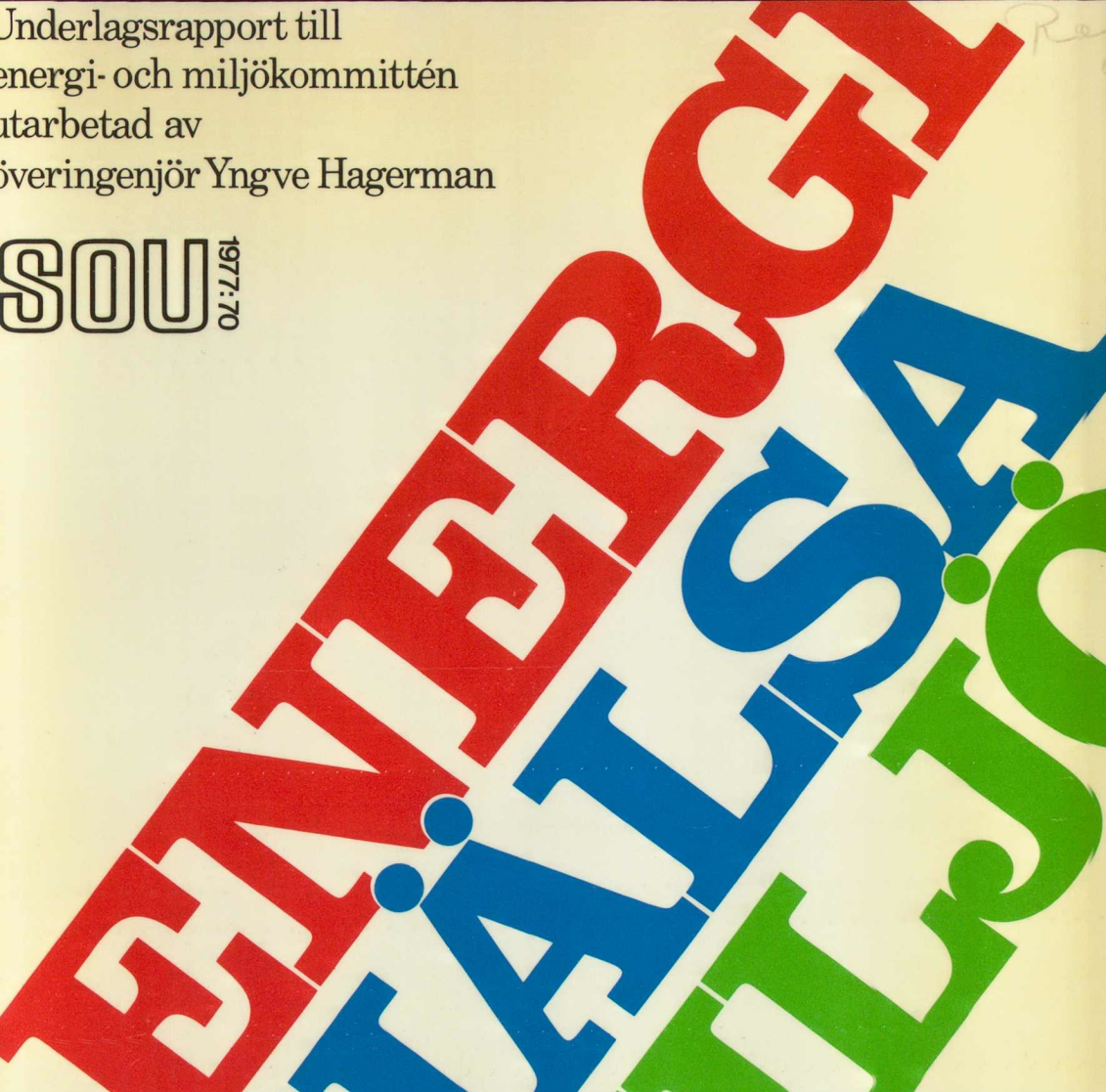


Underlagsrapport till
energi- och miljökommittén
utarbetad av
överingenjör Yngve Hagerman

SOU 1977:70



Ur KB:s samlingar

Digitaliserad år 2013



National Library
of Sweden

Arbetsmiljö vid energiproduktion

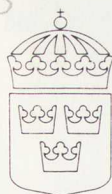
Underlagsrapport till
energi- och miljökommittén
utarbetad av
överingenjör Yngve Hagerman

SOU 1977:70

RE
ENERGI
HEALTH
MILJÖ

Arbetsmiljö vid energiproduktion





Statens offentliga utredningar

1977:70

Jordbruksdepartementet

Energi Hälsa Miljö

Bilaga 3

Arbetsmiljö vid energiproduktion

Betänkande av energi- och miljökommittén

Stockholm 1977

Omslag Håkan Lindström
Jernström Offsettryck AB

ISBN 91-38-03729-7
ISSN 0375-250X
GOTAB Stockholm 1977

Miljö
Hälsa
Energi

Bilaga 3
Arbetsmiljö vid produktionsarbete

FÖRORD

Chefen för jordbruksdepartementet tillkallade den 5 februari 1976 sju sakkunniga för att utarbeta en översiktlig och lätt-tillgänglig redovisning av hälso- och miljöeffekterna vid användning av olika energikällor. De sakkunniga antog namnet Energi- och miljökommittén.

Arbetet har slutförts i september 1977 och presenteras i betänkandet Energi, Hälsa, Miljö (SOU 1977:67). Betänkandet beskriver i översiktlig form inverkan på hälsa och miljö vid användning av vattenkraft, fossila bränslen, kärnkraft och vissa ytterligare energislag. Som underlag för kommitténs sammanfattande redovisningar och bedömningar har på kommitténs uppdrag utarbetats ett antal underlagsrapporter som omfattar tekniska data och beräkningar samt ger sammanställningar av de medicinska och naturvetenskapliga resultat som kommittén har grundat sina bedömningar på. Tre av underlagsrapporterna redovisas i SOU-serien som bilagor till kommitténs betänkande. De är:

1. Hälso- och miljöverkningar vid användning av fossila bränslen (SOU 1977:68). En expertgrupp inom naturvårdsverket har svarat för detta uppdrag. Uppdragsledare har varit chefen för verkets omgivningshygieniska avdelning, professor Lars Friberg, tillika expert i kommittén. Underlaget beträffande utsläpp av föroreningar och miljöpåverkan har utarbetats inom verkets tekniska avdelning under ledning av byråchef Lars Lindau.
2. Hälso- och miljöverkningar vid användning av kärnkraft (SOU 1977:69). En expertgrupp inom strålskyddsinstitutet har svarat för detta uppdrag. Uppdragsledare har varit institutets chef, professor Bo Lindell, tillika expert i kommittén.
3. Arbetsmiljö vid energiproduktion (SOU 1977:70). För detta uppdrag har svarat dåvarande överingenjören vid arbetarskyddsstyrelsen, Yngve Hagerman, tillika expert i kommittén.

På grund av den begränsade tid som kommittén haft till förfogande har arbetet med expertmaterialet fått genomföras under stark tidspress och med stora personliga uppoffringar. Jag vill å Energi- och miljökommitténs vägnar uttrycka vår uppskattning av och tack för det arbete som utförts.

Sven Moberg
ordf.

On the 1st of April, 1917, the...

The first of the...

It is...

The...

...

...

INNEHÅLLSFÖRTECKNING	Sid
1 BAKGRUND	
1.1 Syfte och allmänna förutsättningar	7
1.2 Underlag från Sverige	8
1.3 Underlag från utlandet	12
1.4 Statistikens begränsningar	12
1.5 Riskanalys	14
1.6 Redovisningssätt	15
2 KOL	17
2.1 Allmänt	17
2.2 Utvinning	19
2.3 Transport	40
2.4 Elproduktion	44
2.5 Kolets risker och yrkesskador	52
3 OLJA	54
3.1 Allmänt	54
3.2 Utvinning	57
3.3 Transport	66
3.4 Raffinering	71
3.5 Transport av eldningsolja	90
3.6 Elproduktion	93
3.7 Oljans risker och yrkesskador	99
4 NATURGAS	102
4.1 Allmänt	102
4.2 Utvinning	104
4.3 Transport och lagring	104
4.4 Elproduktion	107
4.5 Naturgasens risker och yrkesskador	108
5 TORV	111
5.1 Allmänt	111
5.2 Utvinning	113
5.3 Transport	114
5.4 Elproduktion	115
5.5 Torvens risker och yrkesskador	116
6 VED	118
6.1 Allmänt	118
6.2 Utvinning	119
6.3 Transport	121
6.4 Elproduktion	122
6.5 Vedens risker och yrkesskador	122
7 KÄRNKRAFT	124
7.1 Allmänt	124
7.2 Utvinning	125
7.3 Anrikning	134
7.4 Kärnbränsletillverkning	135
7.5 Elproduktion	137
7.6 Upparbetning av använt kärnbränsle	144
7.7 Slutlig förvaring av radioaktivt avfall	146
7.8 Kärnkraftens risker och yrkesskador	148

	Sid
8 VATTENKRAFT	151
8.1 Allmänt	151
8.2 Anläggningsskede	153
8.3 Elproduktion	158
8.4 Vattenkraftens risker och yrkesskador	161
9 ÖVRIGA ENERGIKÄLLOR	163
9.1 Allmänt	163
9.2 Vind	164
9.3 Sol	167
9.4 Jordvärme	168
10 JÄMFÖRELSE AV YRKESKADOR FÖR ENERGIKÄLLORNA	172
11 REFERENSER	177

1 B A K G R U N D

1.1 SYFTE OCH ALLMÄNNA FÖRUTSÄTTNINGAR

Denna redogörelse syftar till att belysa risker i arbetsmiljön och därav föranledda yrkesskador i de skilda processled som är knutna till olika slag av energiproduktion genom främst bränslen, kärnkraft och vattenkraft. Verkan av radioaktiva föroreningar på arbetsmiljön behandlas dock ej i denna redogörelse. Beträffande denna fråga hänvisas till statens strålskyddsinstitutets rapport till energi- och miljökommittén om kärnkraftens hälso- och miljö effekter.

Arbetsmiljön är en av de många faktorer som måste beaktas vid val mellan olika slag av källor för energiproduktion. Råvaror, utrustningar, arbetsmetoder och processer påverkar i första hand arbetsmiljön. Anledningen härtill är givetvis, att det är inom arbetsstället som normala, skadliga miljöfaktorer kan uppkomma och slumpmässiga skadliga händelser kan inträffa genom en viss verksamhet. Dessutom sammanhänger ofta en sådan händelse direkt med någon eller några arbetstagares handlingsmönster vid tillfället i fråga. I regel befinner sig arbetstagarna alltså närmast de skadliga miljöfaktorernas källor och närmast de skadliga händelsernas centrum. De utsätts därför för en större artrikedom av miljöfaktorer och slumpmässiga händelser och en högre frekvens av sådana faktorer och händelser som kan leda till skada eller besvär. Svårighetsgraden i det enskilda fallet kan även väntas bli större. De arbetstagare som är sysselsatta i de olika leden av energiproduktion kan därför i första hand förväntas bli drabbade av de personskador eller besvär som följer av verksamheten.

Energiproduktion är knuten till processled som varierar till art och antal med energikällan. Gemensamt för all energiproduktion är, att dess driftsskede (bruksskede) föregås av ett anläggningsskede (byggnadsskede) och detta i sin tur av ett verkstadsskede (tillverkningskede). Detta gäller varje processled. Vidare är det sista ledet i omvandlingen till elenergi i regel av likartad karaktär. Energiproduktion ur bränsle och kärnkraft har även andra processled av samma slag såsom utvinning, transport, bearbetning, lagring och avfallshantering. Den skiljer sig i detta avseende sålunda bl a från produktion genom vattenkraft. Arbetsmiljön blir för olika energikällor mycket mångfacetterad och svår att kvantifiera. Detta gäller inte minst den del av yrkesskadebelastningen som härrör från anläggningsskedet och särskilt den del som härrör från verkstadsskedet. Sistnämnda omfattar nämligen tillverkningen av den material och utrustning som ingår i en anläggning och tillverkningen av de transportmedel som används under främst bruksskedet.

För de i redogörelsen behandlade energikällorna, med undantag av huvudsakligen vattenkraft, förekommer i Sverige endast vissa processled. Detta försvårar urvalet och insamlandet av underlag. Det försvårar därför bedömningen av den totala arbetsmiljön för energikällan. Dessutom uppstår frågan om vilken vikt som utländska arbetstagares yrkesskador bör tillmätas vid svensk bedömning av hela processkedjan. I fråga om kärnkraft utreds vidare förläggning av vissa processled i Sverige såsom uranutvinning (Projekt Ranstad 75), upparbetning av använt kärnbränsle och slutlig förvaring av radioaktivt avfall (1), där utformningen ännu inte är helt klarlagd. Om och hur utnyttjande av naturgas för energiproduktion eventuellt bör ske i Sverige övervägs även (2). För sådana fall försvåras likaledes bedömningen av en framtida arbetsmiljö. Samma gäller i fråga om utnyttjandet av sådana energikällor, som ännu endast befinner sig på försöksstadiet, t ex vindkraft och jordvärme.

Arbetsmiljön kan som nämnts ge upphov till negativa effekter för arbetstagaren i form av yrkesskada eller besvär. En yrkesskada förutsätts i någon form ha påvisats av en utomstående. Ett besvär är en känsla av obehag hänförd till någon faktor, som arbetstagaren anser eller tror kan påverka honom negativt. Besväret kan vara fysiskt eller psykiskt betingat. En viss typ av besvär kan uppträda hos en större eller mindre grupp av arbetstagare i en viss verksamhet och kan ge sig tillkänna i olika grad för de enskilda individerna. Över besvär som härrör från arbetsmiljön saknas tillräckligt statistiskt underlag för att man skall kunna ta hänsyn till dem i en redogörelse av detta slag. De berörs därför inte i det följande.

1.2 UNDERLAG FRÅN SVERIGE

I Sveriges officiella statistik, Yrkesskador (3) utgiven av riksförsäkringsverket skiljs yrkesskadorna med avseende på arten främst i arbetsolycksfall, färdolycksfall och yrkessjukdomar samt med avseende på svårighetsgraden i övergående fall, invaliditetsfall och dödsfall. Endast arbetsolycksfallen och yrkessjukdomsfallen finns uppdelade på olika näringsgrenar och för dessa yrkesskador tillsammans finns även angivna antal skador per en miljon arbetstimmar liksom även till vilken del dessa hänförs till invaliditetsfall resp dödsfall per en miljon arbetstimmar. För arbetsolycksfallen anges även antal förlorade arbetsdagar per tusental arbetstimmar (svårhetstal) med fördelning inom olika näringsgrenar efter olycksfallsorsak m m. I enlighet med internationella rekommendationer har vid bestämmande av antalet förlorade arbetsdagar en sjuktid av 365 dagar förutsatts innebära en förlust av 300 arbetsdagar och ett dödsfall eller ett fall av total invaliditet motsvara en förlust av i genomsnitt 7500 dagar.

Svårhetstalet (k) beräknas ur

$$k = \frac{1}{T} \left(\frac{300}{365} S + 75 I + 7500 D \right), \text{ där}$$

S = antal sjukdagar

I = invaliditetsprocent

D = antal dödsfall och

T = 1000-tal arbetstimmar inom gruppen.

För yrkessjukdomar finns svårhetstalet fördelat efter näringsgren (dock endast i huvuddrag) och sjukdomsgrupp. Även andra fördelningar finns för de olika yrkesskadekategorierna, men är inte av intresse i detta sammanhang.

Med hjälp av riksförsäkringsverkets statistik, vars senaste årliga redovisning gäller för år 1973, kan vissa allmänna jämförelser göras. Näringsgrensindelningen är dock inte så detaljerad att den upptar olika slag av energiproduktion annat än för ett av de processled där olja utgör energikälla, nämligen petroleumraffinaderier (se avsnitt 3). Elkraftverk finns t ex endast samlade i en grupp som dessutom omfattar elverk. Vid förfrågan hos riksförsäkringsverket (bd Lars Modig) har uppgivits att en specificering av t ex svårhetstalet på enskilda slag på kraftverk såsom olja, kärnkraft, vattenkraft kanske var möjlig, dock inte inom den tidrymd som stod till förfogande. Detta särskilt som svårhetstalet i så fall samtidigt borde omformas till antal förlorade arbetsdagar per GWE och år e d.

Som allmän orientering för vissa av de näringsgrenar som berörs av denna redogörelse lämnas här vissa uppgifter från riksförsäkringsverkets statistik för 1973 (3) och avseende svårhetstalen för arbetsolycksfall och yrkessjukdomar. Se tabell 1:1. Dessa kan jämföras med svårhetstalen samma år för samtliga näringsgrenar, nämligen för arbetsolycksfall 0,98 och för yrkessjukdomar 0,13 eller totalt 1,11, som även angetts i tabellen.

En utredning om yrkesskadestatistiken har nyligen avslutats i ett betänkande (4). Där redogörs bl a för nuvarande yrkesskadestatistik, förutom den officiella som förs av riksförsäkringsverket, även intern statistik som förs av vissa myndigheter, affärsdrivande verk och organisationer inom branscherna och arbetsmarknaden. Vissa delar av eventuell sådan intern statistik antogs kunna vara tillräckligt detaljrik och brukbar för denna redogörelse och har därför efterlysts. Först bör framhållas att arbetarskyddsverket inte för någon statistik som kan vara till ledning i detta sammanhang. Samma gäller för sprängämnesinspektionen inom statens industriverk, statens brandnämnd, statens kärnkraftsinspektion, svenska brandförsvarsföreningen och svenska kommunförbundet. Däremot har vissa statistikuppgifter från statens järnvägar kunnat utnyttjas för uppskattning av yrkesskador vid järnvägstransport (se avsnitten 2.3, 3.5, 5.3 och 6.3). Vidare har yrkesskadestatistik, som utges av Föreningen Skogsbrukets Arbetarskydd och av Svenska Gruvföreningen, för processleden utvinning av ved och av uranmalm utnyttjats (se avsnitten 6.2 resp 7.2). Dessutom kan nämnas, att Bygghälsan utger yrkesskadestatistik (5), som allmänt belyser förhållanden inom byggbranschen.

Statens vattenfallsverk för en intern statistik, ur vilken ett viktigt underlag erhållits för denna redogörelse; härom mera ne-

Tabell 1:1 Svårhetstal 1973 inom vissa näringsgrenar för arbetsolycksfall och yrkessjukdomar

Vissa näringsgrenar	Svårhetstal		
	Arbetsolycksfall	Yrkessjukdomar	Summa
12 Malmgruvor	4,53	4,981	9,51
32 Petroleum- och kolindustri	0,34	1)	-
321 Petroleumraffinaderi	0,33	1)	-
329 Övrig petroleum- och kolindustri	0,26	1)	-
51 El-, gas- och värmeverk	1,77	0,001	1,77
511 Elkraftverk och elverk	1,85	1)	-
512 Gasverk	0,28	1)	-
513 Värmeverk	0,20	1)	-
71 Samfärdsel	2,27	0,035	2,31
711 Järnvägstrafik	1,81	1)	-
714 Godsbilstrafik	2,89	1)	-
715 Sjöfart	2,53	1)	-
716 Stuveri	7,84	1)	-
Samtliga näringsgrenar	0,98	0,127	1,11

1) Finns ej specificerat

dan. Först skall dock sägas något om den statistik som förs av sjöfartsverket och statens industriverks energibyrå som på olika sätt är knuten till arbetsmiljön i här aktuell verksamhet.

Sjöfartsverket utger årligen redogörelser, dels för yrkesskadefall inom sjömansyrket (6), dels för till verket inrapporterade sjöolyckor med svenska handels- och fiskefartyg (7), där fallen och olyckorna finns specificerade för bulkfartyg och tankfartyg. Se härom i avsnitten 2.3 och 3.3.

Industriverkets energibyrå för årlig statistik över de elektriska olycksfall som rapporterats till verket (8), där antal fall med separat uppgift om dödsfall finns specificerade för driftrum. Med driftrum avses kraft-, transformator- och omformarstationer samt ställverk (även utomhus). Fördelningen sträcker sig inte till olika slag av kraftverk. Vidare utgörs transformator- och omformarstationerna samt ställverken inte bara av sådana som hör till kraftverken utan även av dem som hör till kraftleverantörens distributionsled. Denna del av energibyråns statistik antyder dock risken för elolycksfall vid kraftverk. Tabell 1:2 utgör utdrag ur energibyråns statistik över elektriska olycksfall i driftrum för åren 1971-1975, där även medelvärdet för perioden uträknats.

Tabell 1:2 Elektriska olycksfall i driftrum, dvs kraft-, transformator- och omformarstationer samt ställverk 1971-75

År	Antal fall	Därav dödsfall
1971	51	2
1972	77	4
1973	57	5
1974	43	2
1975	49	4
Summa	277	17
Periodens årsmedelvärde	55,4	3,4

Statens vattenfallsverk producerar elenergi i vattenkraftverk, oljekraftverk, kärnkraftverk och gasturbinkraftverk. Vattenfallsverket för yrkesskadestatistik såväl under anläggningsskedet (byggnadsskedet) som driftsskedet åtskilt för de olika slagen av kraftverk. Överläggningar har hållits med Bertil Liljeström, chef för ergonomisektionen vid vattenfallsverkets administrationsavdelning jämte representanter för skilda sektorer av verkets verksamhet vad gäller arbetarskydd och yrkesskadestatistik. Härvid visade det sig möjligt att få fram statistik som kunde tjäna som underlag till vissa delar av denna redogörelse. Den rör inte enbart driftsskedet, utan för vissa slag av kraftverk även anläggningsskedet. Se mer härom i avsnitten 3.6, 7.5 och 8.

Vissa svenska anläggningar för produktion av energiråvaror och energi har besökts för studium av processerna och de risker som belagts genom inträffade yrkesskador eller i övrigt kan tänkas uppstå. Härvid har även viss yrkesskadestatistik för de enskilda arbetsställena erhållits, som i viss mån kunnat utnyttjas för denna redogörelse. De besökta anläggningarna är: fyra petroleumraffinaderier (Shell, BP, Scanraff och Nynäs), tre oljekraftverk (Stenungsund, Karlshamn och Marviken), två gasturbinkraftverk (Hallstavik och Gunnarsbo), ett olje-kolbaserat kraftvärmeverk (Hässelby), ett oljebaserat kraftvärmeverk (Värtan), en försöksanläggning för uranutvinning (Ranstad), en kärnbränslefabrik (Asea-Atom), fyra kärnkraftverk (Oskarshamn, Ringhals, Barsebäck och Forsmark) och ett vattenkraftverk (Älvkarleby). - Vidare har i Storbritannien besökts en kolgruva (Silverwood), ett kolkraftverk (Eggborough), en uppberedningsanläggning (Windscale) och två forskningsinstitut (Institute of Occupational Medicine och Safety in Mines Research Establishment).

Någon ytterligare svensk yrkesskadestatistik, som kan kvantifiera berörd arbetsmiljö, har hittills inte kunnat uppbringas. Andra svenska källor som ändå på olika sätt belyser denna är bl a (1 och 9-13). I (11) gör Thunell en intressant jämförelse mellan kol, olja och kärnkraft, i vilken även arbetsmiljön beaktas. I (12) belyser Kajser sättet för och betydelsen av riskanalys för olika verksamhetsområden, varvid i första hand risker av hälso-mässig natur studerats. I (13) belyser Clas-Otto Wene energibehovet för förbättrad arbetsmiljö genom främst ventilation.

I fråga om underlag från Sverige som endast berör enskilda processled hänvisas i övrigt till berörda avsnitt.

1.3 UNDERLAG FRÅN UTLANDET

Kontakt har tagits med internationella arbetsbyrån (ILO) i Genève. Denna organisation för ej någon yrkesskadestatistik och har heller inte tillgång till någon så specificerad statistik som skulle kunna vara till nytta för denna redogörelse. Arbetsbyrån hänvisade till Economic Commission for Europe (ECE) i Genève, denna organisations Economic Division. ECE är ett FN-organ. Någon yrkesskadestatistik för olika energikällor har dock inte kunnat erhållas från ECE. Därifrån har emellertid mottagits bl a en rapport (14), som rör avsvavling vid elproduktion vid fossila bränslen och som innehåller en översikt av olika energikällor för elproduktion i europeiska länder. Även andra rapporter av intresse har mottagits av ECE. De berörs i avsnitt 4.

