens 12 30<sup>0</sup>-sektorer, der giver den største dosis. Resultaterne af de foretagne beregninger er vist i tabel 8.1-1.

Anvendelsen af faste 30<sup>0</sup>-sektorer kan medføre en vis afvigelse fra den maksimalt opnåelige kollektivdosis for et 30<sup>0</sup>-udsnit i det tilfælde, hvor en by deles af en sektorgrænse.

En væsentlig del af forskellen mellem de nært ved hinanden beliggende pladser Gylling Næs og Søgrund er et eksempel herpå.

Den forskydning i beregningsresultaterne som dette forhold kan bevirke, kan dog ikke overstige en faktor 2.

Det fremgår af tabellen, at kollektivdosis for omtrent halvdelen af pladserne (Ørby Hage, Jørl Hage, Katholm, Harboøre, Rødby, Tårs og Klinteby) kun ændrer sig lidt for beregningsafstande større end 30 km. Forøgelse af afstanden fra 50 km til 60 km viser små eller ingen ændringer for alle pladser med undtagelse af Stevns-pladsen. For denne plads stiger kollektivdosis med over 50%, fordi hele Københavnsområdet ligger inden for 60 km fra pladsen.

Plads	Største kollektivdosis (personSv) i 30 <sup>0</sup> -sektorer ud til					
	10 km	20 km	30 km	40 km	50 km	60 km
Ørby Hage 1	259 150	1224 240	1287 240	1327 240	1347 240	1395 240
Jørl Hage 2	247 240	1615 240	1697 240	1739 240	1758 240	1807 240
Brandsø 3	8 120	384 120	1175 360	1311 360	1474 360	1610 360
As Hoved 4	789 210	964 300	1097 300	1179 210	1637 150	1803 150
Gylling Næs 5	267 330	405 360	1433 270	2992 360	3385 360	3460 360
Søgrund 6	236 360	519 330	1367 270	1751 360	2165 360	2231 360
Katholm 7	312 300	874 360	895 360	895 360	909 240	1143 240
Søramark 8	323 30	329 210	681 360	2058 240	2232 240	2274 240
Harboøre 9	806 360	813 360	813 360	813 360	813 360	813 360
Bøsøre 10	357 270	738 360	808 210	1013 300	1139 300	1208 300
Sømmer 11	538 90	1281 210	1522 90	2921 90	3978 90	3978 90
Stevns 12	468 60	567 270	1433 330	1695 330	2177 360	3406 360
Rødby 13	303 330	444 330	549 330	640 330	649 330	649 330
Tårs 14	233 150	958 150	1004 150	1073 150	1074 150	1074 150
Klinteby 15	558 90	2244 60	2456 60	2513 60	2668 60	2676 60
Mullerup 16	696 30	1056 120	1105 120	1151 120	1456 120	1502 120
Gennemsnit ca.						2000

Tabel 8.1-1. Største kollektivdosis (person Sv) i 30<sup>0</sup>-sektorer ud til forskellige afstande fra de reserverede danske pladser. I gennemsnitsangivelsen nederst er Gylling Næs og Søgrund regnet ens, således at kollektivdosis for Gylling Næs er anvendt. (Nederste tal i kolonnerne angiver sektorretningen).

Der er ikke foretaget dosisberegninger for større afstande end 60 km, da det på grundlag af ovenstående kan antages, at sådanne beregninger kun ville vise mindre væsentlige forskydninger i forholdet mellem de enkelte pladsers kollektivdoser beregnet for afstanden 60 km. Dette gælder også Stevns-pladsen.

I afsnit 3.2 er det nævnt, at kollektivdosis i første række er et udtryk for den samlede (kollektive) risiko for den berørte befolkning, hvorimod den personlige risiko kommer mindre klart til udtryk.

Dette gælder i særlig grad, når kollektivdosis beregnes for et område, hvor der bliver tale om store variationer, når det gælder dosis til enkeltpersoner eller kollektivdosis til delgrupper af den samlede befolkning i området. Den her gennemførte sammenligning af de reserverede pladser på basis af de beregnede kollektivdoser ud til 60 km fra pladsen må ses på den baggrund.