Även i utlandet har jämförelser gjorts mellan olika slag av energikällor där arbetsmiljön i varierande grad beaktats (15-23). I (15) jämför Starr och Greenfield hälsorisker för allmänheten från värmekraftverk baserade på olja, naturgas och kärnkraft, vilka även berör arbetsmiljön. I AEC-rapporterna Wash-1250 (16) och Wash-1224 (17) behandlas säkerheten vid kärnkraftverk och jämförs bl a yrkesskador från kol-, olje-, gas- och kärnkraftverk. I (18) redogör Lave och Freeburg för hälsoeffekter av elproduktion från kol, olja och kärnbränsle, med uppgifter även om effekter på arbetsmiljön. I (19) jämför Hamilton och Morris hälsoeffekter från kraftverk baserade på fossilt bränsle och från kärnkraftverk, inbegripet arbetsmiljön; även elproduktion genom andra energikällor berörs. Hamilton uppskattar i (20) hälsoeffekter i bl a arbetsmiljön vid elproduktion genom kol, olja, naturgas och kärnkraft. I (21) försöker Weeks översätta biologiska effekter av industriell verksamhet till kostnader. Hälsoeffekter (inkl yrkesskador) från elproduktion, kol, olja och kärnbränsle tas som exempel. I (22) ger Comar och Sagan bl a en sammanställning av yrkesskador vid elproduktion ur kol, naturgas och kärnbränsle mot bakgrund av vissa tidigare utförda undersökningar. I (23) jämför Budnitz och Holdren bl a yrkesskador vid elproduktion ur kol, olja och uran och har i kolcykeln åtskilt kolutvinning ovan och under jord.

I fråga om underlag från utlandet som endast berör enskilda processled hänvisas till berörda avsnitt.

1.4 STATISTIKENS BEGRÄNSNINGAR

Då det gäller att återspegla arbetsmiljön med hjälp av yrkesskadestatistik uppstår åtskilliga svårigheter utöver det otillräckliga statistiska underlaget i fråga om arbetstagares besvär genom olika miljöfaktorer, som redan omnämnts i 1.1. Yrkesskadestatistikens övriga begränsningar är främst följande.

a) Den officiella statistiken omfattar inte tillbud till olycks-

fall. - Detta försvårar upptäckten av bl a riskerna för och orsakerna till de svåra olycksfallen (katastrofer).

b) Den långa statistikperiod som behövs för tillräcklig infångning av svåra olycksfall gör uppgifterna mindre aktuella.

c) Orsaken till en yrkessjukdom hänför sig i regel till en arbetsmiljö som existerade under en tidrymd långt innan sjukdomen upptäcktes och redovisades.

d) Många sjukdomsfall kan vara helt eller delvis yrkesbetingade utan att detta upptäckts.

e) Statistiken är ofta otillräckligt detaljerad med avseende på verksamhet (näringsgren) och skadans orsak och omfattning.

f) Inbördes värdering av dödsfall, invaliditetsfall och övergående olycksfall är inte utan vidare given, särskilt som dödsfall och invaliditetsfall kan inträffa vid varierande åldrar. - Svårhetstalet (se 1.2) beräknas på olika sätt i skilda länder trots internationella rekommendationer. I t ex Förenta Staterna antas tidsbelastningen genom ett dödsfall eller ett fall av total invaliditet vara 6000 dagar, vilket kan jämföras med motsvarande, internationellt rekommenderade, i Sveriges tillämpade värde, 7500 dagar. Denna skillnad är av viss praktisk betydelse i detta sammanhang. Även bedömningen av invaliditetsgraden kan givetvis variera för olika länder.

g) Yrkesskadefrekvenser är nästan alltid hänförliga till nedlagd arbetstid, inte till utvunnen produkt. Sistnämnda hade för en studie av detta slag varit önskvärt.

h) Speciella svårigheter uppstår dessutom, när man försöker att uppskatta yrkesskadebelastningen från anläggningsskedet och verkstadsskedet. Byggherren för nämligen i regel inte statistik över entreprenadpersonalens yrkesskador, och särskilt under anläggningsskedet anlitas ofta ett stort antal entreprenörer. Yrkesskadebelastningen från tillverkningen av enskilda produkter under verkstadsskedet torde vara ännu mer svåråtkomlig, eftersom statistiken inte förs på ett sådant sätt (jämför g ovan). Av dessa skäl har yrkesskador från verkstadsskedet inte kunnat beaktas i denna redogörelse, och yrkesskador från anläggningsskedet har endast kunnat beaktas i några speciella fall. Endast driftsskedets yrkesskador har genomgående kunnat beaktas.

i) Av a-f framgår, att yrkesskadestatistiken i bästa fall återspeglar arbetsmiljön vid statistiktillfället, då det gäller risken för olycksfall, och arbetsmiljön under ett tidigare skede, då det gäller risken för yrkessjukdomar. Påvisade yrkesskador leder till skyddsåtgärder av olika slag genom företagens egna initiativ och genom krav från myndigheterna. Härigenom förbättras arbetsmiljön successivt. En verksamhets arbetsmiljö ändras dessutom genom att nya råvaror, utrustningar, metoder och processer införs, som kan ha till syfte att öka produktionen eller att förbättra produkternas kvalitet m m.

Yrkesskadestatistiken har sålunda ett begränsat värde som mått på en framtida arbetsmiljö för en verksamhet. För bedömningen av arbetsmiljön bör därför även andra medel om möjligt tillgripas.

1.5 RISKANALYS

Begreppet risk betecknas här som icke-önskad händelse av slumpmässig natur och används i betydelsen sannolikhet för visst slag av händelse. På grund av de skilda händelseförlopp som leder till olycksfall resp yrkessjukdomar kan man skilja mellan olycksrisk resp normaldriftsrisik (12). En analys av de med en verksamhet förknippade riskerna (riskanalys) kan delas i två moment, analys av nuläget resp av möjliga förändringar. Analys av nuläget kan delas i två faser, först en kartläggning av existerande risker, sedan en analys av betingelserna för dessa risker. Analysen av möjliga förändringar kan avse förändringar av två slag: dels en förändring av betingelserna för en - med en viss verksamhet förknippad risk; dels en förändring av omfattningen av en verksamhet (12).

En kartläggning av existerande risker innebär att identifiera de icke-önskade händelser av slumpmässig natur som en viss verksamhet ger upphov till, att uppskatta den frekvens eller sannolikhet med vilken var och en av dessa händelser inträffar och att identifiera den eller de riskutsatta grupper som drabbas av händelserna. En analys av betingelserna för dessa risker innebär att söka förklara varför de icke-önskade händelserna inträffar (12).

En kartläggning av riskerna kan göras med hjälp av yrkesskadestatistik eller på teoretisk väg eller genom en kombination av dessa. Teoretiska riskuppskattningar har gjorts av bl a närförläggningsutredningen (9) och den amerikanska sk Rasmussenutredningen (24). Den sistnämnda omfattar analys av svårast tänkbara olycka vid ett kärnkraftverk och dess konsekvenser för allmänheten. I rapporten ges bl a en ingående beskrivning av tillvägagångssättet vid riskanalysen. Metodiken torde vara av allmänt intresse och skulle i princip kunna tillämpas även för riskanalys av verksamheter där andra energikällor används för energiproduktion. Det tog emellertid 3 år (70 manår) och kostade ungefär fyra miljoner dollar att färdigställa rapporten. Det är därför knappast möjligt att f n göra motsvarande riskanalyser m a p arbetsmiljön inom alla andra processled av olika slag av energi-produktion. En förenklad metodik måste tillsvidare tillgripas.

Vid utarbetande av, t ex arbetarskyddsstyrelsens anvisningar m m, har man sedan länge i regel sökt utnyttja all tillgänglig yrkesskadestatistik och i vissa fall utvecklade mer detaljerad statistik för den aktuella verksamheten eller objektet samtidigt som man genom studier av processerna och planerade förändringar sökt bedöma även framtida risker. På grund av de i 1.4 nämnda begränsningarna av yrkesskadestatistiken har denna sökt kompletteras på ett liknande sätt i denna redogörelse. Därvid har också bl a utnyttjats det betydande bakgrundsmaterial som finns i främst arbetarskyddsstyrelsens anvisningar m m (Se arbetarskyddsstyrelsens trycksakskatalog 1976/77). I viss utsträckning har även kunnat utnyttjas yrkesskaderapporter och mätreporter från yrkesinspektionen samt de redogörelser om yrkesskador som sprängämnesinspektionen redovisat i sina årsberättelser. Vid bedömning i vissa processled av risker för explosioner och bränder genom gaser och ångor har främst utnyttjats verk av Freytag (25) och Nabert/Schön (26) samt vad gäller dammexplosioner och bränder, förutom (25) även ett arbete av Palmer (27). Till vissa delar har för kolhanteringen samt ev svensk uranutvinning för bedömning av motsvar-

ande risker även ett äldre arbete av Fritsche (28) kunnat utnyttjas. Så långt tiden medgett har vid behov rådgjorts med specialister på olika områden inom arbetarskyddsstyrelsen, sprängämnesinspektionen, statens kärnkraftsinspektion m fl.

Arbetsmiljön har sålunda - förutom genom yrkesskadestatistik - främst belysts på följande sätt. Riskfaktorer, som är knutna till skilda energikällor, har beskrivits. Tonvikten har därvid lagts på sådana faktorer, som medfört eller kan väntas medföra svåra olycksfall. Riskerna har även belysts genom att inträffade olyckor av katastrofkaraktär kortfattat beskrivits i vissa fall. I verksamheter, där kemiska och fysikaliska faktorer ansetts vara av särskild betydelse för arbetsmiljön, har dessa faktorer specificerats; och i några fall har resultat av utförda mätningar redovisats och jämförts med hygieniska gränsvärden. Bestämmelser, anvisningar och normer m m, som gäller för olika miljöfaktorer, utrustningar och arbeten, har åberopats i åtskilliga fall för att ytterligare belysa risker och nödvändiga förebyggande åtgärder.

1.6 REDOVISNINGSSÄTT

För varje energikälla har angetts vilka processled den omfattar, vilka av dessa som nu förekommer i Sverige och vilka som eventuellt förväntas tillkomma. För i Sverige förekommande processcykler och processled har tillämpad teknik angetts och i förekommande fall råvaror och aktuella produkter. Förväntade framtida tekniska karaktäristika för nya cykler e d har även sökt anges. För processled, som endast förekommer i utlandet, har berörts tillämpad teknik i det land eller de länder från vilka råvaran importeras eller väntas bli importerad till Sverige.

För varje processled har beskrivits kända karaktärsdrag som särskilt starkt antagits påverka arbetsmiljön. Vidare har beskrivits kända och förväntade risker med särskild betoning av sådana som kan väntas leda till särskilt svåra olycksfall (katastrofer). Därefter har tillgänglig yrkesskadestatistik redovisats i huvudsak på följande sätt.

För de enskilda processleden har redovisats inhämtad statistik, sammanfattad i form av de hälsoeffektfrekvenser, omräkningstal och statistikår som stått till buds. Användbart material från de enskilda processleden har sedan omformats till jämförbara frekvenser som sammanfattats för energikällan ifråga. Användbart material från de enskilda energikällorna har sedan sammanfattats för jämförelse mellan energikällorna.

Det har inte visat sig möjligt att precisera yrkesskadorna för energikällorna i sin helhet på annat sätt än att ange totala antalet yrkesskador och antalet dödsfall av dessa. För många enskilda processled har dock yrkesskadornas svårighetsgrad kunnat preciseras närmare på olika sätt, t ex i form av antalet invaliditetsfall eller genomsnittliga antalet förlorade arbetsdagar per skada.

Yrkesskadorna har hänförs till ett 1 GWe kraftverk och har räknats per år (verkdraftsår). De sex värmekraftverken - dvs de

kraftverk som baseras på kol, olja, naturgas, torv, ved och kärnkraft - har förutsatts vara kondenskraftverk. Alla värmekraftverk har ansetts kunna producera samma energimängd, 6,6 TWh per år. För vattenkraftverket har en omräkning skett till den lägre energimängd per år, som detta ansetts kunna producera, 4,8 TWh per år (dock, vid omräkning från anläggningsskedet, 4,6 TWh per år). För värmekraftverken har bränsleförbrukningen beräknats med ledning av de olika bränsleslagens antagna energiinnehåll enligt redogörelsen och med antagandet att kraftverken har en verkningsgrad av 40 %.

Antal yrkesskador och antalet dödsfall av dessa har sålunda uppskattats och framräknats till ett kraftverk med effekt 1 GWe och har angetts per år. Samtliga skador har angetts, dvs både de som härrör från processled i utlandet och i Sverige för energikällan i fråga. För varje energikälla har även angetts hur stor andel av yrkesskadorna som beräknats drabba arbetstagare i utlandet.

Till arbetsmiljön vid energiproduktion är knutna en stor mängd föreskrifter, såväl internationella som nationella, för olika verksamheter och objekt. I denna redogörelse berörs endast svenska bestämmelser och detta endast, där det i visst fall ansetts vara särskilt befogat. Av internationella föreskrifter e d är särskilt de som rör transport av farligt gods av betydelse i detta sammanhang. De omfattar förteckningar och klassificering av ämnen och föremål som på grund av explosionsrisk, brandfara, radioaktivitet samt giftiga eller frätande egenskaper e d bör utslutas från transport eller mottas till transport endast på särskilda villkor. Dessa villkor kan avse förpackning och märkning, samlastning med annat gods samt konstruktion, utrustning och handhavande av transportmedel. Säkerhetsföreskrifter e d för internationell transport av farligt gods och av nämnda innehåll finns, särskilda, för transport med fartyg, järnväg, vägfordon och flyg. Särskilt de två förstnämnda är här aktuella, men samtidigt så omfattande och komplicerade, att det inte ansetts möjligt att ytterligare beröra dem i denna begränsade redogörelse.

2 K O L

2.1 ALLMÄNT

Kolcykeln omfattar i huvudsak utvinning, transport, lagring, bearbetning, elproduktion och avfallshantering. I anslutning till utvinningen av kol förekommer i regel krossning, siktning, sovring och/eller anrikning, vilket innebär att utvunnet kol delvis befrias från ofyndigt berg som medföljer vid brytningen. Lagring förekommer vid utvinningsplatsen (gruvan, dagbrottet), på omlastningsplats under transport och vid kraftverket. Till kraftverket är även knutet dels bearbetning som kan avse krossning, siktning, malning och torkning m m, dels hantering av avfall i form av aska och eventuellt slam. Avfallet kan även komma i fråga som råvara på annat arbetsställe. Aktuella processled som närmast berör Sverige är transport med fartyg samt vid kraftverket lossning i hamn, lagring, viss bearbetning och avfallshantering.

Växtrester omvandlas via torv e d genom överlagring under geologiskt långa tidrymder av sand, lera och andra sediment - då de samtidigt utsätts för ökande tryck och temperatur - till fossilt kol. Detta kan utgöras av brunkol, stenkol eller antracit. Brunkol har utsatts för det lägsta trycket och den lägsta temperaturen, är ofta yngst och har den lägsta kolhalten och det lägsta energiinnehållet (värmevärdet). Antraciten har utsatts för det högsta trycket och den högsta temperaturen och har den högsta kolhalten och det högsta energiinnehållet. Stenkol utgör ett mellanling, men dess energiinnehåll är ofta nästan lika högt som antracitens.

I energiprognosutredningens betänkande (29) finns bl a vissa uppgifter om världens koltillgångar och tillgångarna i vissa europeiska länder m m. Därav, och av vissa kompletterande uppgifter, framgår bl a att världens tillgångar av fossilt kol till dominerande del utgörs av stenkol. Även tillgångarna av brunkol är betydande, medan antracit förekommer i underordnad mängd. Samma gäller i huvudsak för Europa, men antracit är på sina håll vanligare och t ex Storbritannien saknar brunkolstillgångar. Brunkol har så lågt energiinnehåll, att dess användning för energiproduktion i Sverige inte kan komma i fråga p g a den långa transporten. Även användning av antracit som energikälla för kolkraftverk i Sverige torde vara av mindre betydelse p g a de begränsade tillgångarna. Av dessa skäl är den följande redogörelsen huvudsakligen inriktad på stenkol.

Stenkol finns i Sverige endast i rät-lias-lagren i Skåne. Brytning av kol, tillsammans med eldfasta leror och klinkerleror, har där förekommit länge och i rätt stor skala, särskilt under

första och andra världskriget. Kolbrytningen upphörde 1966 och är numera helt inriktad på leror, varvid kol erhålls som biprodukt. Av uppgifter från Magnusson et al (30) framgår, att kolets energiinnehåll varierar för olika typer men är för samtliga lågt jämfört med de energiinnehåll som utländska stenkol har. Energi-kommittén (31) anger i betänkandet om Sveriges energiförsörjning, att de kända reserverna uppgår till ca 60 miljoner ton. Nämda kolkvantitet skulle med hänsynstagande till kolets låga energiinnehåll om det helt användes för drift av ett kraftverk med en effekt av en GWe vara förbrukat efter ca 20 år. Det är dock tveksamt om kolet skulle kunna användas för en sådan drift, bl a därför att det skulle ge upphov till en mycket stor askmängd (ca 20 miljoner ton). I avsnittet 2.2 om utvinning berörs därför inte kolutvinning i Sverige. Här kan dock nämnas, att betingelserna för en säker arbetsmiljö vid kolbrytning i de skånska fyndigheterna är relativt gynnsamma, eftersom kolet vid hanteringen inte avger eller alstrar explosiv gas eller explosivt damm. Detta är av stor betydelse vid en eventuell brytning i stor skala under t ex en avspärrningsperiod.

De länder från vilka import av stenkol för produktion av elenergi närmast kan förväntas är, med hänsyn till tillgångarna, kolets sammansättning och transportvägarna, dels vissa EG-länder såsom Västtyskland och Storbritannien, dels Polen. Import från t ex Sovjet, USA, Sydafrika och Australien kan dock även komma i fråga. De polska kolen har låg svavelhalt och måttlig askhalt.

Stenkol karaktäriseras av sådana faktorer som energiinnehåll, kolhalt, gasinnehåll, vattenhalt, svavelhalt och kornstorlek samt askhalt och askans smältpunkt, sintringspunkt och halt av olika ämnen. Energiinnehållet, MJ/kg (GJ/ton) kan avse kalorimetriskt värde vid konstant tryck och gälla för antingen vattenfritt prov eller brännbar substans, eller avse effektivt energiinnehåll (för prov i inlämningstillstånd). Sistnämnda ger det lägre och används för de omräkningar som behövs i detta sammanhang. Stenkol torde i regel ha ett energiinnehåll av ungefär 7,6 MWh/ton (27,4 GJ/ton). I Wash-1250 (16) anses ett 1 GWe kraftverk, som under normal drift (omfattande 75 % fulldriftstid) producerar 6,6 TWh per år, kräva en utvinning av ungefär 2,3 miljoner ton kol per år. I denna redogörelse har detta omräkningstal använts.

Kolet förekommer i stenkol både elementärt och kemiskt bundet, bl a som gaser. Totala kolhalten varierar från ungefär 75 till 90 %. Gaser finns inneslutna i kolets sprickor och porer och halten sjunker med ökad hantering och bearbetning p g a ökad fri yta genom minskad kornstorlek. Med avseende på stenkolets gasinnehåll skiljer man mellan flamkol (37-45 vikts %), gaskol (28-37 %), feta kol (20-28 %) och magra kol (9-20 %). Vattenhalten varierar under olika skeden av hanteringen alltefter tillämpade metoder vid brytning, bearbetning, transport och lagring. Stenkol innehåller svavelkis i mängd som varierar och avgör dess svavelhalt; spår av svavelväte kan även förekomma. Svavelhalten torde vanligen röra sig om 3-4 % men kan variera för olika fyndigheter från mindre än 1 % upp till ca 10 %. Polska kol har som nämnts låg svavelhalt, i regel mindre än 1 %. I fråga om kornstorleken skiljer man samtagen, dvs osorterad stenkol och kol av olika storlek, där styckekol är grövst (över 125 mm) och stybbkol är finast (under 10 mm). Mängden och sammansättningen av den aska stenkolen ger vid förbränning bestäms främst av de icke

brännbara beståndsdelar, vilka ingår som föroreningar i stenkolen. Dessa utgörs i huvudsak av olika slag av silikatmineral, kvarts, svavelkis och i vissa fall karbonatmineral m m. Askhalten kan variera från ca 5-20 % och torde för polska kol röra sig omkring 10-15 %. De kemiska föreningar som ingår i askan är främst uppbyggda av sådana ämnen som kisel, syre, järn, aluminium, kalcium, magnesium och kalium. Andra ämnen som kan ingå är titan, svavel, fosfor och natrium samt krom, koppar, mangan, zink, vanadin, nickel, bly, arsenik, kadmium och kvicksilver m fl. I askan ingår dessutom oförbränd kol i mindre mängd. Askan (torraska) kan delvis ha sintrat eller efter smältning ha omvandlats till slagg.

2.2 UTVINNING

2.2.1 METODER

Den brytningsmetod som tillämpas vid exploatering av en fyndighet, dvs vid utvinningen av stenkol, varierar i hög grad med de geologiska betingelserna på platsen. Stenkolen uppträder i tunna skikt eller tjocka lager, s k flötser, växellagrande med lerskiffer, lersten, sandsten och i bland karbonatbergarter såsom kalksten och karbonattjärmalm (siderit). Lagren är ursprungligen och företrädesvis horisontella eller flackt stupande ($0-20^\circ$), men kan genom orogena rörelser i form av veckningar ha rests brantstående och i form av överskjutningar och förkastningar ha förskjutits inbördes. De kolflötser som anses brytvärda har en mäktighet (mätt vinkelrätt mot skiktplanen) av minst ca 1/2 m. En kolflöts mäktighet kan dock uppgå till 20 m eller mer. Normalt är mäktigheten av de flötser som bryts i genomsnitt ca 1 1/2 m.

Om en horisontell eller flackt stupande kolflöts är belägen på ringa djup, kan kolet utvinnas genom dagbrytning i s k dagbrott. Detta föregås av maskinell avrymning av överlagrande jordarter och, om flötsen överlagras av fast berg, genom sprängning och maskinell lastning och transport av detta tills kolflötsen blottlagts. Därefter brytes kolet med speciella maskiner eller genom sprängning och lastas och transporteras för ev vidare bearbetning etc. Överlagrande material återfylls efter brytning och täcks med matjord. Erforderlig arbetsinsats i mantimmar per utvunnen ton kol blir låg. Jämfört med underjordbrytning ger dagbrytningen avsevärt gynnsammare betingelser för att skapa en säker och god arbetsmiljö. Yrkesskadorna per ton utvunnen kol blir också avsevärt färre och lindrigare, vilket visas senare. Efter som stenkolsutvinning genom dagbrytning torde bli mindre aktuell i de länder från vilka Sverige kan förväntas importera stenkolen (se ovan) har redogörelsen i det följande inriktats på underjordsbrytning.

Inom den europeiska gemenskapen (EG) finns en kommission för gruvornas säkerhet och hälsa, the Mines Safety och Health Commission (här kallad MSHC). Denna kommissions verksamhet har hittills huvudsakligen rört olycksfall under jord i kolgruvor, men utvidgas successivt till att röra alla slag av yrkesskador vid såväl kolgruvor som andra gruvor och såväl ovan som under jord. Inom den

angivna ramen främjar MSHC forskning och information, utreder olika slag av skyddsåtgärder, föreslår ändring av säkerhetsbestämmelser och utger gemensam statistik m m. För verksamheten redogörs årligen i en rapport (32), som bl a innehåller vissa tekniska data och beskrivning av händelser som lett till s k gruppolycksfall, varmed avses händelser som lett till fler än fem omkomna. Den innehåller dessutom en detaljerad yrkesskade-statistik över olycksfall under jord i kolgruvor. Olycksfall ovan jord är alltså undantagna liksom även yrkessjukdomar såväl ovan som under jord. Statistiken för Storbritannien, vilket land anslöt sig senare till EG, har ännu inte hunnit samordnas med den för de övriga kolproducerande länderna, dvs Västtyskland, Frankrike, Belgien, Nederländerna och Italien.