Ved sammenligningen er der ud fra sandsynlighedsmæssige overvejelser taget hensyn til, at vindretningshyppigheden ikke er den samme for alle sektorretninger. De omtrentlige vindretningshyppigheder fremgår af tabel 8.1.2.

Medvindsretning (30°-sektor)	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°	360°
Vindhyppighed i % af tiden	11	12	13	9	7	4	5	6	7	8	8	7

Tabel 8.1-2. Omtrentlige vindretningshyppigheder for hele landet. Da der ikke foreligger oplysninger om vindretningshyppigheden for de enkelte pladser, er der anvendt gennemsnitlige hyppigheder for hele landet efter oplysninger fra Meteorologisk Institut.

Det viser sig, at vægtningsfaktoren for 13 af de 16 pladser ligger mellem 0,5 og 0,6. Kun for 2 pladser er der større afvigelser herfra, nemlig for Sømmer og Klinteby med vægtningsfaktorer på henholdsvis 1,0 og 0,9. Disse større faktorer skyldes, at den 30°-sektor, der giver størst kollektivdosis, ligger i den mest hyppige medvindsretning fra pladserne.

Af tabel 8.1-1 fremgår, at pladsen Sømmer har den største kol-

lektivdosis (ca. 2 gange gennemsnittet) ud til 60 km. Gylling Næs (Søgrund) og Stevns kommer begge på anden pladsen og Klinteby har den tredje største kollektivdosis (ca. 1,5 gange gennemsnittet). Bybefolkningerne i Århusområdet (30-40 km fra Gylling Næs/Søgrund), Københavnsområdet (40-60 km fra Stevns) og Næstved (10-15 km fra Klinteby) bidrager væsentligt til kollektivdosis for de pågældende pladser.

Ved korrektion for vindretningshyppighed bliver pladsen Sømer den dårligste (ca. 4 gange gennemsnittet), Klinteby bliver næstdårligst (ca. 2 gange gennemsnittet), medens Gylling Næs/Søgrund og Stevns-pladserne følger derefter.

De 3 pladser, der i følge tabel 8.1-1 har de laveste kollektivdoser ud til 60 km, er Harboøre, Rødby og Taars. Dette gælder også efter korrektion for vindhyppighed, hvorved Harboøre- og Rødbypladserne bliver de bedste, medens Taars kommer trediebedst.

Sammenligningen kunne principielt være udført på basis af den gennemsnitlige kollektivdosis for alle 12 30<sup>o</sup>-sektorer omkring hver enkelt plads. Overslagsberegninger har imidlertid vist, at en sådan sammenligning ikke ville ændre pladsernes indbyrdes forskelle afgørende.

Sammenfattende viser ovenstående overvejelser, at de bedste pladser i henseende til antallet af sene skader i befolkningen efter et udslip kan bedømmes til at være mindre end 10 gange bedre end de i samme henseende dårligste. Mere omfattende og detaljerede overvejelser vil næppe resultere i større forskel, men snarere i en tendens til udjævning.

Spørgsmålet er herefter, hvilken vægt man ved et eventuelt pladsvalg skal tillægge den beregnede forskel mellem de bedste og dårligste pladser.

Det er arbejdsgruppens opfattelse, at man ikke bør tillægge forskellen afgørende vægt.

Gruppens begrundelse herfor er blandt andet, at befolkningens

beskyttelse mod stråling i første række skal være tilgodeset ved sikkerheden mod radioaktive udslip fra værkerne.

Dertil kommer, at fordelingen af kollektivdosis indenfor beregningsafstanden også være af betydning ved vurderingen af pladsernes indbyrdes egnethed, jf. spørgsmålet om enkeltpersondosis variation med afstanden fra værket samt eksemplet i afsnit 3.

Endelig bør der i en vurdering af forskellige pladsers sikkerhedsmæssige egnethed indgå overvejelser om egnetheden i forhold til etablering af et effektivt beredskab til beskyttelse af den nærmere boende befolkning i tilfælde af, at et udslip har fundet sted. Det kan ikke udelukkes, at hensynet hertil kan påvirke pladsernes indbyrdes egnethed.