Exploateringen av en kolgruva börjar med vissa förberedande arbeten och fortsätter med lokala tillredningsarbeten för brytningen, innan denna kan börja. Till förberedande arbeten hör främst följande: drivning av minst två dagschakt, det ena för person- och materieltransport och för uppföring av berg (kol), det andra för ventilation och utrymning (reserv); indelning av gruvan i brytningsetager och drivning av huvudkommunikationsleder (huvudutfraktsorter) för person-, materiel- och bergtransport; samt utsprängning av bergrum för vattenunderhållning (pumprum och bassänger), ventilation (fläkt/luftfilterrum), lagring, service och reparation av utrustning (reparationsverkstäder), lagring av explosiva varor (sprängämnesrum) och personalservice (personalrum) m m. Tillredningsarbetena för en brytningsetage utgörs främst av drivning av lokala kommunikationsleder (utfraktsorter och blindschakt) i anslutning till den förestående egentliga kolutvinningen. Denna sker i brytningsrum, i regel efter en långsträckt brytningsfront, där det utbrutna rummet successivt tillfälligt förstärks genom ett inbyggnadssystem av stämplingar eller av hydrauliskt manövrerade mobila sköldar, som efter förflyttning gör, att det förutvarande brytningsrummet så småningom rasar igen. Själva brytningsrummet, som kan ha en längd av ca 100-200 m och en bredd av ca 2-6 m, rör sig sålunda etappvis och vinkelrätt mot sin längdriktning. Metoden kallas långväggsbrytning (long wall, Strebbau). Den är karakteristisk för kolgruvor och dominerar där kolflötsen är horisontell eller stupar flackt eller måttligt (högst ca 40^o) och har stor ytutsträckning och en mäktighet upp till ca 3-4 m (28). I Europa är denna metod mycket vanlig. I Förenta Staterna används mest s k rum- och pelar-brytning, där utbrutna rum igensätts på olika sätt med bergavfall av varierande slag.

I MSHC-rapporterna 1973 och 1974 (32) anges bl a för åren 1972-1974 antal kolgruvor i drift vid resp års slut samt kolproduktionen under jord dessa år för EG-länderna totalt och för de enskilda länderna. I tabell 2.2.1:1 har en del av dessa uppgifter upptagits.

I MSHC-rapporten 1973 har kolbrytningen under jord i EG-länderna även belysts med tekniska data gällande för 1972. Utdrag därur, med vissa siffror avrundade, återges i tabell 2.2.1:2. Procenttalen är ställda i förhållande till kolproduktionen. På grund av att produktionen i Västtyskland och Storbritannien dominerar har separata data för dessa även medtagits.

Tabell 2.2.1:1 Antal kolgruvor och kolproduktion under jord i EG-länderna 1972-1974. Totalt samt separat för Västtyskland och Storbritannien

År	Antal kolgruvor, underjord			Kolproduktion, miljoner ton		
	EG, totalt	Därav Västt	Storbr	Eg, totalt	Därav Västt	Storbr
1972	405	61	281	271,4	108,4	119,5
1973	369	52	261	270,3	103,6	130,2
1974	344	47	250	242,6	101,5	109,2

Tabell 2.2.1:2 Tekniska data om kolgruvor under jord i EG-länderna för år 1972. Procenttalen är ställda i förhållande till kolproduktionen

Art, enhet	EG, totalt	Därav Västt	Storbr
Brytningsmetoder %			
Långväggsbrytning	96,2	100	97,5
Annan metod	3,8	-	2,5

Brytningsfrontens medellängd, m	185	214	171

System för inbyggnad e d vid brytning, %			
Ras (inbyggnad med återvinning)	88,1	85,4	96,0
Igensättning med fast fyllning	9,3	8,5	-
Annan igensättning	2,6	6,1	4,0

Flötsens mäktighet, m			
från - - - till	0,5-20	0,7-3,2	0,6-2,7
m v för brutna flötser	1,5	1,3	1,4

Flötsens stupning			
0-20 ^g %	85	81	97
21-40 ^g %	10	12	3
41-100 ^g %	5	7	-

Utvinnings sätt, %			
mekaniserat	91	95	97
manuellt (handhållna maskiner)	9	5	3

Stödsystem i brytningsrum, %			
Separata stämplingar	-	52	13
Självmobil utrustning	-	48	87

Brytningsrummens djupläge, m			
från - - - till	40-1355	331-1063	48-1090
genomsnittligt	635	792	484

2.2.2 RISKER

Betingelserna för att uppnå en säker och hälsosam arbetsmiljö under jord i en kolgruva är mycket ogynnsamma i huvudsak av följande skäl.

- a) De flesta arbetsplatserna flyttas från dag till dag. — Det gäller för alla dem, som driver schakt och orter, utspränger berg- rum och bryter kol i brytningsrummen. Eftersom kolet och sidostenen är inhomogena och variationerna av deras egenskaper är svåra att förutspå och i detalj bestämma, blir det svårt att vidta adekvata skyddsåtgärder mot de skadliga händelser, som ändringen av egenskaperna kan medföra. Arbetsplatsens förflyttning gör det även allmänt svårare att skapa en säker och god arbetsmiljö med avseende på bergrummens bestånd, ventilation, belysning, buller etc.
- b) Arbetsplatserna är många och starkt spridda. — Det försvårar kommunikation med och tillsyn av personal samt kontroll av berg- rummens bestånd, gruvluftens sammansättning, ventilationssystem och annan utrustning som påverkar säkerheten. Bristande kommunikation kan få förödande effekt i en nödsituation.
- c) Bergrummens bestånd är primärt beroende av kolflötsens och sidostenens hållfasthetsegenskaper och sekundärt av bergförstärkningens samverkan med berget. — Båda dessa tillståndsskeden är såväl i stora sammanhang som i detalj svåra att förutspå. En kolflöts har mycket dålig förmåga att uppta de belastningsändringar som friläggandet av ett rum ger upphov till. Eftersom även sidostenen ofta har låg hållfasthet, leder detta till stenfall från brytningsrummets tak, om förstärkning inte hunnit vidtas. Kolet kan dessutom ha så högt gasinnehåll och in situ stå under så högt tryck att det vid friläggning plötsligt kastas ut i stor mängd i brytningsrummet.
- d) S k gruvgas (huvudsakligen metan, se nedan) kan tränga ut, även från kol med lågt gasinnehåll, och bli ansamlas i högt belägna "fickor" eller i ett brytningsrum, där gasen kan initieras med svår gruvgasexplosion som följd. Se även f.
- e) Under brytningen och den senare hanteringen bildas koldamm, som, om det är explosivt, kan initieras och leda till svår dammexplosion.
- f) Även om gruvgas uttränger i liten mängd (jfr d) kan det vid initiering och explosion virvla upp och initiera explosivt koldamm till en häftig koldammexplosion som fortplantar sig genom stora områden med förödande effekt.
- g) Gruvbrand kan uppstå genom självantändning av kol eller på annat sätt (jfr h) och den kan få stor omfattning bl a genom att brutet kol som befinner sig i brytningsrum och under transport även kan successivt antändas. — Brandgaserna bidrar i hög grad till skadeeffekterna. Motsvarande gäller givetvis även för explosionsgaserna från explosion av gruvgas och/eller koldamm (jfr d-f).
- h) Gruvhisshaveri kan inträffa för personhiss direkt, eller indirekt via berghisshaveri, som kan leda till störtning av bemannad personhiss med mycket svåra följder. — Gruvhisshaveri kan även ge upphov till schaktbrand (jfr g). Detta medför behov av gruvutrymning men fördröjer samtidigt denna genom att färre intakta schakt blir tillgängliga.
- i) Normalt långsamma sättningar av bergtaket i utbrutna delar kan plötsligt få ett snabbt förlopp och sprida sig till omfattan-

de gruvras i närbelägna brytningsrum.

j) Watteninbrott kan inträffa med omfattande inflöde av vatten och berg, om någon stor vattensamling finns i gruvans närhet i dagen och om starkt uppsprucket berg efter förkastningar etc sträcker sig ned från denna mot brytningsområdet.

k) Utträngande gruvgas medför syrebrist som kan leda till kvävning. Den kan även innehålla giftiga gaser såsom svavelväte och kolmonoxid som kan medföra snabb förgiftning.

l) Långvarig inandning av alstrat eller uppvirvlat damm kan så småningom ge upphov till pneumokonios (en lungsjukdom) i olika former alltefter dammens sammansättning och finhetsgrad. - Koldamm kan medföra antrakos och kvartshaltigt stendamm från t ex sandsten, silikos. Asbesthaltigt damm kan, om sidostenen skulle innehålla något asbestmineral i fibrös form, medföra asbestos och cancer i olika former. De geologiska förutsättningarna för förekomst av asbestmineral i anslutning till en kolfyndighet torde dock vara sällsynta, särskilt fibrösa mineral. Exponeras samma person för koldamm och damm innehållande ett eller flera av ovannämnda mineral kan flera former av pneumokonios uppkomma. Expositionen behöver därvid inte vara till tiden samfallande. Vid fastställande av pneumokonios härrörande från damm vid kolhantering, vilket kan innehålla t ex både kol- och kvartsdamm, har det i praktiken inte visat sig möjligt att skilja mellan antrakos och silikos. En lungsjukdom, som härrör från damm av kol med eller utan kvarts, betecknas därför oftast som pneumokonios. Om silikos påvisats anges i stället detta.

m) Andra luftföroreningar som i aktuella fall kan bildas är främst spränggaser och dieselavgaser. - Sprängning förekommer i regel vid tillredningsarbeten och förberedande arbeten i sidosten, sällan i anslutning till kolbrytningen. Dieseldrivna fordon i gruvor där gruvgas eller explosivt koldamm förekommer är skyddsutförda så, att de inte kan ge upphov till någon initieringskälla.

n) De ovan angivna betingelserna (a-m) kan ge upphov till kombinerade händelser och effekter, bland vilka endast några viktiga sådana berörts under e-h.

I en översiktsartikel av Willet (33) om explosioner i huvudsakligen brittiska kolgruvor genom gruvgas och/eller koldamm redogör han för ett stort antal sådana, när och var de inträffat, antal dödsoffer, kända eller sannolika initieringsorsaker samt skyddsåtgärder. I artikeln påvisas även en tydlig tendens till minskande antal dödsfall genom explosioner, med tiden och per olyckshändelse, vilket följande sammandrag ger en bild av.

1870-1920 omkom ca 8000 personer i de brittiska kolgruvorna genom sådana explosioner.

1878-1918 medförde ca 15 av dessa explosioner vardera mer än 100 dödsfall.

1918-1934 gav inte någon explosion upphov till mer än 100 dödsfall.

1924-1974. Under denna period omkom drygt 2000 personer genom explosioner.

1964-1974. Av de ovannämnda omkom endast 10 under denna period.

Eftersom explosioner i kolgruvor genom gruvgas och/eller koldamm fortfarande kan inträffa och kan få särskilt svåra följder, skall bakgrunden till dessa nedan beröras med viss här redan nämnd litteratur (25-28 och 32-33) som underlag.

Gruvgas består i huvudsak av metan. Ibland kan högre kolväten, främst etan, ingå, varigenom gruvgasen blir mer lättantändlig och ger svårare explosionseffekt. I undantagsfall kan gruvgasen även innehålla något svavelväte och väte, som också är explosiva.

Metan har en undre och en övre s k brännbarhetsgräns av 5 resp 15 vol %, vilket innebär att, om dess halt i luft ligger inom dessa gränser, kan den antändas och brinna. Den har en minsta tändenergi av 0,28 mJ, som inträder vid en halt av 8,5 vol %. Den kan tändas av mycket små gnistor av t ex aluminium, magnesium och titan; endast 1 µg fordras vid en halt av 7 vol % metan i luften. Maximala explosionstrycket, dvs det högsta tryck som vid gynnsamaste gas/luftblandning kan uppnås i ett slutet kärl (5 l), är för metan 0,71 MPa övertryck (7,1 at ö). — De övriga nämnda gasernas undre och övre brännbarhetsgränser är för etan 3,0 resp 15,5 vol %, för svavelväte 4,3 resp 45,5 vol % och för väte 4,0 resp 75,6 vol %. Minsta tändenergin för etan inträffar vid en halt av 6,5 vol % och är 0,25 mJ; motsvarande värden för väte är 28 vol % resp 0,019 mJ. Minsta tändenergin för svavelväte är 0,068 mJ. — Densiteten i förhållande till luft är för metan 0,55, för etan 1,04, för svavelväte 1,19 och för väte 0,07.

Uppkomsten av gruvgas varierar med bl a stenkolets ursprungliga gasinnehåll (jfr avsnitt 2.1), det tryck kolet har varit utsatt för och den kornstorlek kolet får under brytningen och den fortsatta hanteringen. I princip tillämpas numera samma skyddsåtgärder i kolgruvor där gruvgas påvisats oberoende av påvisad halt.

I fråga om koldamm och dess explosionsbenägenhet kan följande nämnas. Explosionsbenägenheten beror i första hand på kolets sammansättning, dvs art och halt av dess gaser och föroreningar. Men den beror även på kolets sprickighet och porositet, som styr finfördelningsgraden av gaserna, och på föroreningarnas finfördelningsgrad. Askhalten och askans sammansättning ger en viss uppfattning om kolets halt av föroreningar och deras sammansättning. Kolets gashalt kan vara så låg och dess föroreningshalt så hög, att koldammet oberoende av andra faktorer inte är explosivt. Stenkolen i Skåne ger, som tidigare berörts, ett icke explosivt koldamm, vilket just beror på ovan nämnda omständigheter. Detta utgör dock ett undantag. I regel är stenkolsdamm under vissa betingelser explosivt, nämligen om dammet är tillräckligt fint och om det i uppvirvlat tillstånd har tillräcklig koncentration i luften. Koldammets tändkänslighet bestäms av minsta tändtemperaturen, minsta tändenergin och undre brännbarhetsgränsen. Dammets explosiva verkan bestäms av maximala explosionstrycket och tryckstegringshastigheten. För koldamm med varierande gasinnehåll har dessa data sammanförts i tabell 2.2.2:1. Värdena härrör från Palmer (27).

Det bör observeras att samtidig förekomst av gruvgas och koldamm kan sänka de enskilda komponenternas undre brännbarhetsgräns. Så kan t ex en metan-luftblandning med mindre än 5 vol % metan, som ju normalt inte är explosiv, bli explosiv genom uppvirvlat koldamm. Omvänt kan en koldamm-luftblandning med icke explosiv kol-

Tabell 2.2.2:1 Explosiva egenskaper hos koldamm med olika gasinnehåll. Bestämningarna är utförda av US Bureau of Mines.

Koldamm med gasinnehåll, %	Minsta tändtemperatur, °C	Undre brännbarhetsgräns, g/m ³	Minsta tändenergi, mJ	Största explosions-tryck, MPa	Största tryckstegringshast. ringshast. MPa/s
8	730	-	-	-	-
12	670	240	-	-	-
25	605	210	120	0,43	2,8
37	610	170	55	0,62	15,9
43	575	180	50	0,63	13,8

1) Den halt av koldamm i luft, vid vilken å ena sidan explosionstrycket, å andra sidan tryckstegringshastigheten är störst, är inte alltid densamma.

dammhalt bli explosiv, om den råkar tillföras gruvgas i t ex en frånluftledning för ventilation. Av det ovan sagda om minsta tändenergin framgår vidare, att denna är avsevärt lägre för metan och etan, och särskilt för svavelväte och väte, än för koldamm. Här bör även erinras om, att en gruvgasexplosion genom uppvirvling av koldamm kan ge upphov till en koldammsexplosion, som sedan blir självförsörjande på uppvirvlat damm framför sin explosionsfront. Allt detta gör att kombinerad förekomst av gruvgas och explosivt koldamm är avsevärt farligare än om endast den ena av dessa komponenter förekommer i gruvan. Med avseende på initieringsrisken är gruvgas farligast men med avseende på explosionens omfång är koldamm farligast.

Initieringskällan vid en gruvgas- och/eller koldammsexplosion är ofta olika slag av friktion. Sådan kan uppkomma t ex, när verktyget till en kolbrytningsmaskin träffar på en anhopning av svavelkis eller hårt kvartshaltigt material i flötsen; eller vid stenfall från taket av hårt bergmaterial mot någon stålkonstruktion; eller vid friktion mellan en stämpling av lättmetall-legering mot rostigt stål. - Om aluminiumfärg stryks på rost får man en sk termitblandning. Ett lätt hammarslag mot detta ger vid träffpunkten en snabb kemisk reaktion med en temperaturstegring till ca 3000°C. Efter ovan nämnda erfarenheter och många försök av liknande slag har National Coal Board (NCB) i Storbritannien numera ställt kravet att legeringar som innehåller aluminium och/eller magnesium och/eller titan får inte utan särskilt tillstånd användas i kolgruvorna om deras totala halt överstiger 15 viktsprocent eller om halten magnesium och titan tillsammans överstiger 10 viktsprocent. - Andra orsaker till initiering kan t ex vara fel på elutrustning, statisk elektricitet och bruk av öppen eld mot förbud, t ex rökning. - Slutligen bör observeras att stenkol kan självantända, särskilt om den är starkt sprickig eller porös. När en kolyta friläggs får syre tillträde, koldioxid bildas och vid ca 100°C även kolmonoxid, varefter processen sker snabbare. Den underlättas om svavelkis är närvarande. Dess oxidation leder till volymutvidgning, sprickorna vidgas och syret får lättare tillträde. I finfördelat kol påskyndas processen också.

Den stora risken för gruvgas- och/eller koldammsexplosioner i kolgruvor har gjort att alla industriländer med hög kolproduktion under årens lopp har bedrivit mycket omfattande forskning, försöksverksamhet och utvecklingsarbete för att klarlägga problemen och ge säkra arbetsmetoder och adekvata skyddsåtgärder. Det har också lett till rigorösa föreskrifter inom området, som kan beröra nästan varje slag av verksamhet under jord. Som exempel kan nämnas krav om sammansättningen av sprängämnen och tändmedel, elutrustningens beskaffenhet, ventilation, åtgärder för att hejda en utbruten koldammsexplosion med hjälp av stendammbarriärer eller på annat sätt, restriktioner om materialval för olika utrustningar (jfr ovan), kontroll av ventilationen och gruvluftens sammansättning, förbud mot öppen eld etc. Detta har satt tydliga spår under senaste årtionedena i form av minskat antal verkligt svåra katastrofer med hundratals döda. Den senaste som Willett (33) omnämner i sin artikel inträffade i kolgruvan Wankie i Rodesia 1972. Den berodde på en koldammsexplosion och medförde att mer än 400 personer omkom.

Koldammsexplosioner kan även inträffa inom anläggningarna ovan jord vid en kolgruva. Efter uppfordring till dagen med gruvhissen i vagnar eller skip omlastas nämligen kolet för vidare hantering. Denna omfattar i regel sortering av kolet i olika korstorlekar (styckekeol, stybbkol m m) genom siktning och vidare transport till fickor (silo) och/eller upplag. Ofta åtföljs siktningen även av krossning och anrikning. Nämnade slag av hantering sker i regel inomhus och ibland genom torra processer. Under sådana betingelser kan koldammsexplosioner och, i fickor och upplag, självtändning av kolet inträffa om inte effektiva skyddsåtgärder vidtas. Kolanrikning dominerar dock av metoder, där mediet är antingen vatten eller en suspension av magnetit Fe_3O_4 i vatten. - Ovanjordsanläggningen kan även omfatta verkstäder för större reparationer av gruvutrustning m m. I sådana verkstäder torde arbetsmiljöbetingelserna vara ungefär desamma som i en normal verkstad.

2.2.3 YRKESKADOR

Eftersom de skånska stenkolen har speciella egenskaper (se ovan) och eftersom kolbrytningen i Sverige upphörde 1966, saknar yrkeskadestatistik från Sverige intresse i detta sammanhang. I fråga om utländsk statistik har följande redogörelse av förut angivna skäl inriktats på statistik från EG-länderna med tonvikten lagd i första hand på Västtyskland, i andra hand på Storbritannien. Viss statistik från U S A har även medtagits. Statistik från Polen vore även av särskilt intresse men har inte visat sig möjligt att uppbringa. Yrkesskadesituationen i Västtyskland förmodas här närmast kunna belysa även situationen i Polen.

I (4) redogör yrkesskadestatistikutredningen bl a för internationella rekommendationer om yrkesskador, såväl olycksfall som yrkesjukdomar, betonar svårigheten att jämföra statistik mellan olika länder p g a rekommendationernas ringa spridning och åskådliggör detta med exempel. Under genomgången av det statistiska underlaget för denna redogörelse har en del uppgifter framkommit som ytterligare belyser detta. Särskilt bör observeras att minsta antalet av en skada föranledda frånvarodagar som krävs för att skadan skall betraktas som olycksfall är

- i Storbritannien 3
- i övriga EG-länder 4 och
- i U S A (liksom Sverige) 1.

I fråga om beräkning av svårhetstalet, jämför dessutom avsnitt 1.2 med 1.4.

I den följande översikten anges olycksfallen med uppdelning på dels olycksfall under jord resp ovan jord, där kolutvinningen sker under jord, dels olycksfall i dagbrott. Yrkessjukdomarna anges med samma uppdelning där detta visat sig möjligt. Senast tillgängliga statistik har utnyttjats. Frekvenser m m har hänförs till nedlagd arbetstid och i möjliga fall omräknade till producerad kvantitet. För såväl olycksfall som yrkessjukdomar har i regel angetts totalfrekvens och dödsfrekvens. Bättre belysning av totaleffekten har eftersträfvats men har varit möjlig endast där yrkesskadorna är mer specificerade med avseende på sin svårighet eller finns uträknade som olika slag av "svårhetstal". I viss litteratur finns yrkesskadeeffekterna omräknade per GWe och år. I andra fall har här sådan omräkning skett, om uppgifterna varit relaterade eller kunnat relateras till kolproduktionen. Översikten inleds med sådana uppgifter om yrkesskador vid kolutvinning, som återfunnits i viss, delvis redan omnämnd litteratur, där jämförelser gjorts mellan olika slag av energikällor.

I Förenta Staternas atomenergikommissions rapport Wash - 1250 (16) hänförs yrkesskadorna till normalårsdriften av ett kraftverk med effekten 1 GWe, varvid antagits att kraftverket ger full effekt under 75 % av tiden, motsvarande en energiproduktion av 6,6 TWh per år. Man har då antagit att kraftverket förbrukar 2,3 miljoner ton kol per år, varav 50 % antagits härröra från underjordsbrytning och 50 % från dagbrytning, sistnämnda som s k "stripmining". Olycksfallen avser U S A åren 1965-1970. För kolutvinningen finns endast antal olycksfall angivna, fördelade på dödsfall och övriga, tabell 2.2.3:1. För hela kolcykeln finns även förlorade arbetsdagar angivna, fördelade på dödsfall och övriga.

Tabell 2.2.3:1 Antal olycksfall i U S A 1965-1970 vid kolutvinning. Framräknade för ett kraftverk med effekt 1 GWe och räknat per år. Från Wash - 1250 (16)

Antal olycksfall	Kolutvinning, totalt	Därav	
		Kolbrytning ¹⁾	Anrikning e d
Totalt	41,5	40,8	0,7
därav dödsfall	0,98	0,96	0,02
övriga	40,5	39,8	0,7

1) har antagits ske till hälften o j resp u j

I fråga om yrkessjukdomar har man med hjälp av uppgifter från Storbritannien 1969 om kollunga (antrakos) hos kolgruvearbetare beräknat antal fall av "enkel pneumokonios" och "massiv fibros" framräknat för 1 GWe kraftverk och räknat per år. Antal fall blev

0,7 resp 0,007. Man har härvid inbegripit det minskade antal fall som observerats sedan dammbekämpningen trädde i funktion vid de brittiska kolgruvorna. Angivna fall inbegriper dödsfall.

Lave och Freeburg (18) har för kolbrytningen i Förenta Staterna under åren 1965-1969 angett att i genomsnitt per år antalet dödsolycksfall var 246, antalet övriga olycksfall 10 251, antalet olycksfall per en miljon arbetade timmar 43,5 och antalet förlorade arbetsdagar per en miljon arbetstimmar 8 441. Förlorade arbetsdagar per dödsfall har förmodligen antagits enligt amerikanska normer (34) vara 6 000 dagar. Med bruk av genomsnittet förlorade arbetsdagar per 1 miljon arbetstimmar för åren 1965-1969 och med hjälp av vissa uppgifter om elproduktion vid kolkraftverk under 1969 har man sedan skattat antalet förlorade arbetsdagar vid kolbrytning 1969 för en elproduktion av 1 TWh till 1 545 dagar. Förmodligen omfattar beräkningarna kolbrytning både ovan och under jord men inte kolets eventuella bearbetning genom anrikning e d ovan jord. Om ett kraftverk med effekten 1 GWe per år producerar 6,6 TWh (se ovan) skulle de genom olycksfall vid kolbrytning förlorade arbetsdagarna uppgå till ca 10 000 per 1 GWe och per år. - I (18) har man även uppskattat antalet säkra fall av pneumokonios som förväntas uppstå vid kolbrytning för en elproduktion av 1 TWh till 0,7 fall. För en anläggning med effekt 1 GWe skulle detta motsvara 4,6 fall per år. Hur stor en sådan yrkeskadebelastning skulle bli, uttryckt i förlorade arbetsdagar, beror på andelen dödsfall resp invaliditetsfall, och för invaliditetsfallen även på graden av invaliditet. Om man i genomsnitt för samtliga fall antar förlorade arbetsdagar per fall vara 1 500, 3 000 resp 6 000 (sistnämnda avseende ett dödsfall eller ett fall av full invaliditet) skulle detta motsvara ca 7 000, 14 000 resp 28 000 förlorade arbetsdagar per år för en 1 GWe anläggning. Dessa värden kan jämföras med de förut uppskattade ca 10 000 förlorade arbetsdagarna genom olycksfall.

Comar och Sagan (22) har för bl a kolutvinning angett de lägsta och högsta värdena för antalet av olika slag av yrkesskador per år och 1 GWe kraftverk som de funnit vid litteraturgenomgång. Tabell 2.2.3:2

Tabell 2.2.3:2 Antal yrkesskador vid kolutvinning. Framräknade för 1 GWe kraftverk och räknat per år från Comar och Sagan (22)

Slag av yrkesskador	Vid litteraturgenomgång funna lägsta resp högsta antal yrkesskador
Dödsfall genom	
olycksfall 1)	0,45 - 0,99
yrkessjukdomar 2)	0 - 3,5
Övriga, genom	
olycksfall 3)	22 - 49
yrkessjukdomar 4)	0,6 - 48

- 1) Antal utnyttjade litteraturkällor: fem
 2) "- en
 3) "- fyra
 4) "- två

I (35) ger Förenta Staternas Gruvbyrå (U S Bureau of Mines) uppgifter om yrkesskador, dvs olycksfall och yrkessjukdomar för 1973, som inträffat vid utvinning av stenkol ("bituminous coal") och antracit i dagbrott och under jord i gruva och med yrkesskador från bearbetning ovan jord inräknade. Tabell 2.2.3:3 innehåller utdrag av vissa i (35) angivna frekvenser, i aktuella fall omräknade från "short ton" till metriska ton, samt en framräkning av dessa tal till ett kraftverk på 1 GWe och per år.

Tabell 2.2.3:3 Yrkesskador 1973 vid utvinning av stenkol och antracit i Förenta Staterna. Från (35)

Art av yrkesskador	Frekvens av yrkesskador per		
(Olycksfall <u>och</u> yrkessjukdomar)	1 miljon arbets- timmar	1 miljon ton utvunnen kol	1 GWe an- läggning och år ¹⁾
Dödsfall och invalidi- tetsfall	40,9	22,5	51,7
Övriga	51,6	28,4	65,2
Totalt	92,5	50,8	116,9

1) Andelen utvunnen antracit var endast 1,2 viktsprocent

2) Ett kraftverk på 1 GWe antas förbruka 2,3 miljoner ton stenkol per år. Antracitens högre energiinnehåll saknar betydelse, se not 1).

I (35) finns även en mer detaljerad uppdelning av antalet yrkesskador 1973 vid kolutvinningen i Förenta Staterna med avseende på dels skadeart, dels skadeplats. Sharkey (36) ger en översikt av säkerheten vid kolgruvorna i Förenta Staterna med en i vissa avseenden mer specificerad antalsfördelning med avseende på såväl skadeart som skadeplats, gällande för bl a 1973 och grundat på samma utgångsmaterial som återfinns i (35). Med material från (35) och (36) som grund har en mer detaljerad fördelning kunnat göras, än den i tabell 2.2.3:3 angivna genom beräkning av vissa andelstal enligt tabell 2.2.3:4 och med hjälp därav vissa skadefrekvensberäkningar. Se tabell 2.2.3:5.

Särskilt bör observeras, att produktionen från dagbrott är nästan lika stor som den från underjordsgruvor (se tabell 2.2.3:4), att skadefrekvensen vid underjordsgruvor är nästan tre gånger större än den i dagbrott (tabell 2.2.3:5), att frekvensen av döds- och invaliditetsfall är hög (tabell 2.2.3:3) samt att dödsfallen är starkt koncentrerade till underjordsgruvorna (tabell 2.2.3:4), vilket därför även kan förmodas gälla för invaliditetsfallen.

I maj 1973 överfördes det federala ansvaret för hälsa och säkerhet i gruvorna i Förenta Staterna från gruvbyrå till en ny organisation "the Mining Enforcement and Safety Administration" (MESA). Denna organisation ger i (37) uppgifter om i kolgruveindustrin inträffade dödsfall under 1974 med återblick på 1973; samt i (38) uppgifter om yrkesskador vid kolgruvor under 1975 med återblick på 1974.

Tabell 2.2.3:4 Objektsfördelningar 1973 vid utvinning av stenkol och antracit i Förenta Staterna. Underlag: (35) och (36)

Fördelningar med avseende på	Absoluta tal	Andelar
Sysselsatt personal, antal		
Underjordsgruvor	95 220	0,711
Dagbrott	27 998	0,209
Bearbetning (ovan jord)	10 649	0,080
Totalt	133 867	1,000

Produktion, miljoner ton		
Underjordsgruvor	251,7	0,521
Dagbrott	231,3	0,479
Totalt	483,0	1,000

Yrkesskador, antal		
Dödsfall		
Underjordsgruvor	107	0,004
Dagbrott	17	0,001
Bearbetning (ovan jord)	8	0,000
Totalt	132	0,005
Invaliditetsfall	11 067	0,438
Övriga fall	14 098	0,557
Totalt	25 297	1,000
Därav under jord	19 234	0,760
ovan jord	6 063	0,240

Uppgifterna från MESA i (37) gäller endast genom olycksfall inträffade dödsfall, men vid utvinning av såväl stenkol som antracit och såväl ovan som under jord. Tabell 2.2.3:6 innehåller från (37) hämtade uppgifter om antal dödsfall, deras fördelning och vissa frekvenser, i aktuella fall omräknade från "short ton" till metriska ton. Dessutom har framräkning skett till ett kraftverk på 1 GWe och per år.

Tabell 2.2.3:5 Frekvensfördelningar 1973 vid utvinning av stenköl och antracit i Förenta Staterna. Underlag: tabellerna 2.2.3:3 och 2.2.3:4

Fördelningar med avse- ende på skadeart och skadeplats	Frekvenser av antal yrkesskador ¹⁾ per		
	1 miljon arbetstimmar	1 miljon ton utvunnen kol	1 GWe anlägg- n. och år
<u>Skadeart</u>			
Dödsfall	0,5	0,3	0,7
Invaliditetsfall	40,5	22,3	51,3
Övriga (från tabell 2.2.3:3)	51,6	28,4	65,2
Totalt (från tabell 2.2.3:3)	92,5	50,8	116,9

<u>Skadeplats</u>			
Underjordsgruvor	98,9 ²⁾	74,1	170,4
Dagbrott ³⁾	76,8 ²⁾	25,6	58,9
Totalt (från tabell 2.2.3:3)	92,5	50,8	116,9

1) Sätt för beräkning av frekvenserna, varvid data om andelar i tabell 2.2.3:4 utnyttjats, åskådliggörs genom följande exempel, tagna från rubrikerna "dödsfall" och "underjord".

"Dödsfall": per tidsenhet = $0,005 \cdot 92,5 = 0,5$

per prod. kvant. = $0,005 \cdot 50,8 = 0,3$

per anlägg. och år = $0,3 \cdot 2,3 = 0,7$

"Underjord": per tidsenhet = $(0,760 \cdot 92,5) : 0,711 = 98,9$

per prod. kvant. = $(0,760 \cdot 50,8) : 0,521 = 74,1$

per anlägg. och år = $2,3 \cdot 74,1 = 170,4$

2) Vid beräkning av dessa frekvenser har antagits att fördelningen av antalet arbetstimmar överensstämmer med fördelningen av antalet sysselsatta personer.

3) All bearbetning (dvs verk ovan jord, där siktning, krossning, sovring och anrikning ev förekommer) har hänförts hit trots att kanske endast ca hälften därav sker ovan jord vid dagbrott och resten ovan jord vid underjordsgruva.

I (38) ger MESA data om yrkesskador, dvs olycksfall och yrkes-sjukdomar för 1975, som inträffat vid utvinning av stenköl och antracit i dagbrott och under jord i gruva och med yrkesskador från bearbetning ovan jord inräknade. Tabell 2.2.3:7 innehåller utdrag av vissa i (38) angivna frekvenser, i aktuella fall omräknade från "short ton" till metriska ton, samt en framräkning av dessa tal till ett kraftverk på 1 GWe och år. Värdena är direkt jämförbara med dem i tabell 2.2.3:3 för år 1973 angivna.

Tabell 2.2.3:6 Dödsfall genom olycksfall 1973 och 1974 vid utvinning av stenkol och antracit¹⁾ i Förenta Staterna. Från (37)

Fördelning med avseende på skadeplats	Antal dödsfall		Frekvenser av antal dödsfall per					
			1 miljon arbetstimmar		1 miljon ton utvunnen kol		1 GWe anläggning och år ²⁾	
	1973	1974	1973	1974	1973	1974	1973	1974
Underjordsgruvor, totalt	107	98	0,49	0,43				
Därav under jord	99	90	0,51	0,44				
ovan jord	8	8	0,35	0,30				
Dagbrott	17	26	0,28	0,43				
Bearbetning (ovan jord)	8	8	0,38	0,37				
Totalt	132	132	0,45	0,44	0,25	0,25	0,58	0,58

1) Andelen utvunnen antracit var endast 1,2 viktsprocent 1973

2) Ett kraftverk på 1 GWe antas förbruka 2,3 miljoner ton stenkol per år.

Tabell 2.2.3:7 Yrkeskadorna 1975 vid utvinning av stenkol och antracit¹⁾ i Förenta Staterna. Från (38)

Art av yrkeskadorna (Olycksfall och yrkesjukdomar)	Frekvens av yrkeskadorna per		
	1 miljon arbetstimmar	1 miljon ton utvunnen kol	1 GWe anläggning och år ²⁾
Dödsfall ³⁾ och invaliditetsfall	31,1	19,9	45,8
Övriga	24,0	15,4	35,4
Totalt	55,1	35,3	81,2

1) Andelen utvunnen antracit var endast 0,8 viktsprocent.

2) Ett kraftverk antas förbruka 2,3 miljoner ton stenkol per år. Antracitens högre energiinnehåll saknar betydelse, se not 1).

3) Antalet dödsfall var 154, som hänfödda till 346,1 miljoner arbetstimmar ger en dödsfallsfrekvens av 0,44 per miljon arbetstimmar.

Yrkeskadefrekvenserna har genomgående tydligt sjunkit avsevärt från år 1973 till år 1975, jämför tabell 2.2.3:7 med 2.2.3:3.

Av (35), (37) och (38) framgår vidare att ingen enstaka svår olycka (medförande fem eller fler dödsfall) inträffade vid kolutvinning under perioden 1973-1975 i Förenta Staterna.

Sharkey jämför i sin förut nämnda artikel (36) säkerheten vid kolutvinningen i Förenta Staterna med den i Storbritannien, National Coal Board (NCB). Han redogör även för säkerhetsinsatserna och berör utvecklingstendensen med avseende på säkerhet i kolgruvorna i Förenta Staterna. Dödsfallsfrekvensen per miljon arbetstimmar vid kolutvinningen i Förenta Staterna har under 50- och 60-talen rört sig om ungefär 1,0 ($\frac{1}{1}$ ca 0,2), men 1971 började en sänkning som fortsatte ned till 0,45 år 1973 enligt Sharkey. Av tabellerna 2.2.3:6 och 2.2.3:7 framgår att den både för år 1974 och 1975 var 0,44. Den har alltså knappast ändrats under de tre senaste åren 1973-1975. I Storbritannien var dödsfallsfrekvensen per miljoner arbetstimmar vid kolutvinning 1950 ca 0,40 och har sedan dess sjunkit successivt ned till ca 0,12 1973. Den stora skillnaden mellan Förenta Staterna och Storbritannien ännu 1973 är anmärkningsvärd inte minst med tanke på att i Staterna redan då nästan hälften av kolen utvanns i dagbrott. Enligt officiell statistik från Storbritannien (39) utvanns där 1973 endast 8 % av kolen från dagbrott, resten, dvs 92 % från underjordsgruvor. Skillnaden torde åtminstone delvis bero på att Förenta Staterna för underjordsgruvorna visar en avsevärt intensivare drift än Storbritannien, 1970-1973 ca 5-6 gånger större produktion per man och år och dödsfallen dominerar ju starkt under jord. Det sammanhänger bl a med bruket av andra, mer osäkra brytningsmetoder än i Storbritannien. I Förenta Staterna antogs 1969 en federal lag om hälsa och säkerhet i kolgruvor och sedan 1970 har man där successivt ökat satsningen inom detta område fram till 1975, för vilket år enbart federalt planerades en satsning av 28 miljoner dollar. Detta har, som framgår av det föregående redan gett resultat och kan leda till ytterligare avsevärda förbättringar genom bl a den intensiva tekniska utveckling som där bedrivs för ökad säkerhet i kolgruvor. Nära förestående förbättringar väntas enligt Sharkey bl a genom nya utrustningar för kolbrytningen, bergförstärkningen och närtransporter samt förbättrade brytningsmetoder. Pågående arbeten som på längre sikt kan väntas ge förbättringar rör bl a viss automatisering av kolbrytningen, mobila skyddstak som stöttar upp bergtaket, hydraulisk koltransport, kontinuerlig bandtransport med i sidled böjbara transportband, utrustning för förbättrad kommunikation med nödställda (instängda) och förbättrade utrustningar för förutsägelse av bergutkast (s k smällberg, bergskott), stenfall och större berggras. Sharkey anser att en del av de förbättringar som är på väg även bör kunna utnyttjas i de brittiska kolgruvorna.

Som tidigare nämnts för MSHC i sina årsrapporter (32) en detaljerad yrkesskadestatistik över olycksfall under jord i kolgruvor inom den europeiska gemenskapen (EG). Olycksfallen ovan jord är alltså undantagna liksom även yrkessjukdomar såväl ovan som under jord. Statistiken för Storbritannien har dock ännu inte hunnit samordnas med den för de övriga kolproducerande länderna inom EG. Tabellerna 2.2.3:8 och 2.2.3:9 innehåller utdrag ur dessa rapporter med avseende på vissa olycksfallsfrekvenser och angivna i avrundade tal. Tabellerna innehåller dessutom vissa frekvenser som beräknats med hjälp av i rapporterna angivna absoluta tal i form av antal olycksfall, antal miljoner arbetstimmar och antal miljoner ton producerad kol. I tabell 2.2.3:8 ges en översikt för åren 1970-1974 över frekvenser för enbart dels dödsfall, dels s k svåra olycksfall, varmed avses sådana, där den skadade var ur stånd att återgå till arbetet minst åtta veckor (för Storbritannien dock annan innebörd, se tabellnot). I tabell 2.2.3:9

ges för år 1974 frekvenserna för alla slag av olycksfall med mer detaljerad uppdelning på skadeart. Frekvenserna har i båda tabellerna angetts dels per 1 miljon arbetstimmar, dels per 1 miljon ton producerad kol. I tabell 2.2.3:8 har upptagits frekvenser för EG (exkl Storbritannien) för sig och Storbritannien separat eftersom frekvenserna endast delvis är jämförbara. I tabell 2.2.3:9 har Storbritannien ej alls medtagits, ty ytterligare jämförbara värden saknas. I stället har förutom EG (exkl Storbritannien) Västtyskland upptagits separat.

Av tabell 2.2.3:8 framgår att frekvenserna för EG (exkl Storbritannien) är rätt lika under 5-årsperioden 1970-1974 och inte visar någon tendens till minskning, varför medelvärdena kan anses vara representativa. Storbritannien visar en minskande tendens från 1973 till 1974, men eftersom perioden endast omfattar två år har ändå medelvärdena beräknats för denna tid. Storbritannien kan jämföras med EG endast med avseende på dödsfallsfrekvenserna, ty i fråga om de svåra olycksfallen har de i Storbritannien närmast innebörd av invaliditetsfall under det att för EG ett stort antal mindre svåra fall även innefattas i detta begrepp. Dödsfallsfrekvenserna är tydligt lägre i Storbritannien än i övriga EG länder.

Från tabell 2.2.3:8 kan för Storbritannien beräknas förhållandet mellan frekvenserna för "invaliditetsfall" och dödsfall. Det är 8,3 resp 8,2 beräknat på medelvärdena av arbetstids- resp produktkvantitetsfrekvenserna. Man kan därför förmoda att per dödsfall i genomsnitt följer drygt 8 invaliditetsfall.

Tabell 2.2.3:8 Frekvensen 1970-1974 för dödsfall och svåra olycksfall under jord i kolgruvor inom Europeiska Gemenskapen (EG) (EG). Från (32)

Länder och år	Frekvenser per (och för)			
	1 miljon arbetstimmar		1 miljon ton producerad kol	
	Dödsfall	Svåra olycksfall ¹⁾	Dödsfall	Svåra olycksfall ¹⁾
EG ¹⁾ (exkl Storbritannien), totalt:				
1970	0,43	15,05	1,10	38,69
1971	0,44	15,09	1,10	37,89
1972	0,40	15,60	1,03	37,96
1973	0,41	16,77	0,98	39,80
1974	0,46	16,12	1,07	37,91
Mv på frekv. för 1970-1974	0,43	15,73	1,06	38,45
Storbritannien ¹⁾ :				
1973 ²⁾	0,24	1,60	0,57	3,76
1974	0,14	1,56	0,34	3,82
Mv på frekv. för 1973-1974	0,19	1,58	0,46	3,79

1) Med svåra olycksfall avses

för EG: sådana, där den skadade var ur stånd att återgå till arbetet minst åtta veckor;

för Storbritannien: sådana, som medför svåra frakturer eller amputationer och andra skador som medför livsfara eller permanent oduglighet. - De torde kunna betecknas som invaliditetsolycksfall.

2) Tidigare år ej tillgängliga.

Tabell 2.2.3:9 visar bl a, att de svåra olycksfallen (fler än 56 kalenderdagar) utgör en betydande andel av samtliga olycksfall, ca 9 % och att Västtyskland genomgående nått lägre frekvenser än EG i sin helhet (exkl Storbritannien).

Tabell 2.2.3:9 Frekvenser 1974 för olycksfall av alla svårighetsgrader under jord i kolgruvor inom Europeiska Gemenskapen (EG). Från (32)

Frekvenser för antal olycksfall relaterade till tid resp produktion och svårighetsfördelade enligt nedan	EG ¹⁾	Västtyskland
<u>Per 1 miljon arbetstimmar:</u>		
Skada av svårighetsgrad:		
4-20 kalenderdagar	110,97	82,99
21-56 kalenderdagar	50,63	46,20
>56 kalenderdagar	16,12	15,40
dödsfall	0,46	0,34
Totalt	178,17	144,92
<u>Per 1 miljon ton producerad kol:</u>		
Skada av svårighetsgrad:		
4-20 kalenderdagar	261,04	171,26
21-56 kalenderdagar	119,09	95,35
>56 kalenderdagar	37,91	31,77
dödsfall	1,07	0,70
Totalt	419,12	299,08

1) Här är Västtyskland inräknad men ej Storbritannien.

I (32) belyses även de s k gruppolycksfallen inom EG (exkl Storbritannien). Därmed avses en olyckshändelse, som medför fler än fem olycksfall, vilka vardera medförde oförmåga för den skadade att återta arbete under jord minst åtta veckor. Antal inträffade sådana gruppolycksfall och deras följder under de tre senaste femårsperioderna visas här nedan i sammanfattning:

1960-1964 inträffade 11 gruppolycksfall med totalt 387 dödsfall och 72 svåra olycksfall som följd. - Effekten var starkt koncentrerad till tre av dessa gruppolycksfall, vilka tre tillsammans medförde 338 dödsfall och 62 svåra olycksfall och inträffade 1962 i Västtyskland.

1965-1969 inträffade 9 gruppolycksfall med totalt 90 dödsfall och 15 svåra olycksfall som följd.

1970-1974 inträffade 8 gruppolycksfall med totalt 92 dödsfall och 17 svåra olycksfall som följd.

En tendens till minskning av antalet gruppolycksfall och deras följder kan alltså skönjas. Gruppolycksfallen har huvudsakligen förorsakats av explosioner av gruvgas eller koldamm eller varit knutna till transport och uppfordring (gruvhiss haveri!).

I sammanfattning kan följande sägas om yrkesskadestatistiken för kolutvinningen. Skadeartfördelad statistik över kolutvinning från

enbart dagbrott har inte kunnat spåras.

Förenta Staterna har statistik över utvinning som härrör ungefär till hälften vardera från underjordsgruvor resp dagbrott. EG har statistik som enbart härrör från underjordsgruvor och enbart avser olycksfall och enbart sådana som inträffat under jord.

Om man utgår från Förenta Staterna bör tabell 2.2.3:7 som avser alla yrkesskador, dvs olycksfall och yrkessjukdomar, vid allt arbete såväl ovan som under jord för kolutvinning under 1975 kunna utnyttjas. För 1974 kan ur tabell 2.2.3:6 även separat dödsfallsfrekvens hämtas. Vidare kan någorlunda renodlade total-skadefrekvenser för dagbrott hämtas från tabell 2.2.3:5. Resultatet av en sådan sammanfattning framgår av tabell 2.2.3:10, där dock tidsfrekvenserna inte medtagits.

Tabell 2.2.3:10 Yrkesskadefrekvenser från kolutvinning i Förenta Staterna. Underlag: tabellerna 2.2.3:5-7.

Fördelning av yrkesskador m a p skadeart och skadeplats (Olycksfall <u>och</u> yrkessjukdomar)	Frekvenser per	
	1 miljon ton utvunnen kol	1 GWe anlägg. och år ¹⁾
Alla processled ovan och under jord:		
Dödsfall (från 1973)	0,3	0,7
Invaliditetsfall (huvuds. fr. 1975)	19,6	45,1
Övriga (från 1975)	15,4	35,4
Totalt (huvuds. fr. 1975)	35,3	81,2
Enbart dagbrott, totalt (från 1973) ²⁾	25,6 ²⁾	58,9 ²⁾

1) Ett kraftverk antas förbruka 2,3 miljoner ton stenkol per år.

2) Siffrorna troligen för höga ty de inbegriper inte bara den bearbetning som kolen från dagbrotten underkastats utan även den underjordsbrutna kolens bearbetning.

Av statistiska centralbyråns statistik om utrikeshandel 1974 (40) framgår att importen av ångkol och stenkol till Sverige under 1974 till ca 80 % härrörde från Polen. Även av förut angivna skäl kan import av stenkol för kraftverk till stor del förväntas ske från Polen. Yrkesskadestatistik därifrån har dock inte kunnat erhållas. Bland EG-länderna kan Västtyskland av olika skäl anses vara mest intressant som källa för yrkesskadestatistiken. Det bör härvid observeras att kolutvinningen från såväl Västtyskland som Polen till helt dominerande del torde härröra från underjordsgruvor. I fråga om olycksfall under jord bildar alltså tabell 2.2.3:9 underlaget. Återstår inträffade, dels olycksfall ovan jord vid underjordsgruvor, dels yrkessjukdomar under och ovan jord vid dessa gruvor, bland vilka pneumokonios torde dominera. För Västtyskland har sådan statistik sökt uppbringas. Sedan EG och därefter västtyska ambassaden i Stockholm rådfrågats om berörd myndighet i Västtyskland har kontakt tagits med Statistisches Bundesamt i Wiesbaden, som hänvisat till Bundesministerium für Arbeit- und Socialordnung i Bonn. Från detta ministerium har bl a

mottagits 1975 års verksamhetsberättelse (41) för bergverksföreningen (die Bergbauberufsgenossenschaft) i Västtyskland, vilken berättelse bl a innehåller yrkesskadestatistik över yrkessjukdomarna i Västtysklands stenkolsgruvor. Övriga mottagna handlingar tyder på, att de få ovanjordsolycksfallen vid underjordsgruvorna torde vara inbegripna i olycksfallsstatistiken för underjordsarbetena.