Med hensyn til beredskabsmæssige forhold kan den generelle betragtning anlægges, at beskyttelsesforanstaltninger vil være jo mere ressourcekrævende - og vanskeligere at forberede og gennemføre - desto større antal mennesker og desto større afstande, foranstaltningerne skal omfatte. Særligt med hensyn til evakuering vil det tage længere tid at gennemføre foranstaltningen, jo flere mennesker og jo større afstande, der er tale om.

Behovet for at gennemføre beskyttelsesforanstaltninger stiger, jo nærmere man kommer værket, idet den gennemsnitlige enkeltpersondosis her vil være højst.

Disse forhold peger ved valget mellem forskellige pladser på, at den plads bør foretrækkes, hvor det samlede befolkningstal er lavest, og hvor befolkningsandelen nær værket er mindst, jf. afsnit 3.2.

Andre forhold end folketal og befolkningsfordeling vil kunne være af betydning for beredskabet og må tages i betragtning ved valg mellem forskellige placeringsmuligheder.

Således afhænger virkningen af den beredskabsmæssige beskyttelsesforanstaltning "gå inden døre" ikke blot af, om varsel kan gives, men først og fremmest af, om den pågældende befolkningsgruppe kan få ophold i bygninger, som yder beskyttelse i form af

afskærming mod ydre stråling og filtervirkning mod den forurene-  
de luft under skypassagen. I den henseende påkalder steder,  
hvor store grupper af mennesker ofte eller en stor del af året  
opholder sig i det fri, sig særlig opmærksomhed. Som eksempler  
kan nævnes store idrætsanlæg, udflugtssteder, badestrande og  
campingpladser. Ligeledes må man være opmærksom på store områ-  
der med fritidshuse (sommerhuse), der kan antages at yde mindre  
beskyttelse end gennemsnittet af helårsboliger, da sommerhuse  
typisk er bygget af lettere materialer og mindre tætte.

Muligheden for at gennemføre beskyttelsesforanstaltningen evaku-  
ering kan påvirkes af lokale trafikforhold. Man kan formentlig  
gå ud fra, at vejnettet for danske pladsers vedkommende er af  
nogenlunde ens kapacitet i forhold til folketal og befolknings-  
fordeling, men de lokale geografiske forhold kan være ugunsti-  
ge. Som eksempel kan nævnes den situation, hvor der for en be-  
folkningsgruppe kun findes en eller få evakueringsveje, hvorved  
det er nødvendigt at passere skypassageområdet over en længere  
strækning og måske gennem områder nær det uheldsramte værk; det  
kan være tilfældet ved placering ved roden af en tange eller od-  
de. Et andet eksempel kan være placering på eller nær ved en  
mindre ø, hvorfra befolkningen kun har en enkelt forbindelse til  
fastlandet ved bro, dæmning eller færge.

Sådanne omstændigheder må tillægges en vis negativ vægt ved sam-  
menligningen med andre pladser alt efter nærheden af værket og  
størrelsen af den berørte befolkning m.v. I eksemplet med en  
odde ville man foretrække en plads ved oddens spids frem for en  
plads ved oddens rod; i øvrigt vil det beredskabsmæssigt nega-  
tive forhold have sammenhæng med - og skulle afvejes imod - for-  
delen ved, at der inden for en vis afstand ikke er nogen befolk-  
ning i den øvrige omkreds.

Det skal endelig bemærkes, at et negativt moment i beredskabs-  
mæssig henseende ved en plads kan tænkes modvirket på anden måde  
end ved at forkaste pladsen. Det kunne ske ved at stille krav  
til beredskabets indretning, f. eks. at der tilvejebringes en  
særlig evakueringskapacitet i forbindelse med en institution,  
som f.eks. et hospital eller et fængsel, i en vis kortere af-  
stand fra værket. Det kunne også ske ved ændring af forholdene

på pladsen - f.eks., at der fra en isoleret bebyggelse skabes ny vejforbindelse i retning bort fra værket, eller at der bygges en vejdæmning eller bro til en befolket ø, som ligger nær kysten i en vis kortere afstand fra værket.