Med hjälp av tillgängliga data från (41) och i tabell 2.2.3:9 har för Västtyskland de yrkesskadefrekvenser vid kolutvinning beräknats, som framgår av tabell 2.2.3:11. De avser såväl olycksfall som yrkessjukdomar som inträffat såväl under som ovan jord vid underjordsgruva. Yrkesskadorna i tabellen är beräknade för ett 1 GWe kraftverk och per år, varvid som tidigare antagits, att kraftverket förbrukar 2,3 miljoner ton stenkol per år.

Yrkessjukdomarna i tabell 2.2.3:11 avser alla under 1975 förstagångsersatta yrkessjukdomar vid stenkolsgruvorna. De samma år anmälda yrkessjukdomarna var drygt fem gånger fler. Med ledning av senast tillgängliga uppgift om kolproduktionen i Västtyskland (för år 1974, se tabell 2.2.1:1) och den antagna årliga kolförbrukningen vid ett 1 GWe kraftverk har det i tabellen angivna totala antalet yrkessjukdomar beräknats och de avser alltså år 1975 förstagångsersatta yrkessjukdomar. De representerar egentligen ett tidigare skede, eftersom de ådragits tidigare. Statistiken i (41) innehåller inte uppgifter om dödsfall och fall av fullständig invaliditet separat för stenkolsgruvor utan gemensamt med andra gruvor. De i tabellen angivna värdena för dessa har beräknats under antagande, att deras andel i stenkolsgruvorna överensstämmer med den andel yrkessjukdomarna i stenkolsgruvorna utgör av yrkessjukdomarna i alla gruvorna. - Ur statistiken från (41) har vidare beräknats, att av de år 1975 förstagångsersatta yrkessjukdomarna i stenkolsgruvorna (totalt 2 031 st) utgjordes 35 % av silikos, 30 % av meniskskador, 18 % av bullerskador, 9 % av vibrationsskador från tryckluftsverktyg och 6 % av siliko-tuberkulos. Bland resterande 2 % kan nämnas asbestos och asbestos i kombination med lungcancer, vilka tillsammans endast omfattade 0,4 % av samtliga.

Tabell 2.2.3:11 Yrkesskador vid utvinning av stenkol från underjordsgruvor i Västtyskland. Räknat för ett 1 GWe kraftverk och per år. Underlag: tabell 2.2.3:9 och (41). Se även text.

Skadeart	Antal skador
Olycksfall	
Skada av svårighetsgrad:	
4-20 kalenderdagar	394
21-56 kalenderdagar	219
> 56 kalenderdagar	73
dödsfall	1,6
Olycksfall, totalt	688

Yrkessjukdomar	
Skada av svårighetsgrad:	
annan än fullständig	
invaliditet resp dödsfall	42
fullständig invaliditet	1,6
dödsfall	2,0
Yrkessjukdomar, totalt	46

Yrkesskador, totalt	734
Därav, dödsfall	3,6

Från Storbritannien har senare officiell statistik (42) erhållits över yrkesskador 1975 vid utvinning av stenkol från underjordsgruvorna där. Räknat på motsvarande sätt för ett 1 GWe kraftverk och per år ger det följande antal yrkesskador:

Olycksfall, totalt	1 074
, därav dödsfall	1,3
Yrkessjukdomar, totalt	43
, därav dödsfall (ej angivna)	-
Yrkesskador, totalt	1 117
, därav dödsfall	1,3

Dessa kan dock inte direkt jämföras med yrkesskadorna för Västtyskland (och övriga EG). I Storbritannien förutsätts för olycksfall mer än tre dagars frånvaro, i Västtyskland minst fyra dagar. För dödsolycksfall förutsätts i Storbritannien, att personen skall ha avlidit inom 52 veckor efter olyckan, i Västtyskland inom 56 kalenderdagar. Vidare innehåller statistiken från Storbritannien inte någon uppgift om hur många yrkessjukdomar som haft dödlig utgång.

I sammanfattningen över kolets risker och yrkesskador (avsnitt 2.5) har av förut angivna skäl statistiken för Västtyskland använts, dvs tabell 2.2.3:11.

2.3 TRANSPORT

Yrkesskador, som härrör från lagring av stenkol vid det arbetsställe där den utvinnes, har berörts i avsnitt 2.2 och hänförs dit. Samma gäller om det lastningsarbete från lager som sker där. Därefter följer en landtransport, som kan förutsättas ske per järnväg, till utländsk hamn. Där förekommer lossning/lastning på fartyg, som åtminstone delvis torde ske i två etapper med mellanlagring i hamnen. Efter sjötransporten lossas kolen till lager i svensk hamn, vid vilken kraftverket här förutsätts ligga. Hur stor andel som mellanlagras i utländsk hamn kan inte bedömas här och ej heller det ev yrkesskadetillskott detta kan medföra. Lossningen av kolen till lager i svensk hamn torde utföras av kraftverkets personal och berörs i avsnitt 2.4.1 om lagring. I följande avsnitt behandlas alltså endast de yrkesskador som härrör från själva transportererna, dvs dels järnvägstransporten, dels sjötransporten.

Rörtransport av kol uppslammat i vatten förekommer även, dock ännu mest vid korta transportsträckor. Sådan form av transport berörs ej här.

2.3.1 JÄRNVÄGSTRANSPORT

Koltransporten med järnväg kan förutses komma att ske som massgods i stora vagnar och i stora enheter (pendeltåg) som utan växling passerar rangerbangårdar. Vagnarna kan antas ha en kapacitet av upp till 100 ton och ett koltåg har normalt en lastförmåga av 4 000-9 000 ton (11). Om man kan bortse från ev svinn under transporten skulle ett kolkraftverk på 1 GWe, som tidigare antagits förbruka 2,3 miljoner ton stenkol per år, kräva mellan ungefär 255 och 575 transporter per år med sådana tåg eller 1-2 tåg vartannat eller varje dygn.

Risker för yrkesskador vid järnvägstransport kan inträffa dels under normal drift, dels genom tågurspårningar och kollisioner mellan tåg inbördes, med andra fordon och mot fasta föremål e d. Sistnämnda risker, dvs sannolikheten för tågurspårningen resp kollisioner och mängden och svårighetsgraden av åtföljande yrkesskador torde vara svåra att förutsäga. De beror bl a på den tekniska säkerhetsnivån för aktuella bansträckor, signalsystem, vagnar och lok och på trafikintensiteter och tåghastigheter m m. Dessa faktorer varierar för olika länder och delvis för olika bansträckor i ett land. Även om den nuvarande risken kunde bedömas för viss bansträcka och viss tågtyp, tillkommer svårigheten att uppskatta den allmänt ökade kollisionsrisk som en ökad trafikintensitet genom koltransporterna skulle medföra.

I ett försök att uppskatta yrkesskadorna vid järnvägstransport har trafiksektionen vid arbetarskyddsstyrelsens tillsynsavdelning medverkat med stöd av vissa uppgifter från statens järnvägar. Den möjlighet som stått till buds med hänsyn till tillgängliga data har varit att söka uppskatta antalet yrkesskador vid transport av kol och koks med ledning av dels totala antalet yrkesskador vid transport av gods och personer, dels relationstalet mellan kol och koks samt totalt gods räknat i ton km. Eftersom växlingsarbetet vid en framtida koltransport beräknas försvinna har även tagits hänsyn till detta på grundval av ungefärliga andelen av de yrkesskador som härrör från sådant arbete. Uppskattningen

har gjorts med följande underlag och resultat, som avser 1975.

Kol och koks, ton	852 000
, ton km (i 1 000-tal)	123 853
Gods, totalt, ton	33 481 000
, ton km (i 1 000-tal)	8 163 440
Andelen m a p ton km för kol och koks av gods, totalt, %	1,5
Totala antalet yrkesskador vid gods- och persontransport, ca	2 000
Antalet yrkesskador vid kol- och kokstransport, primärt uppskattade	30
Antal yrkesskador ej hänfödda till växlingsarbete, uppskattad, %	75
Reducerat antal yrkesskador vid kol- och kokstransport, ca	23
Antal yrkesskador per ton km vid kol- och kokstransport, ca	$2 \cdot 10^{-7}$
Uppskattade genomsnittliga antalet sjukdagar per yrkesskada	20
Antal sjukdagar per ton km vid kol- och kokstransport, ca	$4 \cdot 10^{-6}$

Anledningen till att yrkesskador vid växlingsarbete har frånräknats är att koltransporter i stor omfattning kan förutses ske som systemtransporter (pendling av koltågen). Uppskattat antal yrkesskador per ton km kan ändå vara för högt, eftersom i siffran för totala antalet yrkesskador ingår skador från både gods- och persontransport. Å andra sidan skulle en ökad trafikintensitet kunna tänkas medföra ett ökat antal yrkesskador per ton km.

Stenkol har högre densitet än koks men värdena för "stenkol och koks" torde även kunna anses gälla för stenkol. Hur många yrkesskador det skulle bli per miljoner ton stenkol beror på transportsträckans längd, som inte är känd. Det kan dock vara rimligt att anta att stenkolen hämtas från Polen, närmare bestämt från Oberschlesien - Dombrowadistriktet, vilket skulle medföra en transportsträcka av ungefär 50 mil. Man kan då uppskatta frekvenserna per miljon ton stenkol, och sedan per 1 GWe kraftverk och år med förut använt omräkningstal (2,3 miljoner ton) enligt följande vid 50 mils järnvägstransport.

$$\text{Antal yrkesskador per 1 miljon ton stenkol,} \\ 2 \cdot 10^{-7} \cdot 10^6 \cdot 500 = 100$$

$$\text{Antal sjukdagar per 1 miljon ton stenkol,} \\ 100 \cdot 20 = 2\ 000$$

$$\text{Antal yrkesskador per 1 GWe kraftverk och år,} \\ 100 \cdot 2,3 = 230$$

$$\text{Antal sjukdagar per 1 GWe kraftverk och år,} \\ 230 \cdot 20 = 4\ 600$$

Här är givetvis inräknat yrkesskador vid ev tågurspårningar och kollisioner för 1975. Sådana olyckshändelser kan givetvis ge upp-

hov till variationer från år till år särskilt med avseende på svåra skador och därmed kanske på sjukdagsfrekvenserna.

Frekvenserna har här inte specificerats med avseende på dödsfall eller invaliditetsfall. Från riksförsäkringsverkets statistik (3) kan emellertid andelen dödsfall resp invaliditetsfall i förhållande till totala antalet yrkesskador vid järnvägstrafik uppskattas till 0,30 resp 1,11 % (Avser genomsnitt för åren 1971-1973). Härur kan frekvenserna för dessa ungefär uppskattas till följande antal.

Dödsfall per 1 miljon ton stenkol, $0,003 \cdot 100 = 0,3$

Invaliditetsfall per 1 miljon ton stenkol, $0,011 \cdot 100 = 1,1$

Dödsfall per 1 GWe kraftverk och år, $0,3 \cdot 2,3 = 0,7$

Invaliditetsfall per 1 GWe kraftverk och år, $1,1 \cdot 2,3 = 2,5$

2.3.2 SJÖTRANSPORT

Sjötransporten kan komma att ske med bulklastfartyg av varierande storlek alltefter transportförhållanden (östersjöfart, norrsjöfart, oceanfart) och hamnkapacitet. Av förut angivna skäl torde främst östersjöfart bli aktuell. De polska bulklastfartygen har för närvarande en storlek på 15 000-30 000 d w t, men större fartyg kan bli aktuella, upp till 70 000 d w t eller mer (11). Om ett kolkraftverk på 1 GWe förbrukar 2,3 miljoner ton stenkol per år skulle för dess försörjning krävas för fartyg på 30 000 resp 70 000 d w t minst ca 80 resp 35 fartygslaster per år.

Sjötransporten kan komma att ske med utländska eller svenska fartyg med en besättning av utländska eller svenska eller både svenska och utländska arbetstagare. Sjöfartsverkets årliga redogörelse för yrkesskadefall inom sjömansyrket (6) omfattar yrkesskador som drabbat anställda på svenska handelsfartyg, varvid även skador som inträffat under fritid medtagits. Av t ex redogörelsen för 1974 framgår att ungefär två tredjedelar av de anställda var svenskar, övriga utlänningar. I redogörelserna ges en mängd uppgifter, som allmänt belyser yrkesskadornas antal, art och orsaker m m inom sjömansyrket. Bl a anges antal yrkesskadefall resp dödsfall i % av fartygens totala bemanningsantal för åren 1965-1974. Andelen yrkesskadefall resp dödsfall var i medeltal under denna period 13,79 resp 0,14 % per år; för 1974 var motsvarande siffror 14,04 resp 0,25 %. Sjöfartsverkets redogörelser innehåller inga frekvensuppgifter som är direkt användbara i detta sammanhang. De innehåller inte heller tillräckligt dataunderlag för beräkning av sådana frekvenser. I redogörelserna finns emellertid antal yrkesskadefall, och därav dödsfall, specificerade för bl a bulkfartyg. För perioden 1972-1974 var dessa i genomsnitt per år 299 yrkesskadefall, varav 4,33 dödsfall. Uppgift om av bulkfartygen transporterad godskvantitet har stuverisektionen på arbetarskyddsstyrelsens tillsynsavdelning förgäves efterlyst på flera håll. I en av statistiska centralbyrån årligen utgiven publikation, Sjöfart, finns emellertid uppgift om antal svenska bulkfartyg och deras totala lastförmåga i ton dwt. Därur har beräknats att för perioden 1972-1974 fanns i årsgenomsnitt 48,7 bulkfartyg med en genomsnittlig lastförmåga av 34 900 ton dwt. Ett sådant bulkfartyg skulle alltså per år kunna anses ha följande yrkesskadebelastning.

Antal yrkesskador per bulkfartyg å 34 900 ton dwt och år	299:48,7 = 6,14
Därav dödsfall	4,33:48,7 = 0,089

Hur många yrkesskador resp dödsfall detta gör per miljon ton transporterat massgods, t ex stenkol, beror på hur många turer som fartyget hinner avverka per år, vilket främst beror på transportsträckan. Även om transporten antas ske från utländsk östersjöhamn till svensk hamn kan det bli stora variationer. Om man antar, att i genomsnitt 60 turer kan göras per år, skulle det medföra följande yrkesskador per miljoner ton transporterad stenkol.

Antal yrkesskador per milj. ton	6,14:(60·0,0349) = 2,93
Därav dödsfall per milj. ton	0,089:(60·0,0349) = 0,043

Framräknat till ett 1 GWe kraftverk per år ger detta vid en förbrukning av 2,3 miljoner ton stenkol per år:

Antal yrkesskador per 1 GWe kraftverk och år	2,3·2,93 = 7
Därav dödsfall per 1 GWe kraftverk och år	2,3·0,043 = 0,1

2.3.3 YRKESSKADOR

Uppgifter om yrkesskador vid koltransport i Förenta Staterna framräknade för ett kraftverk med effekt 1 GWe och räknat per år finns i (16) och (22). Denna yrkesskadestatistik torde dock till största delen avse järnvägstransport och kan förmodas i genomsnitt gälla för relativt korta transportsträckor. Den uppskattning av yrkesskadorna, som gjorts i avsnitten 2.3.1 och 2.3.2 för järnvägstransport resp sjötransport torde därför vara ett bättre underlag för bedömning av den totala yrkesskadebelastningen vid koltransport till Sverige. Resultaten från 2.3.1 och 2.3.2 kan sammanfattas enligt följande, som anger uppskattade yrkesskador per 1 GWe kraftverk och år.

Antal yrkesskador per år, totalt	237
Därav, vid järnvägstransport	230
Därav, dödsfall	0,7
, invaliditetsfall	2,5
, vid sjötransport	7
Därav, dödsfall	0,1
Därav, dödsfall, totalt	0,8

För järnvägstransport har dessutom antal sjukdagar per 1 GWe kraftverk och år uppskattats till 4 600.

Det bör observeras, att kraftverket har förutsatts vara förlagat vid svensk hamn. Vid annan förläggning skulle yrkesskador från järnvägstransport i Sverige tillkomma.

2.4 ELPRODUKTION

Elproduktionen har uppdelats i en beskrivning av processer och risker för lagringen och bearbetningen av stenkolen vid kraftverket samt energiomvandlingen och avfallshanteringen där. Yrkesskadorna belyses sedan statistiskt för dessa etapper gemensamt.

2.4.1 LAGRING

Kraftverket måste ha ett lager av stenkol för säkring av driften, eftersom koltransporterna är diskontinuerliga och transportstörningar normalt kan förekomma. Vidare bör ett beredskapslager finnas för säkring av driften även vid längre tids avspärrning. För ett kraftverk på 1 GWe torde böra behövas ett lager av ungefär 800 000 ton stenkol.

Lossningen från fartyget till lager vid hamnen torde normalt ske med gripskopezförsedd åkbar svängkran monterad på åkbar kranbro eller så att svängkranen levererar kolet till en mindre ficka på kranbron, varifrån kolet transporteras med band, monterat i kranbron, till lagret. Med sistnämnda förfarande kan damningen minskas, om avlastningen från bandet kombineras med ett inbyggt stup. Ytterligare förbättrad dammbekämpning skulle kunna åstadkommas genom lossning med skruvtransportör till en med ficka och band utrustad åkbar kranbro; eller med hjälp av en anläggning för pneumatisk transport. Med ökad inneslutning av transporten ökar emellertid också nödvändiga åtgärder mot risken för dammexplosion. Om kolet kunde transporteras vått i fartyget (jfr tankfartyg) kunde lossningen tänkas ske med hydraultransport till lagret. Därigenom skulle riskerna för damning och framför allt för dammexplosion och självantändning kunna undanröjas (jfr nedan). Vattnet får i så fall inte innehålla salter, som kan medföra korrosion i ångpanneanläggningen e d.

Kolet lagras i regel öppet på marken eller någon gång i vattenfylld bassäng. Genom sistnämnda förfarande, som tillämpas vid Hässelbyverket (insjövatten), undviks självantändning i, och damning från lagret.

Risken för självantändning är särskilt stor för finfördelad stenkol, där luftens syre får lättare tillträde. Om sådan kol lagras torrt måste lagret skiktvis hårdpackas, så att lufttillträdet och risken för självantändning begränsas. Ett sådant kollager måste ändå hållas under regelbunden temperaturkontroll, särskilt några meter under ytan, och detta flera månader efter påfyllningen av lagret. Självantändning kan ske snabbt redan om temperaturen har stigit till 60-65°C. En kolbrand kan vara svår att släcka och arbetet är inte riskfritt.

2.4.2 BEARBETNING

För rationell och effektiv energiomvandling krävs att kolet förbränns eller förgasas etc (se 2.4.3) i finfördelad form som s k kolpulver. Även om råvaran utgörs av stybbkol (under 10 mm) måste den alltså malas före energiomvandlingen. Grövre kol, t ex styckekol, måste även krossas. Om kolet är vattenförande, t ex efter lagring i vatten, måste det också torkas. I de olika bearbetningsstegen ingår, förutom krossar, siktar e d, kvarnar och torkapparater, även matarapparater, fickor (bunker) för mellanlagring

och transportanordningar av olika slag. Under denna hantering alstras koldamm och frigörs gaser som medför explosionsfara och risk för ohälsa.

Betingelserna för gas- och dammexplosioner har berörts i avsnitt 2.2.2. Här kan ytterligare påpekas dels att självantändning kan inträffa om långtidslagring i fickor skulle förekomma, dels att även uppvirvlat fuktigt koldamm kan vara explosivt; även om dess explosionsbenägenhet är lägre än den för torrt damm. För att undvika brand eller explosion i en sådan anläggning och för att begränsa dess skadeverkan krävs en mängd åtgärder. De berör byggnaden, metoden, maskinen, elinstallationen, ventilationen, processövervakningen och brandförsvaret m m. Arbetarskyddsstyrelsens dammexplosionsanvisningar (anvisn. nr 65,1971)¹⁾ ger en uppfattning om vilka åtgärder som krävs mot explosion av bl a koldamm.

Fara för ohälsa uppstår vid inandning under lång tid av för höga halter av dammet, som inte bara består av kol utan även av en del silikat- och/eller karbonatmineral och eventuellt kvarts. I dammet kan möjligen även tänkas förekomma spår av asbest, härrörande från kolet. Om dammet även innehåller t ex tungmetaller bundna på sådant sätt och förekommande i sådan mängd, att de skulle kunna bidra till ohälsorisk, torde inte vara klarlagt. Frigjordade gaser kan delvis bestå av svavelväte, som kan medföra risk för förgiftning eller på längre sikt ohälsa. I arbetarskyddsstyrelsens anvisningar nr 100 (1974)¹⁾ om hygieniska gränsvärden och styrelsens senare meddelanden i anslutning till dessa finns gränsvärden angivna bl a för olika slag av damm (kvarts och asbest inbegripna), för vissa tungmetaller och för svavelväte. Dessa värden är väsentligt lägre än de undre brännbarhetsgränserna för ämnen ifråga och styr därför behovet av allmänventilation i de lokaler som besöks av arbetstagare. Den punktventilation en inbyggd maskin eller apparat behöver ha, kan däremot komma att bestämmas av berörda ämnens undre explosionsgränser.

Även uppkomst och spridning av buller måste begränsas genom åtgärder som måste samordnas med åtgärder mot miljöfaktorer av ovan nämnt slag. I arbetarskyddsstyrelsens anvisningar nr 110 (1976) om buller i arbetslivet ställs vissa allmänna krav mot buller, som i vissa andra anvisningar, t ex nr 83 (1973)¹⁾ om stenkrossar, närmare specificerats med avseende på åtgärder.

Bland andra risker som måste uppmärksammas och åtgärdas är sådana som sammanhänger med transportanordningar och annan utrustning med rörliga delar och som kan ge upphov till olycksfall av mekaniskt ursprung.

2.4.3 ENERGIOMVANDLING

Kolets energiomvandling genom förbränning kan avse enbart elproduktion (kondenskraftverk), enbart värmeproduktion (värmeverk) eller kombination av båda (kraftvärmeverk). De olika omvandlingsformerna medför skilda processer och därmed skilda betingelser för arbetsmiljön. Beskrivningen nedan är koncentrerad till kondenskraftverk, men förhållandena i ett kraftvärmeverk berörs även (jfr 2.4.5).

1) Revision av dessa pågår.

I stället för förbränning kan kolets omvandling främst eller som en första etapp avse produktion av bensin, dieselolja eller kondenserad gas genom hydrering; produktion av vattengas eller generatorgas genom förgasning och kemisk omvandling i gasgenerator; eller produktion av koks och stadsgas m m genom avgasning/torrdestillation etc. En del av dessa produkter används inom industrin via förbränning för elproduktion. Med dessa processer följer emellertid särskilda miljöfaktorer, som på olika sätt och i hög grad avviker från de till förbränningsprocessen knutna miljöfaktorerna. För elproduktion torde de dessutom vara av mindre betydelse och berörs därför inte i fortsättningen.

Nya metoder för direkt elproduktion med kol som energikälla har sökt utvecklas. Bland dessa kan urskiljas en magnethydromekanisk process (MHD), där kol förbränns med upphettad luft till en gasplasma, vars kinetiska energi direkt omvandlas till elenergi i ett magnetfält; en elektrogasdynamisk omvandling (EGD), där koldamm förbränns under tryck och joniserar rökgaserna med flygaskan genom koronaurtladdningar; och en omvandling i bränsleceller, där en väte/kolmonoxidblandning, framställd genom kolförgasning, förbränns med syre vid ungefär $1\ 000^{\circ}\text{C}$ till vatten och koldioxid, varvid elenergi och värme alstras (43). Om någon av dessa metoder skulle kunna utvecklas för elproduktion i stor skala, bör den även granskas med avseende på sina arbetsmiljöeffekter. Det har inte kunnat ske här.