Betydningen af beskyttelsesforanstaltninger bliver mindre, jo større afstanden til værket er, og dermed bliver også betydningen mindre af forhold, der har negativ indvirkning på muligheden for at gennemføre beskyttelsesforanstaltninger. Det er på denne baggrund arbejdsgruppens opfattelse, at sådanne negativt virkende forhold især må tillægges betydning inden for den afstand, hvor særlig beredskabsplanlægning generelt bør findes, ca. 15 km, jævnfør punkt 4.3-1.

Ved en vurdering af mulige pladser bør der ikke tages hensyn til beredskabets positive virkninger, men alene til forhold, der har en negativ indvirkning på beredskabets effektivitet.

## 8.2. Sammenfattende bedømmelse af de reserverede danske pladser

Det er ikke muligt alene ud fra tekniske overvejelser at bedømme, om en lokalitet i henseende til befolkningsforholdene er egnet til placering af et kernekraftværk. En sådan bedømmelse må baseres på både ikke-tekniske overvejelser om den risiko, der kan tolereres af den enkelte og samfundet, og på tekniske overvejelser om det påtænkte værks sikkerhedsforhold.

Arbejdsgruppen har ikke set det som sin opgave at tage stilling til spørgsmålet om den acceptable risiko og har derfor bedømt de reserverede danske pladser ved at anvende udenlandske befolkningsmæssige kriterier og retningslinier og ved at sammenligne befolkningstallene omkring danske og udenlandske pladser.

Bedømmelsen viser, at de danske pladser i forhold til placeringspraksis i udlandet i almindelighed må betragtes som gode.

Arbejdsgruppen har bedømt den indbyrdes egnethed af befolkningsforholdene omkring de danske pladser. Bedømmelsen er baseret på



kollektivdoser som følge af et referenceudslip til befolkningerne ud til forskellige afstande (10 km - 20 km - 30 km - 40 km - 50 km og 60 km). Den samlede vurdering af pladserne under hensyntagen til vindretningshyppigheder er foretaget med beregningsafstanden 60 km. Denne afstand er på den ene side fundet at være stor nok til at give et rimeligt sammenligningsgrundlag og på den anden side er den ikke større, end at den tillader de enkelte pladsers befolkningskarakteristika at komme til udtryk i kollektivdoserne.

De 2 bedste pladser er ud fra de givne forudsætninger fundet at være pladserne Rødby og Taars på Lolland og de 2 dårligste pladser Sømmer ved Isefjorden (beliggenhed 25-40 km vest for Københavnsområdet) og Klinteby (beliggenhed 10-15 km vest for Næstved). Det er imidlertid arbejdsgruppens opfattelse, at forskellene mellem de 16 reserverede pladser ikke er så store, at de giver grundlag for at foretrække en plads frem for en anden.

Endvidere kan det ikke udelukkes, at beredskabsmæssige forhold for visse pladsers vedkommende kan påvirke disses indbyrdes egnethed. Arbejdsgruppen har ikke foretaget en detaljeret gennemgang af disse forhold på samtlige pladser, men har baseret sine overvejelser på politimyndighedernes udtalelser om evakueringsmulighederne på nogle få udvalgte pladser. Der kan således være specielle forhold ved enkelte pladser, der udgør særlige beredskabsmæssige problemer, men det må her tages i betragtning, at det i mange tilfælde vil være muligt at kompensere for en i beredskabsmæssig henseende mindre gunstig placering ved hjælp af et udbygget beredskab.

Arbejdsgruppen har i overensstemmelse med ovenstående bedømmelse af egnetheden af de 16 reserverede pladser i henseende til de omkringværende befolkningsforhold ikke fundet grundlag for at foreslå nogen ændring i status for pladserne som fastlagt i cirkulære af 6. august 1980 om reservation af arealer til atomkraftværker i Danmark.





ISBN 87-503-4907-4  
Stougaard Jensen/København  
Fu 00-236  
Pris kr. 50,- incl. moms