I ett koleldat kondenskraftverk sker omvandlingen till elenergi via ångpanna, ångturbin och generator. Av olika skäl, bl a nödvändiga, regelbundna revisioner av utrustningen, är kraftverket i regel uppbyggt av flera sådana enheter. I ångpannans tuber, eventuella ångdom samt högtrycksöverhettare produceras ånga av högt tryck och hög temperatur, i regel 100-200 bar och högst 565°C . Ångan driver i ett första steg en högtrycksturbin, överhettas på nytt i en mellanöverhettare i ångpannan, får sedan i två steg driva mellantrycksturbiner och lågtrycksturbiner, varefter den under vakuum kondenseras i en vattenkyld kondensator. Kondensatet renas och förvärms i olika steg, innan det återförs som matarvatten till ångpannan; samma gäller om det spädvatten som måste tillföras p g a förluster. Turbinerna driver gemensamt en eller flera generatorer. Ångpannans sekundärluft förvärms av rökgaserna, som via elektrofilter och rökgasfläkt förs ut genom skorsten. Ångpannan kan med avseende på förbränningsgaserna i eldstaden vara utförd för under- eller övertryck i förhållande till den omgivande luften i pannrummet. Sistnämnda åstadkoms genom en särskild fläkt, som trycker sekundärluften in i eldstadsrummet, s k övertryckseldning. Denna förbättrar förbränningen, men samtidigt måste större krav ställas på eldstadens och rökgaskanalernas täthet. Den anses helt olämplig för koleldad panna.

Som förbränningsmetod har rosteldningen under årens lopp utvecklats i olika former, men den har numera för stora anläggningar ersatts av kolpulvereldning, varvid s k direkteldning numera vanligen tillämpas. Kolpulvret transporteras då utan mellanlagring från kvarnen till brännarna i ångpannans eldstad. Kvarnen kan vara så utförd, att den själv har en blåsande effekt och transporterar pulvret, eller också kan transporten ske med hjälp av en särskild primärluftfläkt, som för med sig den i kvarnen finmalda delen av kolpulvret till brännarna. Fläkten bör vara placerad efter

kvarken, så att den suger pulvret från kvarken och därigenom begränsar damningen. Indirekt kolpulvereldning med mellanlagring av det färdigmalda pulvret i ficka (silo), före transport av pulvret till brännarna, kan medföra explosionsrisk i silon, om inte kolet är mycket fuktigt och dess gasinnehåll är mycket lågt.

Kolet torkas i regel i kvarken genom att denna tillförs förvärmad luft. Efter kvarken passerar kolet genom en sikt, t ex vindsikt, från vilken avskilt grovt kolpulver återförs till kvarken för ommalning.

I förbränningsförloppet vid kolpulvereldning är flammans fortplantningshastighet, den s k tändningshastigheten, av stor betydelse för säkerheten. Om denna hastighet överstiger lufthastigheten i brännarmynningen, slår flaman bakåt, vilket kan medföra explosion i kolrör, kvarn och matare. Tändningshastigheten varierar främst med förhållandet primärluft/kol, kolets gas- och askinnehåll samt kolpulvrets kornstorlek. Tändhastigheten påverkas däremot obetydligt av vatteninnehållet, om detta är måttligt (mindre än 10 %). Varje kolsort har en maximal tändningshastighet vid ett visst förhållande primärluft/kol, och tändningshastigheten ökar med ökat gasinnehåll, minskat askinnehåll och minskad kornstorlek. Dessa faktorer måste hållas under kontroll. Bl a bör uppmärksammas att, när primärluftmängden minskas vid dellast blir det kolpulver som primärluften för med sig finare, vilket ökar tändningshastigheten, samtidigt som lufthastigheten i brännarmynningen minskar. Ett bakslag kan då uppstå med explosion i kolrör, kvarn etc som följd. - Ytterligare en viktig säkerhetsåtgärd vid kolpulvereldning är automatisk samordning av tillförseln primärluft/kol med kolpulvrets tändning.

Kolpulver, eventuellt i grövre form, liksom andra fasta bränslen kan även förbrännas i s k svävbädd. Den består av ett icke brännbart material såsom sand, aska eller kalksten. Sistnämnda är särskilt lämpligt vid koleldning, eftersom den förmår binda större delen av kolets svavel vid förbränningen. Förbränningsluft passerar in genom en fördelarplatta i bäddens botten och upp genom bädden så att partiklarna i bädden svävar på luftströmmen. Bränsle tillförs vid bäddens botten och aska dras av vid toppen. Förbränning av kol i svävbädd kan göras mycket effektiv och explosionsrisken torde jämfört med kolpulvereldning med brännare bli lägre. Förbränningstemperaturen hålls väsentligt lägre än vid eldning med brännare och gaserna kan även användas för att driva en gasturbin. Om bädden sätts under tryck kan dimensionerna minskas. - Metoden är ännu ej prövad i stor skala.

För avsvavling av rökgaser är skrubber med kalk- eller kalkstenslösning den enda kommersiellt tillgängliga metoden. Den medför dock höga kostnader och svåra avfallsproblem. Avsvavling genom svävbäddselldning skulle vara att föredra av flera skäl.

I den cirkulationskrets för ånga-vatten-ånga, som ångpannan bildar med turbinerna, ingår en mängd kärl, rörledningar och annan utrustning, av vilka en stor del belastas av ett mycket högt tryck och hög temperatur från medierna. Små läckage av ånga eller hetvatten kan medföra svåra brännskador. Om en ångledning eller hetvattenledning med förvämt matarvatten brister, kan arbetstagare skällas till döds. Ett haveri av en ångpanna i form av en tryckkärlsexplosion kan få en förödande effekt på hela anlägg-

ningen och alla arbetstagare som vistas där. Risken för sådana händelser begränsas genom en mängd säkerhetsåtgärder, som gäller anläggningens utförande och funktion, fortlöpande övervakning och regelbundna kontroller av anläggningen. Vilka krav som ställs i Sverige på tryckkärl och rörledningar av berört slag framgår av vissa av Ingenjörsvetenskapsakademins tryckkärlskommission och svetskommission utgivna normer, som godtagits av arbetarskyddsstyrelsen och därmed jämställts med styrelsens anvisningar. De i detta sammanhang viktigaste normerna är tryckkärls-, pannsvets-, rörlednings- och ångpannenormerna. I dessa finns detaljerade krav om såväl utförande som besiktning.

Sverige har under de sista decennierna varit förskonat från ångpannehaverier som medfört svåra personskador. I februari 1976 havererade dock en ångpanna, som lyckligtvis inte resulterade i personskador men däremot omfattande egendomsskador. Haveriet anses ha uppstått på följande sätt. Under koleldning stelnade inte askan innan den nådde pannans övre värmeupptagande tubtytor. Rätt stora ytor fick då ett isolerande lager av aska som begränsade värmeöverföringen. På vissa partier fastnade förmodligen beläggningen så, att kanaler bildades i en överhettare med hög förbränningsgashastighet och extremt hög värmeöverföring som följde. I samlingslådan efter överhettaren fick då materialet lokalt så hög temperatur att det började flyta och samlingslådan fläcktes upp. Utströmmande ånga från samlingslådan ledde sedan till en stor mängd följdskador.

Även turbinerna måste underkastas en noggrann övervakning och kontroll med avseende på varvtal, tryck och temperatur m m, liksom även en regelbunden översyn genom oförstörande provning m m av olika detaljers eventuellt ändrade hållfasthet. Behovet härav har skärpts särskilt för högtrycksturbinerna, allt eftersom ånga av allt högre tryck och temperatur kommit i bruk. Skadorna kan bli omfattande genom det höga varvtalet (ca 3 000 v/min) och ökar med ökad turbinstorlek om ett svårt haveri skulle inträffa. Sådana tycks hittills ha varit mycket sällsynta. Ett fall, som för några år sedan råkade inträffa i ett kärnkraftverk, berörs i avsnitt 7.5. - Ångturbinerna alstrar även ett betydande buller, som måste åtgärdas genom inbyggnad e d. Samma gäller även för många andra maskiner, bl a matarvattenpumpar, men främst kolkvarnar. Även vibrationer måste beaktas.

Generatorerna kyls ibland helt eller delvis med vätgas. Denna måste lagras, distribueras och användas under regelbunden kontroll med avseende på läckage, så att explosioner inte kan inträffa genom utläckande gas.

I fråga om fara för ohälsa har koldammet redan berörts i avsnitt 2.4.2. I ångpanneanläggningen tillkommer faran för utläckande rökgaser. Den faran måste särskilt uppmärksammas inom det område där rökgasfläkten är placerad. Förgiftningsrisk kan vid läckage uppstå av främst sådana vid ofullständig förbränning bildade komponenter som kolmonoxid och svavelväte, samt av svaveldioxid och kväveoxider. Vid långvarig låg exposition för rökgaser kan förutom nämnda komponenter en stor mängd andra medverka till att arbetstagare utsätts för risk för ohälsa. Se även avsnitt 2.4.4 om avfallshantering.

För rening och annan behandling av matarvatten används farliga

kemikalier såsom natriumhydroxid, ammoniak, saltsyra och hydrazin, för vilka krävs skyddsåtgärder mot förgiftning, frätskador, ohälsa och andra skador vid deras hantering. Särskild försiktighet måste iakttas vid hantering av hydrazin, även då det levereras i vattenlösning. Hydrazin kan upptas genom huden, är allergi- och cancerframkallande, har mycket lågt hygieniskt gränsvärde (0,1 ppm resp 0,13 mg/m³), ger våldsamma reaktioner med lätttoxiderande ämnen och kan antändas om det kommer i kontakt med metall-oxider, t ex rost.

2.4.4 AVFALLSHANTERING

Redogörelsen i detta avsnitt är grundad förutom på tidigare nämnd litteratur, på statens naturvårdsverks publikation (44) om miljövård vid koleldning, där bl a avfallsfrågan behandlas.

I ångpanneanläggningens eldstad ger kolet vid förbränningen restprodukter i form av aska och, i mindre mängd slagg och oförbränt kol. Askan samlas till ringa del i en till pannbotten ansluten ficka. En mindre del, huvudsakligen slagg och oförbränt kol, fastnar på pannans och rökgaskanalernas insidor. Denna största delen av askan avskiljs som flygaska i cykloner och elektrofilter och samlas i till dessa anslutna fickor. Dessa fickor måste successivt tömmas från aska och flygaska och denna måste transporteras till någon anläggning för tillfällig eller slutlig deponering. I samband med revisioner och besiktningar måste vidare pannanläggningens insidor rensas från slagg och oförbränt kol.

Askmängden och askans sammansättning varierar i hög grad med det använda kolets sammansättning (se avsnitt 2.1). En viss skillnad uppstår också, för samma kolsort, i sammansättningen av askan på pannbotten och flygaskan på grund av förbränningssättet och asktransporten i ångpannan. En stor del av särskilt flygaskan är så finfördelad, att den vid inandning kan tränga ned i lungblåsorna. Om kolet innehåller kristallin kiseldioxid i form av kvarts kan under förbränningen kvartsen delvis förbli oomvandlad, delvis omvandlas till andra former av kristallin kiseldioxid, t ex tridymit och kristobalit, som anses vara mer toxiska än kvarts; och delvis omvandlas till silikat, sistnämnda vid smältning som ger slagg. Långvarig inandning av askdamm från kvartsförande kol kan alltså ge upphov till silikos.

Av avsnitt 2.1 framgår, att askan även kan innehålla spår av tungmetaller. En del av dessa, t ex krom, vanadin, kadmium, nickel och bly, liksom vissa av deras föreningar, är starkt toxiska och har åsatts mycket låga hygieniska gränsvärden. Det är inte helt otänkbart, att tungmetaller förekommer i askdamm i sådan mängd att även dessa vid inandning av dammet kan ge upphov till yrkes-sjukdomar.

Vid askhanteringen bör alltså genom mätningar kontrolleras att dammet inte innehåller kristallin kiseldioxid eller tungmetaller i farlig mängd, liksom även att den totala dammhalten inte överskrider godtagna värden. Nya mätningar måste göras om annan kolsort tas i bruk och vid annan processändring som kan påverka askans sammansättning. Om för höga halter uppmätts, måste dammkämpningsåtgärder vidtas genom punktventilation, askbefeuktning etc. För invändig resning av ångpannan i samband med revisioner och besiktningar kan behövas mobila dammsugare och speciella skyddsut-

rustningar för arbetstagarna.

Den bildade askmängden är stor. Om man antar att det använda kolet i genomsnitt innehåller ca 10 % aska, skulle vid ett 1 GWe kraftverk, som årligen förbrukar 2,3 miljoner ton stenkolk, bildas ca 230 000 ton aska. För att bli begränsa deponeringsproblemen bör man söka utnyttja askan för olika ändamål, t ex vid vägbyggen och som betongråvara. Även för arbetstagare som är sysselsatta med sådan hantering måste de speciella risker beaktas, som askdammet medför.

Kolaska innehåller även spår av radioaktiva ämnen såsom radium-226, radium-228 och torium-228. Frågan om förekomst, halt och verkan av sådana ämnen behandlas ej här.

Om kolet har så hög svavelhalt, att svavelrening krävs i anslutning till energiomvandlingen, bildas en stor mängd avfall även vid den processen. Som tidigare nämnts torde i så fall avsvavlingen bära ske genom eldning i svävbädd med finkorning kalksten eller dolomit, varvid kalciumsulfat resp kalcium/magnesiumsulfat bildas. Härvid förutsätts, att metoden är användbar även vid drift av de stora enheter för ångproduktion, som här skulle komma ifråga. Detta har ännu ej praktiskt prövats. Även detta avfall kan innehålla tungmetaller, t ex vanadin. Sulfatavfallet torde i processen inte kunna hållas helt åtskilt från askan och vice versa. Vid hanteringen av sulfatavfall måste i huvudsak samma försiktighetsåtgärder iaktas, som ovan nämnts för askhanteringen. Dock kan sulfatavfallet knappast förväntas innehålla kristallin kiseldioxid av någon betydelse och dess innehåll av tungmetaller kan bli annorlunda till art och mängd. Även sulfatavfallet bör söka utnyttjas, t ex för framställning av gipsplattor eller liknande byggnadsmaterial. Råvarans halt av föroreningar måste uppmärksammas i en sådan process. - Till dess en metod med svavelrening i svävbädd blivit kommersiellt tillgänglig i stora enheter, måste rökgasavsvavling i stället tillämpas. Denna ger ett avfall i form av slam, som huvudsakligen innehåller kalciumsulfat och kalciumsulfid.

2.4.5 YRKESKADOR

I Sverige finns inte något koleldat kondenskraftverk i drift, från vilket renodlad yrkesskadestatistik skulle kunna erhållas. Emellertid finns några verk där åtminstone några av ångpannorna kan eldas med olja och/eller kol. Till dessa hör Hässelbyverket, som består av två enheter. Den ena enheten, Hässelby I, är ett mottrycksaggregat, vars ångpannor kan eldas med olja och/eller kol. Det har en eleffekt av 81 MW (alt. 89 MW) och en värmeeffekt av 195 MW (alt. 130 MW). Den andra enheten, Hässelby II, är ett kondensaggregat vars ångpanna eldas med olja. Det har en eleffekt av 160 MW. Den totala maximala el- och värmeeffekten för Hässelby I och II är alltså 436 MW. För hela Hässelbyverket har yrkesskadestatistik erhållits för 5-årsperioden 1971-1975. Därur har det för perioden genomsnittliga antalet yrkesskador per år beräknats vara 3,6 med och 3,2 utan färdolycksfall inräknade. Vidare har för samma period genomsnittliga antalet sjukdagar (kalenderdagar) per yrkesskada varit 17 med och 16 utan färdolycksfall inräknade. Av statistiken framgår vidare att perioden inte belastades av varken dödsfall, invaliditetsfall eller yrkessjukdom.

Om man antar att denna yrkesskadestatistik ungefär skulle motsvara ett delvis koleldat kraftverk och omräknar detta i yrkesskador per år för ett 1 GWe kraftverk erhålls följande, när färdolycksfall ej inräknas:

Antal yrkesskador per år,	7,3
Därav dödsfall	0,0
invaliditetsfall	0,0
yrkessjukdomar	0,0
Antal sjukdagar (kalenderdagar) per yrkesskada, genomsnitt	16

I avsnitt 2.2.3 visar tabellerna 2.2.3:1 och 2.2.3:2 yrkesskador vid kolutvinning i Förenta Staterna med ledning av data från (16) resp (22). I samma källor finns motsvarande data för elproduktion med kol som energikälla.

I (16) uppger sålunda Förenta Staternas atomenergikommission antal olycksfall i USA 1965-1970 vid elproduktion med kol, framräknade för ett kraftverk med effekt 1 GWe och räknat per år vara

Antal olycksfall per år	1,2
Därav dödsfall	0,03
övriga	1,2

I (22) uppger vidare Comar och Sagan de lägsta och högsta värdena för antalet yrkesskador vid elproduktion med kol för ett 1 GWe kraftverk och per år som de funnit vid en litteraturgenomgång. Samtliga yrkesskador utgörs av olycksfall, några yrkessjukdomar har inte upptäckts. Yrkesskadorna är uppdelade på dels bearbetning och energiomvandling, dels dödsfall och övriga. Totalt har fem litteraturkällor utnyttjats. I tabell 2.4.5:1 som visar resultatet har även de olika kategorierna adderats.

Tabell 2.4.5:1 Antal yrkesskador vid elproduktion med kol. Framräknade för ett 1 GWe kraftverk och räknat per år. Från Comar och Sagan (22)

Slag av yrkesskador	Vid litteraturgenomgång funna lägsta resp högsta antal yrkesskador
Totalt vid elproduktion	3,5-4,6
Därav, dödsfall	0,03-0,07
Därav, vid bearbetning vid energiom- vandling	0,02-0,04 0,01-0,03
, övriga	3,5-4,5
Därav, vid bearbetning vid energiom- vandling	2,6-3 0,9-1,5

Av här lämnade uppgifter om yrkesskador vid elproduktion torde de i tabell 2.4.5:1 vara bäst ägnade som underlag.

I sammanfattningen för kolcykeln i avsnitt 2.5 anges endast totala antalet yrkesskador och dödsfallen. Härvid antas medelvärdet av tabellens gränsvärden gälla, nämligen för totala antalet yrkesskador $(3,5 + 4,6) : 2 = 4$ och för dödsfallen $(0,03 + 0,07) : 2 = 0,05$.

2.5 KOLETS RISKER OCH YRKESSKADOR

Av tidigare beskrivning framgår, att, vid användning av kol som energikälla för elproduktion, de enskilda processernas risker med avseende på arbetsmiljön i huvudsak är bundna till följande faktorer. Vid utvinningen bestäms riskerna främst av kolets förekomstssätt och egenskaper in situ samt därav betingade arbetsmetoder. Därvid kan konstateras, att underjordsbrytning medför helt andra och svårare risker än dagbrytning. Vid transport är kolets egenskaper av underordnad betydelse medan däremot sättet, mängden och längden av transporten är avgörande. Vid kolets lagring och beredning före energiomvandlingen är kolets egenskaper åter en avgörande faktor. Riskerna vid energiomvandlingen är främst knutna till ångproduktionen. Kolutvinning genom underjordsbrytning är det mest riskbelastade processledet. Risken för uppkomst av yrkessjukdomar är allmänt sett mycket svår att bedöma främst av skäl som anges i avsnitt 1.4. Särskilt vid kolutvinningen kan under de närmaste åren förväntas betydande förbättringar av arbetsmiljön.

Kolcykelns yrkesskador uppdelade på utvinning, transport och elproduktion och hämtade från avsnitten 2.2.3, 2.3.3 resp 2.4.5 har nedan sammanfattats. I fråga om detaljer hänvisas till berörda avsnitt. Yrkesskadorna är framräknade för ett stenkolseldat kondenskraftverk med effekt 1 GWe och gäller per år. Kraftverket, som under normal drift (omfattande 75 % fulldriftstid) producerar $0,75 \cdot 24 \cdot 365 \cdot 10^{-3} = 6,6$ TWh per år, har antagits kräva en utvinning av 2,3 miljoner ton stenkol per år. Därvid har förutsatts, att stenkolets energiinnehåll är 7,6 MWh/ton (27,4 GJ/ton), att kraftverkets verkningsgrad är 0,40 och att ett transportsvinn av ca 5 % uppstår. $6,6 : (0,95 \cdot 0,40 \cdot 7,6 \cdot 10^{-6} \cdot 10^6) = 2,3$ miljoner ton.

Yrkesskador per år för ett stenkolseldat kondenskraftverk med en effekt av 1 GWe:

Utvinning	
Yrkesskador	734
Därav, dödsfall	3,6
Transport	
Yrkesskador	237
Därav, dödsfall	0,8
Elproduktion	
Yrkesskador	4
Därav, dödsfall	0,05
<u>Kolcykeln, totalt</u>	
Yrkesskador	975
Därav, dödsfall	4,5

Yrkesskadorna vid utvinning är helt grundade på utvinning från underjordsgruva, eftersom så utvunnen stenkol kan förmodas bli mest aktuell för import till Sverige. Yrkesskadorna vid utvinning i dagbrott blir avsevärt färre och lindrigare. Yrkesskadorna vid transport varierar i hög grad med transportsätt och transportlängd. Vid den grova uppskattning, som kunnat göras, har antagits 50 miles järnvägstransport från polsk gruva till polsk hamn. Sjötransport därifrån har antagits ske till mellansvensk hamn, där kraftverket har förutsatts vara förlagt. Vid annan förläggning skulle yrkesskador från järnvägstransport i Sverige tillkomma.

Yrkesskadorna drabbar till helt dominerande del (ca 99 %) arbetstagare i utlandet.

3 O L J A

3.1 ALLMÄNT ¹⁾

Oljecykeln omfattar i huvudsak utvinning och transport av råolja, raffinering, transport av eldningsolja och elproduktion. Utvinningen föregås av en omfattande prospekteringsverksamhet. I anslutning till utvinningen separeras eventuell medföljande naturgas från petroleum. Råoljan från flera närbelägna källor transporteras därefter i ledningar till en central uppsamlingsplats, där den lagras för vidare distribution. Land- och havsbaserad utvinning ger olika betingelser, även för efterföljande råoljetransport, som dessutom bestäms av raffinaderiets belägenhet i förhållande till oljekällan. I anslutning till raffineringen lagras såväl råolja som produkter, bland vilka sistnämnda endast eldningsolja används för elproduktion. Transporten av eldningsolja till kraftverket varierar med raffinaderiets belägenhet, särskilt för svenskt resp utländskt raffinaderi. Till elproduktionen är knuten en mycket omfattande lagring av eldningsolja. Avfallshanteringen i anslutning till elproduktionen är däremot av underordnad betydelse.

Utvinning av petroleum (råolja) och naturgas sker i stort sett efter samma principer och i huvudsak från samma källor, men i något olika skeden. Utvinningens huvudprinciper behandlas i avsnitt 3.2. Till naturgasutvinningen knutna speciella betingelser berörs i avsnitt 4.2.

Elproduktion med eldningsoljor sker i huvudsak enligt följande principer:

via ånga, med eldningsolja nr 3-5

som kondenskraft i kondenskraftverk eller

som mottryckskraft i kraftvärmeverk eller

via gas, med eldningsolja nr 1 av speciell typ, i gasturbinkraftverk.

Av olika skäl utgör sistnämnda slag av kraftverk endast komplement, och sålunda ej alternativ, till flertalet andra former för elproduktion. Med avseende på eldningsoljorna läggs därför här huvudvikten vid framställning, lagring och transport av och elproduktion med eldningsoljorna nr 3-5. Valet mellan kondenskraftverk och kraftvärmeverk styrs inte heller påtagligt av för dessa aktuella slag av energikällor. Eftersom det renodlade kraftverket

1) I fråga om nomenklaturen har Petroleumteknisk Ordlista utgiven av Tekniska nomenklaturcentralen (45) sökt följas.

underlättar aktuella jämförelser har här liksom i det föregående tonvikten lagts på kondenskraftverket.

Rester av animaliskt och vegetabiliskt ursprung omvandlas genom överlagring av sediment under geologiskt långa tidsrymder - då de samtidigt utsätts för måttlig tryck- och temperaturstegring - till petroleum och i regel även naturgas. Dessa produkter kan så småningom, ofta tillsammans med saltvatten, ansamlas i fickor e d av porösa eller sprickiga bergarter såsom sandstenar och kalkstenar; eller i sand, s k oljesand.

Petroleum påträffas i bergarter vanligen tillsammans med salthaltigt vatten och naturgas i tre skikt, med gasen över och det salthaltiga vattnet under petroleumskiktet. När en oljekälla öppnas i ett borrhål, trycker naturgasen vanligen upp petroleum till markytan. Vid oljekällan avskiljs naturgasen från petroleum i högtrycksbehållare och oljan förs vidare till råoljetankar.

Ur oljesand utvinns petroleum antingen genom upphettning in situ eller genom lakning av utvunnen sand med hetvatten eller lösningsmedel. Utvinning m m av petroleum ur oljesand berörs ej ytterligare i denna redogörelse.

De viktigaste komponenterna i petroleum (råolja) är alkaner, dvs mättade acykliska kolväten, s k paraffiner, från metan till C₅₀-kolväten; samt, fast i regel i mindre mängder, alicykliska kolväten; främst alkylsubstituerade cyklopentan- och cyklohexankolväten, de två sistnämnda hör till s k naftener. Typiska exempel på råoljor med hög paraffinhalt är sådana från Pennsylvania och Ohio i Förenta Staterna. De kaukasiska och rumänska råoljorna är typiska exempel på sådana med hög naftenhalt. Råoljan från vissa fyndigheter, t ex på Borneo, innehåller dessutom avsevärda mängder aromatiska kolväten såsom bensen, toluen, naftalen och xylener. En del råoljor, bl a sådana från Mexiko och Venezuela, ger som destillationsåterstod stora mängder asphalt, en oxiderad svavelrik och svärflyktig omvandlingsprodukt.

Råoljan innehåller även en del ämnen, som betraktas som föroreningar. Dit räknas salter, svavelföreningar, metaller samt sand, andra bergartsfragment och vatten. Svavelföreningarna utgör den största delen, är lika talrika som kolvätena och förekommer som merkaptaner och sulfider m m. Vanliga metaller i råoljan är vanaadin, nickel, järn, natrium, kalcium, bly, zink och koppar. De koncentreras i tjock eldningsolja (EO 3-5). - I mindre mängd förekommer även syre- och kvävehaltiga föreningar.

Oljeskiffer är en kompakt, finkornig bituminös bergart av sedimentärt ursprung, som innehåller kerogen. Detta är ett fast och brännbart organiskt ämne, som utgörs av en blandning av delvis oidentifierade och ofta svavelhaltiga vax-, harts- och fettämnen. Vid pyrolys av oljeskiffer omvandlas kerogenet i brännbara gaser, i koks samt i en blandning av flytande kolväten, s k skifferolja. Ur denna utvinns genom destillation, krackning och raffinering produkter liknande dem som framställs ur petroleum. Av olika skäl behandlas inte i denna redogörelse de speciella processer som sammanhänger med användningen av oljeskiffer som råvarubas för ev produktion av eldningsolja. De arbetsmiljöproblem som sammanhänger med Ranstadsprojektet och eventuell oljeutvinning ur alun-

skiffern i samband därmed berörs dock något i avsnitt 7.2 om utvinning av uran.

Av statistiken om utrikeshandel (40) framgår, att införseln av råolja till Sverige under 1973 uppgick till ca 10,0 miljoner ton och 1974 till ca 9,7 miljoner ton. Med ledning av kvantitetsuppgifter för de olika ursprungsländerna har den procentuella fördelningen beräknats till ungefär följande:

	1973	1974
Mellanöstern (7 länder)	58 %	60 %
Nigeria	24 %	25 %
Venezuela	9 %	7 %
Algeriet	8 %	4 %
Libyen	1 %	0 %
Sovjetunionen	2 %	0 %
Norge	0 %	4 %
	<hr/>	<hr/>
	100 %	100 %

Råolja från Mellanöstern och Venezuela har hög svavelhalt. Råolja från Nigeria, Libyen och Norge har låg svavelhalt. Hur det blir med en eventuellt avsevärd ökad införsel av råolja från Norge torde ännu vara oklart. Den följande redogörelsen baseras dock på antagandet, att införseln av råolja i framtiden till betydande del kommer att ske från Norge, och i övrigt huvudsakligen från Mellanöstern och Nigeria. Hänsyn tas här ej till någon eventuell framtida utvinning av råolja i Sverige.

Råolja har en med sin sammansättning varierande flampunkt, varmed förstås den lägsta temperatur vid vilken den avger antändbara ånga under givna provningsbetingelser. Dess flampunkt kan understiga 21°C men överstiger inte 60°. Råolja hänförs därför enligt förordningen om brandfarliga varor till brandfarlig vätska av klass 1, 2a eller 2b; till klass 1 om flampunkten är högst 21°C, till klass 2a om flampunkten överstiger 21°C men ej 30°C och till klass 2b om den överstiger 30° men ej 60°C. Vid raffinering av råolja utvinns, förutom eldningsoljor en mängd andra produkter (se 3.4). Produktandelen eldningsoljor varierar i hög grad med råoljans sammansättning.

Samtliga eldningsoljor (EO 1-5) har en flampunkt överstigande 60°C och hänförs enligt förordningen om brandfarliga varor till brandfarliga vätskor klass 3. Eldningsoljorna karaktäriseras främst av sin flampunkt och viskositet. EO1 har den lägsta flampunkten (66-75°C) och den lägsta viskositeten, EO5 den högsta flampunkten (90-110°C) och den högsta viskositeten. Till bränsle i ångkraftverk används som förut nämnts endast EO 3-5, s k tjocka eldningsoljor, och av dessa till helt dominerande del endast EO4 och 5. De tjocka eldningsoljorna måste på grund av sin konsistens hållas varma under transport, lagring och annan hantering.

Av (40) framgår att införseln till Sverige under 1973 och 1974 av EO 3-5 härrörde från ett mycket stort antal länder. Införseln fördelade sig på olika sorter och med avseende på svavelhalt på

följande sätt, räknat avrundat i miljoner m³:

	1973	1974
EO3, med högst 1 viktsprocent svavel	0,04	0,02
annan	0,21	0,10
EO4, med högst 1 viktsprocent svavel	1,04	0,62
annan	2,41	2,09
EO5, med högst 1 viktsprocent svavel	1,15	0,66
annan	4,27	5,72

Införseln av EO5 dominerade alltså och var 1974 mer än dubbelt så stor som den av EO4. Införseln av EO3 var av helt underordnad betydelse.

Råolja torde i regel ha ett energiinnehåll av ungefär 11,7 MWh/ton (42,3 GJ/ton). Energiinnehållet i de aktuella eldningsoljorna (EO 4 och 5) torde i regel vara något lägre, ungefär 11,4 MWh/ton (40,9 GJ/ton). I Wash-1250 (16) anses ett 1 GWe kraftverk under normal drift (omfattande 75 % fulldriftstid) producera 6,6 TWh per år. Ett oljeeldat kondenskraftverk med en verkningsgrad av 0,40 vid energiomvandlingen skulle då förbruka ungefär 1,5 miljoner ton tjock eldningsolja per år. I fråga om den ur råolja utvunna andelen tjock eldningsolja, se avsnitt 3.4.

3.2 UTVINNING

Här redogörs för metoder, risker och yrkesskador vid landbaserad resp havsbaserad utvinning var för sig, varefter yrkesskadorna sammanfattas. I samband med utvinningen berörs även den omfattande prospektering som föregår utvinningen samt transporten till och lagringen vid den terminal, där oljan uppsamlas vid ett oljefält. För metodbeskrivningarna har främst utnyttjats, vad gäller den landbaserade utvinningen, av svenska BP Oljeaktiebolag utgiven publikation om olja (46) och, vad gäller den havsbaserade utvinningen, av AB Svenska Shell utgiven publikation om havsteknologi för Nordsjön (47). Riskerna har bedömts bl a mot bakgrund av (43), (46) och (47) och med ledning av allmänna erfarenheter om risker vid aktuella slag av arbetsmoment. För yrkesskadorna anges källan i varje enskilt fall.

3.2.1 LANDBASERAD

Oljepropektering, dvs sökandet efter olja, inleds i regel med flygfotografering och regional geologisk kartering. Sedan följer geofysiska undersökningar enligt metoder som främst grundar sig på störningar i jordens gravitation, seismik och magnetfält. Även radioaktivitetsmätningar (per flyg) och bakteriella undersökningar kan förekomma. För den seismiska undersökningen måste markstöt vågor (konstgjorda jordskalv) alstras, vilket i regel sker genom sprängningar. Först genom prospekteringsborrning får man dock svar på om undersökningen gett önskat resultat. Under sådan borrning fortsätter geologens arbete i form av mätningar och

provtagning i borrhålet. Det kan vara fråga om håldjup av ända till 4 000-6 000 meter. I genomsnitt leder endast var fjärde borrhning till upptäckten av en oljekälla (jfr avsnitt 3.2.2). Borrhning för prospektering och för utvinning sker i huvudsak efter samma principer och medför sålunda samma slag av risker. Allmänt kan dock prospektering karakteriseras som ett pionjärbete i oländig trakt med svårt klimat och under svåra kommunikationsförhållanden, vilka medför särskilda skaderisker och försvårar möjligheten att begränsa omfattningen av en inträffad skada. Prospektering, och på sitt sätt person/materieltransport med flyg medför sina speciella risker. Vid seismiska undersökningar ger skottlossning risk för skador genom stenkastning.

Den utrustning, som används för oljeborrhning är utförd för roterande borrhning i huvudsak på följande sätt. Borrmaskinen är monterad i ett högt borrhorn med lyftdon för hantering av borrhstänger och borrhkronor m m. En dieselmotor e d driver ett rotationsbord, till vilket en vridstång (kelly) är kopplad. Denna är i sin tur fastgångad vid en borrhstång, som består av ett antal hopgångade, ca 10 m långa stålrör. Till det nedersta röret är gängansluten en borrhkrona, som i hårda bergarter är utförd för krossande borrhning (rullborrkrona) och i lösa bergarter för skärande borrhning (skärborrhkrona).

Borrhkronan bringas alltså i rotation via kellyn och borrhstången. För varje borrhad stängdelslängd måste borrhstången demonteras från kellyn och en ny delstång insätts. Vid byte av borrhkrona måste hela borrhstången demonteras. Borrdiametern minskar från ca 60 cm vid borrhningens början till ca 10 cm vid slutet. I lösa bergarter kan man borra upp till ca 60 m per timme, i hårda bergarter endast 0,1-0,2 m per timme. I sistnämnda fall förslits borrhkronorna så snabbt, att de måste bytas efter 0,5-0,6 meters borrhning.

Borrhkaxet avlägsnas ur hålet genom spolning med slam, som pumpas ned genom borrhöret och drar med sig borrhkaxet mellan borrhstång och hålvägg till dagytan. Slammet har inte bara en transportfunktion. Det kyler och smörjer också borrhkronan och hindrar genom sitt tryck i viss mån även hålväggen att rasa igen. Slammet motverkar i viss mån även det olje- eller gastryck, som uppstår, när borrhkronan når ett oljeförande skikt. Använt slam kan, förutom vatten, bestå av t ex bentonit (en typ av lera som kraftigt sväller i vatten), dextrin, glimmer, cellofan och asbest. För att höja mottrycket i borrhålet kan spolvätskans densitet höjas genom tillsats av bariumpföreningar. Vid borrhning i saltlager används saltmättad spolvätska för att hindra läckage i borrhålets väggar.

Under borrhningen måste hålet successivt infordras med stålrör (foderrör) för att hindra ras från hålväggen. Foderröret består av sektioner, som skruvas ihop på samma sätt som borrhstångssektionerna och sätts, liksom dessa, på plats med hjälp av borrhornets lyftdon.

När borrhningen beräknas närma sig det oljeförande skiktet vidtas särskilda åtgärder för att ta emot oljan. Om oljekällan står under måttligt gastryck, försluts borrhålsmyningen och kontrolleras att foderröret håller för tryckpåkänningen. Av oljespår i spolvätskan framgår, när borrhkronan trängt in i det oljeförande skiktet. Då dras borrhverktyget upp och sedan kvarvarande spolvätska pumpats upp är vägen fri för oljan. Om oljekällan står un-

der högt gastryck, vilket ofta är fallet, måste vissa försiktighetsåtgärder vidtas för att få källan under kontroll. Gastrycket kan då vara så högt, att varken borrarverktygets vikt eller en extra tung slamvätska räcker för fortsatt borrning. I sådana fall används hydrauliska hjälpmedel. För den sista borrarsträckan används också en borrar-krona med backventil, och i borrhålets mynning anbringas säkerhetsanordningar och ventiler för reglering av oljeflödet.

När en oljekälla upptäckts fastställs genom ett ytterligare antal borrhål fältets omfattning, dvs det oljeförande lagrets gränser mot ovanför beläget naturgasförande lager och underliggande saltvattenlager, samt tidigt som variationerna av naturgasens tryck i olika delar av fältet bestäms. Med ledning härav bestäms lägena av de hål, som sedan måste borraras för exploateringen av oljefältet.

Som tidigare nämnts måste naturgasen, för att råoljan skall kunna ostört transporteras i rörledningar, avskiljas från råoljan redan vid oljekällan (exploateringshållet). Detta sker i en avskiljare, en liggande cylinderformad stålbehållare, där trycket hålls lägre än gastrycket i oljekällan, så att gasen skiljs från råoljan. Petroleum (råolja) in situ under tryck kan innehålla naturgas till mer än 80 gånger sin egen volym. Den naturgas som utvinns i anslutning till olja består mest av metan, men dessutom propan, butan och pentan. Naturgas, s k torr naturgas, utvinns också från särskilda gasfyndigheter. Den har en annan sammansättning. Den torra naturgasen från Nordsjöområdet består t ex av metan samt i mindre mängd etan och kväve. Om naturgas, se vidare avsnitt 4. - Råoljan uppsamlas sedan via rörledningar i en för oljefältet gemensam terminal. Beträffande fortsatt transport, se avsnitt 3.3.

Av ovanstående framgår, att utvinning av råolja främst kännetecknas av en omfattande och komplicerad borraringsverksamhet samt hantering av brandfarlig vätska (råolja) och brandfarlig gas (naturgasen). Härvid bör observeras, att komponenterna i naturgasen och en stor del av komponenterna i råoljan i vissa blandningsförhållanden med luft, inom s k brännbarhetsgränserna, ger explosiva gas- respektive ångluftblandningar. En sådan blandningsbenägenhet att antändas, karakteriserad av vätskans flampunkt och blandningens tändtemperatur och minsta tändenergi m m, varierar för de olika komponenterna. Jfr avsnitten 2.2.2 och 3.1.

Borraringsarbetet är förknippat med betydande risk för mekaniska skador genom roterande maskindelar, hantering av tunga föremål och fallande föremål samt fallrisker. Maskinbullret kan medföra hörselskador. Hantering av kemikalier, oljor och asbest m m kan ge upphov till andra yrkessjukdomar.

Oljeutvinningen medför vissa risker av katastrofkaraktär, som kan leda till s k gruppolycksfall. De viktigaste torde vara följande.

a) Utblåsning ("blow out") av olja/gas, när en oljekälla påträffas under borrning; eventuellt i kombination med brand av olja/gas och/eller explosion av ång/gasluftblandning. - Borrarlaget kan alltså svårt skadas eller omkomma av kringkastad utrustning, vältande borrhörn, brand etc. Ett borrarlag kan per skift omfatta ungefär 15 personer.

b) Läckage av olja/gas under exploateringskedet från rörledning-
ar, armatur och annan utrustning, som kan leda till brand och/el-
ler explosion av ånga/gasluftblandning.

c) Explosion av tryckkärl, haveri av lyftanordning e d. - Kan ge
upphov till, förutom direkta mekaniska skador, till omfattande
läckage med följder enligt ovan.

För att begränsa risker av ovannämnda slag har inom petroleumin-
dustrin utvecklats ett omfattande säkerhetssystem med föreskrif-
ter och rekommendationer, som rör utrustning, arbetsmetoder,
brandförsvar och utbildning av personal m m. Härtill kommer de
skyddsföreskrifter, som myndigheterna i berörda länder kan ha ut-
färdat om verksamheten i fråga.

Statistik över inträffade yrkesskador vid enbart landbaserad
oljeutvinning har inte kunnat uppbringas. Jfr avsnitt 3.2.2 och
3.2.3.

3.2.2 HAVSBASERAD

Den havsbaserade oljeutvinningen i Nordsjöområdet är av speciellt
intresse för Sverige. I vilka väsentliga avseenden den skiljer
sig från landbaserad utvinning beskrivs nedan med ledning av (47).

Oljeutvinningen i Nordsjön har nyligen påbörjats, men har före-
gått av omfattande prospektering och förberedande arbeten. Man
har borrar omkring 500 prospekteringshål, vilket lett till upp-
täckten av ca 60 olje- och/eller gasfyndigheter. I genomsnitt
har alltså 12 % av borrhålen gett någon form av petroleum. Där-
utöver har 300 värderings-/utvecklingshål borrats. Arbetet i
Nordsjön medför unika problem. Vattendjupet, där borring sker,
varierar från 30 till 180 meter. Inom den nordliga sektorn upp-
träder ofta vågor på över 20 meter och vindhastigheter av om-
kring 54 m/s. En flytande borrhplattform med en vikt av 16 000
ton skulle då kunna höja och sänka sig mer än 7,5 meter i vattnet.
Borrningsarbetet måste stoppas, när sjöhävningen överstiger
3-3,5 meter, utom när man borrar prospekteringshål. För dessa
ligger gränsen vid 1,8-2,4 meter.

För vattendjup ned till 75-90 meter kan användas borrplattformar
med stödben, som vilar på havsbotten och kan dras upp när platt-
formen flyttas till sin uppställningsplats. För arbete på större
vattendjup används flytande plattformar. De uppbars från början
av cylindriska eller torpedformade flytkamrar och var av fack-
verkskonstruktion för att minska vågornas och sjöhävningens in-
verkan. En sådan plattform hölls kvar över borrhålet av sex till
nio ankaren, som vägde ca 15 ton per styck. Pontonerna fylldes
med ballastvatten, så att de kom så långt under havsytan att vå-
gornas inverkan avsevärt begränsades. De delvis nedsänkta platt-
formarna, s k submersibles, låg stadigt i havet utom när vädret
var mycket dåligt. Men plattformen befann sig ändå ständigt i rö-
relse både i höjd- och sidled, vilket måste kompenseras för en
flytande borrhplattform. - Borrplattformar enligt denna princip
har konstruktionsmässigt utvecklats vidare, och många plattform-
mar har numera egna framdrivningssystem.

En flytande borrhplattform måste ha en förbindelse med borrhålet,
s k marin stigledning. Denna är upphängd i borrhörnet med wirrar,

som ger konstant spänning. Stigledningen är ett stålrör av 400-610 mm diameter. Genom detta rör förs borrhöden ned i borrhålet och genom röret återförs borrhslammet till ytan. Stigledningen har nedtill en rörlig kulle, som medger sidorörelser och är upp-till teleskoputformad, så att vertikalarörelser kan ske. Ett hydro-pneumatiskt system utjämnar trycket på borrhkronan, vilket annars skulle variera med sjöhävningen.

För driften på en borrplattform krävs regelbundna person- och materieltransporter mellan plattformen och land. För person-transporterna används mest helikopter, som landar på plattformens helikopterdeck, och för materieltransporterna förrådsfartyg. För helikoptertrafiken utgör starka vindar den värsta risken. En helikopter kan klara sig tillfredsställande i vindhastigheter upp till 28 m/s. I nödsituationer har helikoptrar tagit upp människor från en borrplattform i vindstyrkor upp till 36 m/s. Det största problemet med materieltransporten är att förtöja förrådsfartyget vid borrplattformen, då det anländer, och att föra de livsviktiga förråden ombord. När det är lågtryck kommer vindar och vågor från alla håll och en borrplattform i fackverkskonstruktion har ingen läsida. Stark sjöhävning medför stora problem och risker när fartyget skall förtöjas och lossas. Vid krabb sjö kan ett förrådsfartyg klara vågor av högst 4,5-5 meter för sådant arbete. För att underlätta lossningen håller nya system på att utvecklas för att dämpa fartygets ryck i förtöjningstrossarna och för att synkronisera plattformskranens och fartygskranens rörelser.

Med specialutrustade förrådsfartyg läggs de tunga ankare ut, som i ett stjärnformigt system med långa och grova ankarkättingar håller borrplattformen i läge. När plattformen skall flyttas, rycks ankarna loss och lyfts upp till ytan med samma fartyg, varefter de förs ombord på plattformen med dess kran. Också för detta arbete krävs relativt "lugnt" väder (våghöjd högst 5 m). Även detta arbete kan medföra betydande risker både för besättningen på plattformen och på fartyget, särskilt vid snabb väderleksför-sämring.

Vid havsbaserad prospektering och förberedande arbeten för olje-utvinningen måste vissa av arbetena utföras på havsbotten av dykare. Även under det egentliga oljeutvinningsskedet torde visst dykeriarbete bli nödvändigt för besiktning och underhåll av ledningar, armatur och annan utrustning som lagts ut på havsbotten (se nedan). Dykeriarbetet är riskfyllt. Bl a för sådant arbete under förhöjt tryck, som utförs under vatten med dykarutrustning eller i dykarklocka utan sluss, krävs en mängd skyddsåtgärder (se arbetarskyddsstyrelsens dykerianvisningar, nr 49/1963). Miss-tag eller oförutsedda händelser kan då medföra yrkesskador av olika slag såsom dykarsjuka (tryckfallssjuka), om dykaren gör för snabb uppstigning; lungsprängning m m, om han får för mycket luft i dykardräkten, så att han flyter upp; kvävning genom syrebrist och koldioxidförgiftning, om lufttillförseln minskar eller av-bryts; drunkning, om t ex dykarutrustningen skadas; undertryck i lungorna ("squeeze"), om dykaren faller under vatten m m.

För att underlätta arbete på havsbotten och minska behovet av dykeriarbete har s k divargubätar utvecklats, som har en besätt-nings av två till tre man eller är obemannade. Från dessa kan havsbotten filmas och vissa är utrustade med mekaniska armar med vars hjälp enklare arbeten kan utföras. För sjösättningen från

och upptagningen till moderfartyget av ubåten krävs en relativt lugnt väder. Med övergången till utvinningsfasen avses både dykare och ubåtar komma att spela en viktig roll.

För utvinningen måste massiva, fasta plattformar placeras över oljefältet. För att oljekällan skall kunna tömmas måste sneda utvinningshål borras från dessa plattformar, 30 till 40 hål från varje plattform. Några av dessa hål avses användas för insprutning av gas och vatten så att trycket i oljekällan kan bibehållas. Från stora oljefält avses oljan transporteras i rörledningar på havsbotten till hamnar för lagring och omlastning. Härvid samlas först oljan från närbelägna oljefält via rörledningar från dessa till en gemensam terminalplattform. Från mindre, avskilt belägna oljefält kommer oljan att transporteras med tankfartyg. Fartyget förankras då med hjälp av en särskild förtöjningsboj. Denna är så utförd att fartyget kan vrida sig 360°, medan oljan pumpas genom en slang, som via en undervattensledning är förbunden med utvinningsplattformen. En förtöjningsboj kan göras mer stabil, om den även förses med ballast och bärtankar.

För oljeutvinningen byggs nu plattformar av två olika typer, nämligen pålade stålplattformar resp ej pålade betongplattformar. Stålkonstruktionerna till förstnämnda byggs på land och bogseras ut till fältet i horisontellt läge, där de reses upp och görs fast med pålar som drivs djupt ned i havsbotten. Som exempel kan ges följande data för en sådan stålplattform.

Vikt, ton	ca 40 000
Vattendjup på platsen, m	140
Höjd, räknat från havsbotten, m	190
Stödben, grövsta, diameter, m	7,4
Pålar, antal	32
diameter, max, m	1,8
pålningsdjup, m	ca 60

Tillverkning, transport och montering i havet av en plattform med sådana dimensioner medför stora svårigheter och risker.

Betongplattformen pålas inte fast vid havsbotten utan motstår vindens, vågornas och strömmarnas rörelser genom sin egen tyngd, där den vilar på botten. Den kan användas som alternativ till den pålade stålplattformen på sådan plats, där havsbotten är stark, plan och jämn. Betongplattformen byggs färdig på skyddat vatten och bogseras i vertikalt läge ut till sin destination, där den ballastas och sjunker på plats. Den är enklare att installera än en stålplattform. Betongplattformar utförs med en bas utformad som en sexhörning med tre plattformsbärande pelare i denna (Condeep), eller med en kvadratisk bas med fyra plattformsbärande pelare i denna (Mc Alpine Sea Tank). Som exempel ges nedan några data för en betongplattform av Condeptyp som byggdes i Norge och installerades 1975 på Brent-fältet.

Vikt, utan ballast, ton	190 000
Bas, omskr. cirkeldiam, m	90
cylindrar, antal	19

cyllindrar, diameter, m	20
, höjd, m	60
Pelare, plattformsbärande, antal	3
, höjd, m	100
Oljelagringskapacitet, ton	140 000

Brent-området, nordost om Shetlandsöarna, är utsatt för Atlantstormarnas fulla kraft. Ett av kraven på alla plattformar, som placeras där, är, att de måste kunna motstå den s k hundraårsstormen. Under en sådan kan vågorna nå en höjd av 30 meter och vindstyrkan i byarna ca 71 m/s.

För borrhning av de förut omnämnda sneda utvinningshålerna från en sådan plattform kommer en särskild typ av s k sänkborrhmaskiner att användas. Borrkronan drivs inte på konventionellt sätt via en borrhstång. I stället drivs borrkronan av en till denna ansluten, i borrhålet nedsänkt turbin. Denna drivs av spolvattnet, som sätts under tryck. Borrhålen ansätts vertikalt men bringas på visst djup att böja av, en grad för var trettionde meter, ut från plattformen. I Brent-fältet, där källan är belägen mer än 3 000 meter under havsbotten, beräknas de längsta utvinningshålerna behöva bli 5 200 meter. För att tömma oljekällan krävs ytterligare hål som avses borrar från annan borrhplattform, av den vid prospekteringsborrningen använda förut nämnda, delvis nedsänkta typen. Dessa borrhål kommer emellertid att färdigställas på havsbotten och förbindas med den fasta plattformen. Vid installation av utrustningen för sådana borrhål kommer dykare att erfordras. - För att kunna exploatera även mindre, avskilt belägna oljefält görs vissa försök med utvinningsanläggningar under vatten.

Av det sagda framgår, att havsbaserad oljeutvinning, särskilt den inom Nordsjöområdet, är förknippad med en unik mängd av problem och risker, som tillkommer vid sidan av och utöver sådana, redan förut beskrivna, som förekommer vid landbaserad utvinning.

Vid ett seminarium i Bergen i juni 1976 om havsbaserade arbeten för oljeutvinning höll Grorud och Bjæ från Det Norske Veritas ett föredrag om risker vid sådana arbeten (48). Där ges vissa statistiska data om bl a yrkesskador vid sådana arbeten. Statistiken är begränsad till händelser, som medfört plattformsskador och de yrkesskador dessa samtidigt gav upphov till; rent arbetsrelaterade yrkesskador, vid t ex dykeriarbete, förtöjning och lossning av fartyg etc är alltså ej inräknade. Under åren 1970-1975, som ungefär motsvarade 1 200 "plattformår" vid havsbaserad utvinning inträffade 234 plattformsskador och i anslutning till dessa 79 dödsfall och ett ej angivet antal andra yrkesskador. Ungefär tre fjärdedelar av dessa dödsfall orsakades av utblåsning, brand och/eller explosion; resten hade andra orsaker. Ungefär 90 % av dödsfallen inträffade, när plattformen var i bruk; resten huvudsakligen under montering och några få under flyttning.

Från Statens Arbeidstilsyn, Direktorat, Oslo, har mottagits vissa uppgifter om yrkesskador, som inträffat under den norska oljeverksamheten i Nordsjön, fr o m 1966, då denna började, t o m 1975. I översikten ingår inte yrkesskador vid internationell sjöfart och luftfart eller yrkesskador på dykarfartyg och rörlägg-

ningsfartyg, som arbetar utanför en plattformens säkerhetszon, 500 m. Antal plattformar i drift var en 1966 och antalet har successivt ökat till tretton under de senaste åren. Under 1966-1975 inträffade totalt 17 dödsfall; 6 av dessa drabbade dykare; 5 drabbade andra arbetstagare på flyttbara borrhplattformar och andra arbetstagare på fasta installationer. År 1975 var antalet yrkesskador på mobila borrhplattformar 83 och på fasta installationer 90, eller totalt 173.

Storbritanniens energidepartement har i (49) uppgifter om bl a yrkesskador härrörande från detta lands havsbaserade utvinning av olja och naturgas. Under perioden 1971-1975 totalt inträffade dödsfall och "svåra" olycksfall fördelar sig på följande sätt: antal dödsfall 32, därav på borrhplattformar 27, resten på fartyg; antal "svåra" olycksfall 131, därav på borrhplattformar 119, resten på fartyg. Uppskattade antalet på borrhplattformarna sysselsatta arbetstagare var under nämnda femårsperiod i genomsnitt per år 3 174. Därav kan antalet dödsfall resp "svåra" olycksfall bland de enbart på borrhplattformarna sysselsatta arbetstagarna uppskattas till per 1 000 män och år $27:(5 \cdot 3174 \cdot 10^{-3}) = 1,70$ resp $119:(5 \cdot 3174 \cdot 10^{-3}) = 7,50$. Dödsfallsfrekvensen kan jämföras med t ex motsvarande frekvens för svenska malmgruvor. Denna har med hjälp av uppgifter i Svenska Gruvföreningens yrkesskadestatistik (75) i genomsnitt för samma femårsperiod uppskattats till $33:(5 \cdot 11000 \cdot 10^{-3}) = 0,60$ per 1 000 män och år. - Den brittiska statistiken visar vidare att av de på borrhplattformarna inträffade dödsfallen (27 fall) hänförde sig 11 till borrhningsarbete och 9 till dykeriarbete. 1975 inträffade totalt 53 tillbud, dvs farliga händelser, som kunde ha lett till svåra olycksfall.

Den stora olje/gasläckaget i april 1977 på Bravoplattformen, Ekofiskfältet i Nordsjön, kunde ha fått betydligt svårare följd. En brand eller explosion vid olyckstillfället kunde ha medfört mycket omfattande och svåra yrkesskador, särskilt som utrymningen av en havsbaserad plattform kan ta lång tid. Även reparationsarbetet utfördes under stor risk för brand eller explosion.

3.2.3 YRKESSKADOR

Speciella svårigheter uppstår, när man skall söka få en rättvisande bild av yrkesskador vid oljeutvinning. Skälen är främst följande.

- a) Oljeutvinningen föregås av prospektering, inbegripet borrhning, av unik omfattning. Denna medför en mängd yrkesskador som bör inräknas vid beräkning av yrkesskadorna per utvunnen oljemängd.
- b) Samtidigt med olja utvinns naturgas, vilket medför ett fördelningsproblem.
- c) Landbaserad och havsbaserad utvinning medför delvis helt skilda risker och bör redovisas var för sig med avseende på yrkesskadorna. Dessutom tillstöter även här det ständiga problemet att yrkesskador i statistiken normalt knyts till avverkad arbetstid, ej till framställd produktkvantitet.

Från två internationella oljekoncerner (K1 och K2) har mottagits yrkesskadestatistik för olika processled inom deras verksamheter,

bl a utvinning med prospektering inbegripen. Men i statistiken är olje- och naturgasutvinning inte åtskilda, och inte heller landbaserad och havsbaserad utvinning. Med ledning av uppgifterna för åren 1973-1975 har följande genomsnittliga yrkesskadefrekvenser vid utvinning under denna period beräknats.

	K1	K2
Yrkesskador per 1 milj. arb. tim.	8,7	9,9
Förlorade arbetsdagar per skada	175	17
Dödsfall per 1 milj, arbetstim.	0,21	0,15

Dessutom tillkommer yrkesskador från entreprenadverksamheten. Medelvärde för 1973-1975 av yrkesskador per 1 miljon arbetstimmar hos entreprenadanställda för K2 var 34,5. Om antal arbetstimmar för entreprenörerna var ungefär lika stort som arbetstimmarna för företagens egna anställda, vilket vissa uppgifter från 1973 och tidigare år tyder på, blir för K2 totala antalet yrkesskador (för den egna och entreprenörernas personal) per en miljon arbetstimmar ungefär $(9,9 + 34,5) : 2 = 22,2$ räknat som medelvärde för åren 1973-1975. På liknande sätt kan under samma period för K2 totala antalet dödsfall per en miljon arbetstimmar uppskattas till 0,33. Den stora skillnaden i förlorade arbetsdagar per skada för K1 och K2 kan bero på att olika innebörd lagts i begreppet förlorade arbetsdagar i vilket begrepp K1 kan ha inbegripit, t ex genom dödsfall förlorade arbetsdagar, vilket K2 inte har gjort. - Nämda yrkesskadestatistik innehåller inga uppgifter som skulle göra det möjligt att omräkna frekvenserna i relation till utvunnen kvantitet råolja för vidare framräkning till ett 1 GWe kraftverk per år.

I (22) uppger Comar och Sagan de lägsta och högsta värdena för antalet yrkesskador vid oljeutvinning för ett 1 GWe kraftverk och per år, som de funnit vid en litteraturgenomgång. Samtliga yrkesskador utgörs av olycksfall, några yrkessjukdomar har inte förekommit eller upptäckts. Yrkesskadorna är uppdelade på dödsfall och övriga. Totalt har fem litteraturkällor utnyttjats. I tabell 3.2.3:1, som visar resultatet, har även de olika kategorierna adderats.

Tabell 3.2.3:1 Antal yrkesskador vid oljeutvinning. Framräknade för ett 1 GWe kraftverk och räknat per år. Från Comar och Sagan (22)

Slag av yrkesskador	Vid litteraturgenomgång funna lägsta resp högsta antal yrkesskador
Totalt vid oljeutvinning	7,6-21
Därav, dödsfall	0,06-0,21
, övriga	7,5-21

Av handlingarna framgår inte om tabellvärdena inbegriper yrkesskador från prospektering resp från entreprenadanställda. Möjliga kan sådana yrkesskador vara inbegripna i maximisiffrorna,

som alltså bäst torde belysa den totala yrkesskadebelastningen. Dessa maximisiffror, dvs totalt 21 yrkesskador, varav 0,21 dödsfall, för ett 1 GWe kraftverk och per år, torde dessutom närmast representera yrkesskadorna vid landbaserad utvinning, eftersom statistikunderlaget helt domineras av sådan utvinning. Främst bör observeras, att havsbaserad utvinning inom Nordsjöområdet inte omfattas av nämnd statistik och att för sådan utvinning avsevärt större yrkesskadebelastning kan förväntas av förut angivna skäl.

3.3 TRANSPORT

Transport av råolja från oljefältets terminal till raffinaderi sker med rörledning (land- eller havsbaserad) eller med rörledning och tankfartyg i kombinationer. Eventuella transporter av råolja med järnväg eller tankbilar saknar betydelse i detta sammanhang.

Landbaserad utvinning ger för råolja följande alternativa transporter:

via landrörledning, eller

via landrörledning - hamn - tankfartyg - hamn - landrörledning.

Havsbaserad utvinning ger för råolja följande alternativa transporter:

via havsrörledning - hamn - landrörledning, eller

via havsrörledning - hamn - tankfartyg - hamn - landrörledning, eller

via tankfartyg - hamn - landrörledning.

3.3.1 LANDBASERAD

Landbaserad transport av råolja, dvs transport från landbaserade oljefälts terminaler till raffinaderier eller utskippningshamnar, sker över hela världen via rörledningar (pipelines). Även naturgas transporteras i liknande rörledningar. I bl a Förenta Stater-na transporteras även en del oljeprodukter i rörledningar. Världens totala rörledningsnät för råolja, naturgas och deras produkter uppskattades 1966 till 1,5 miljoner km och samma år beräknades i hela världen (exkl Sovjet) ha anlagts 38 000 km sådana rörledningar. En råoljelednings diameter kan röra sig om 0,6-1 m. Den utläggs på betongplintar, utjämnad mark e d och hopfogas genom svetsning. Till ledningssystemet hör pumpstationer m m. Ibland måste tunnlar drivas för rördragningen. Den år 1967 färdigställda rörledningen från Trieste till Ingolstadt i Sydtysskland, som är 456 km lång och har 1 meter diameter, passerar Alperna genom tre tunnlar vardera av ca 7 km längd.

Landbaserad råoljetransport i Sverige är begränsad till korta ledningstransporter, några km, mellan hamn och raffinaderi och faller liksom lossningen och lagringen inom raffinaderiets verksamhetsområde, se avsnitt 3.4.1.

Landbaserad råoljetransport i rörledning ger upphov till risker för yrkesskador av skilda slag i två olika skeden, anläggnings-skedet resp bruksskedet. Anläggningsskedet karakteriseras av, att ett stort antal arbetstagare under relativt kort tid utsätts för rätt betydande risker för skador i samband med lyftning, bärning eller liknande hantering, bruk av handverktyg, redskap, arbetsmaskiner och lyftanordningar; skador genom fall (av person) och av fallande föremål; samt med rörsvetsning speciellt förbundna yrkesskador. Dessa yrkesskador måste sedan relateras till den totala kvantitet råolja som kommer att transporteras i rörledningssystemet under hela bruksskedet. Bruksskedet karakteriseras av att ett fåtal arbetstagare under lång tid normalt utsätts för ringa skaderisk. Ett råoljeläckage, särskilt genom rörbrott e d, kan dock leda till brand eller explosion och medföra svåra skador för bl a arbetstagare. Dessutom utsätts släckningsmanskaper för speciella risker. Under 1977 har hittills omnämnts två bränder i rörledningar för råoljetransport, som inträffat i Mellanöstern. - Det torde vara rätt svårt att skydda en lång rörledning mot sabotage eller krigshandling.

3.3.2 HAVSBASERAD

Havsbaserad transport av råolja kan ske med rörledning förlagd på havsbotten eller med tankfartyg. Anläggandet av och transport med havsrörledningar inom Nordsjöområdet, som är av speciellt intresse för Sverige, har i vissa hänseenden redan belysts i avsnitt 3.2.2. En del havsrörledningar till brittiska och andra hamnar (såväl för råolja som för naturgas) är redan anlagda och tagna i bruk. Arbete med åtskilliga andra pågår. Om någon rörledning från norska oljefält till norsk hamn kommer att anläggas, torde ännu inte ha avgjorts. Anläggandet av en havsrörledning medför unika svårigheter som ökar med havsdjupet och med skarpa förändringar i havsbottnens topografi. Rörutläggning, som förutsätter gynnsamt väder, måttligt grov sjö, sker endast under sommaren. För att underlätta påbörjad rörläggning mellan hamn på Shetlandsöarna och vissa oljefält belägna ca 15 mil nordost om öarna, där vattendjupet delvis överstiger 150 m, byggs nu enligt (47) en ny typ av utläggningsfartyg, en "delvis nedsänkt" präm, där rören läggs ut från båtens mitt och inte som tidigare från sidan. Vidare avses rören genom svetsning sammanfogas automatiskt, vilket gör det möjligt att samtidigt lägga ned rör av 24 meters längd. Under utläggningen måste spänningen i rören kontrolleras, så att det inte uppstår sprickor e d. På vissa platser måste diken grävas på havsbotten. Ett omfattande arbete under vatten krävs, när de olika fälten skall förbindas med matarledningar och dessa sedan med huvudledningen, och speciellt när rörledningarna skall anslutas till utvinningsplattformarna. När anläggningen tagits i bruk måste den dessutom underhållas och regelbundet besiktigas i någon form. För allt detta krävs omfattande insatser av dykare och av personal opererande från dvärgubåtar m m, se och jämför avsnitt 3.2.2.

Till svenska raffinaderier transporteras råoljan med tankfartyg till helt dominerande del genom oceanfart och huvudsakligen från utskeppningshamnar i Mellanöstern och Nigeria (jfr avsnitt 3.1). En förskjutning mot nordsjöfart och speciellt transport från norsk hamn eller havsterminal kan förmodas ske. Scanraffhamnen i Brofjorden kan ta in tankfartyg med en lastförmåga av högst 300 000 dwt (ton dödvikt). Torshammen i Göteborg som utnyttjas av

Shell och BP raffinaderierna kan ta in fartyg på drygt 200 000 ton. Nynäs raffinaderiets hamn kan ta in fartyg på 130 000-170 000 ton, men fartygsstorleken begränsas av de danska öarna; vanligt tonnage 50 000-70 000 ton. Råoljetransporterna till Sverige torde huvudsakligen ske med råoljeverantörernas egna tankfartyg och endast undantagsvis med svenska fartyg.

Av sjöfartsverkets redogörelser (6) om yrkesskador som drabbat anställda på svenska handelsfartyg framgår bl a följande. Under åren 1965-1974 var i medeltal per år

bemannning, antal	17 780
yrkesskadefall, antal	2451,2
, %	13,79
därav dödsfall, antal	24,7
, %	0,14

Motsvarande siffror för 1974 var

bemannning, antal	16,213
yrkesskadefall, antal	2 227
, %	14,04
därav dödsfall, antal	41
, %	0,25

1974 var ungefär två tredjedelar av de anställda (bemanningen) svenskar, resten utlänningar. Av yrkesskadefallen 1974 inträffade 408 på tankfartyg, därav 14 dödsfall. Av totala antalet dödsfall 1974 orsakades 17 av brand och 1 av explosion.

Av sjöfartsverkets redogörelser (7) för inrapporterade sjöolyckor med svenska handels- och fiskefartyg framgår bl a följande. Med avseende på arten dominerar olyckor av typ grundstötning eller strandning och kollision med andra fartyg. Olyckor av annan art kan vara av typ sammanstötning med annat föremål än fartyg, läcksprängning, kantring eller väderskador, brand och/eller explosion, maskin-, propeller- eller roderhaveri etc. Ibland är olyckorna en kombination av två eller flera sådana händelser. Som exempel kan nämnas att 1973 inrapporterades totalt 250 sjöolyckor. Av dessa rörde 36 tankfartyg och av sistnämnda sammanhängde 11 med grundstötning eller strandning, 10 med kollision med fartyg och 2 med brand och/eller explosion.

Vid sjötransport av en viss mängd råolja kan man vänta sig varierande olycksrisker vid bruk av å ena sidan många och små, å andra sidan få och stora tankfartyg. Sistnämnda drar färre arbetstimmar per ton fraktad råolja och kan därför väntas medföra färre farliga händelser per fraktad kvantitet, men en sådan händelse kan få svårare följder. Utslaget på en lång tid kan därför även transport med få stora tankfartyg medföra många svåra yrkesskador per ton fraktad råolja, under det att frekvensen av lättare skador per ton kan förväntas minska. De påkänningar, som ett fartyg utsätts för genom stormvågor, torde vara störst vid oceanfart och lägst vid östersjöfart; nordsjöfart torde innebära ett mellanting. Ökad transportsträcka medför ökad yrkesskadebelastning per ton fraktad råolja genom att antalet nedlagda arbetstimmar per ton då ökar. Risken för yrkesskador kan även variera

med fartygets utförande och dess säkerhetsutrustning m m.

Tankrengöring och liknande arbeten på fartyg medför bl a betydande explosionsrisker. I december 1969 inträffade under tankrengöring mycket svåra explosioner på tre stora tankfartyg; Marpessa, som sjönk, samt Mactra och King Haakon VII. För att klarlägga orsakerna till olyckorna utfördes i flera länder omfattande undersökningar. Resultaten har sammanfattats i en artikel av Lundquist, Lövstrand och Fredholm (5). Bland möjliga tändkällor nämns mekaniska gnistor genom fallande föremål; antändning genom heta ångledningar; kompressionständning, när den för rengöringen använda vattenstrålen komprimerar gasbubblor; samt elektrostatisk urladdning. En stor mängd försök, bl a i full skala, utfördes med avseende på elektrostatisk uppladdning av vattenstrålen och dimmolnet m m. Bl a visade det sig, att föremål som faller i laddad dimma kan laddas upp under fallet och urladdas, när det passerar ett utskjutande metallföremål eller just innan det träffar tankens botten. Vid försök med sådana laddade fallande föremål i explosiv atmosfär har flera antändningar åstadkommits. Föremål av en apelsins storlek, laddade till en spänning av 6,6 kV kan t ex ge tändande gnistor.

Vid inspektion, rengöring, reparation, underhåll, ombyggnad, upphuggning eller liknande arbete på bl a tankfartyg som för eller fört råolja eller annan brännbar vätska krävs omfattande skyddsåtgärder mot brand-, explosions-, förgiftnings- eller annan hälsofar. Vilka slag av skyddsåtgärder som i Sverige krävs i sådana sammanhang framgår bl a av arbetarskyddsstyrelsens oljetankanvisningar (nr 19:1, 1973), anvisningar om gasskärning m m (nr 19:5, 1975) och anvisningar om inert gas (nr 19:6, 1975).

3.3.3 YRKESKADOR

Av det sagda framgår, att de yrkesskador, som råoljetransport kan ge upphov till, varierar med sådana faktorer som enskilda transportmedel, olika kombinationer av transportsätt och olika transportvägar och transportsträckor. Frågan kompliceras ytterligare av att yrkesskador härrörande från transport av råolja och oljeprodukter inte finns åtskilda och att statistiken som vanligt inte hänförs till transporterad kvantitet utan till nedlagd arbetstid.

Från två internationella oljekoncerner (K1 och K2) har mottagits yrkesskadestatistik, som bl a rör fartygstransporter, men som avser transport av såväl råolja som oljeprodukter. Med ledning av uppgifterna för åren 1973-1975 har följande genomsnittliga yrkesskadefrekvenser vid fartygstransporter under denna period beräknats.

	K1	K2
Yrkesskador per 1 milj. arbetstim.	8,6	7,3
Förlorade arbetsdagar per skada	44	-
Dödsfall per 1 milj. arbetstim.	0,03	0,10

Nämnda yrkesskadestatistik innehåller inga uppgifter, som skulle göra det möjligt att omräkna frekvenserna i relation till transporterad kvantitet råolja för vidare framräkning till ett 1 GWE kraftverk.

I (22) uppger Comar och Sagan de lägsta och högsta värdena för antalet yrkesskador vid transport för ett 1 GWe kraftverk och per år, som de funnit vid en litteraturgenomgång. Samtliga yrkesskador avser olycksfall; yrkessjukdomar har inte angetts. Yrkesskadorna är uppdelade på dödsfall och övriga. Totalt har fyra litteraturkällor utnyttjats. I tabell 3.3.3:1, som visar resultatet, har även de olika kategorierna adderats.

Tabell 3.3.3:1 Antal yrkesskador i form av olycksfall vid transport. Framräknade för ett 1 GWe kraftverk och räknat per år. Från Comar och Sagan (22)

Slag av olycksfall	Vid litteraturgenomgång funna lägsta resp högsta antal olycksfall
Totalt vid transport	1,1-9
Därav, dödsfall	0,03-0,1
, övriga	1,1-9

Den stora spännvidden för tabellvärdena kan bero på att de olika värdena avser olika produktslag och transportsätt, t ex transport av enbart råolja eller enbart eldningsolja eller båda, resp transport med enbart rörledning eller enbart tankfartyg eller båda. De högsta värdena kan tänkas representera den totala yrkesbelastningen från hela transportledet.

För jämförelse görs nedan en uppskattning av yrkesskador vid råolja-transport med tankfartyg på motsvarande sätt som gjorts för koltransport med bulkfartyg (se avsnitt 2.3.2). Från sjöfartsverkets årliga redogörelse för yrkesskadefall inom sjömansyrket (6) har sålunda för tankfartyg för perioden 1972-1974 yrkesskadefallen i genomsnitt beräknats till 350 fall per år, varav 7,33 dödsfall. Med ledning av uppgifter i statistiska centralbyråns årliga publikation, Sjöfart, har vidare beräknats att för perioden 1972-1974 fanns i årsgenomsnitt 132,7 svenska tankfartyg med en genomsnittlig lastförmåga av 32 400 ton dwt. Ett sådant tankfartyg skulle alltså per år kunna anses ha följande yrkesskadebelastning.

Antal yrkesskador per tankfartyg å 32 400 ton dwt och år	$350:132,7 = 2,64$
Därav dödsfall	$7,33:132,7 = 0,055$

Hur många yrkesskador resp dödsfall detta gör per miljon ton transporterad brandfarlig vätska, t ex råolja, beror på hur många turer som fartyget hinner avverka per år, vilket främst beror på transportsträckan. Transport av råolja till svensk hamn medför långa transportsträckor, som begränsar antalet turer till i genomsnitt ca 8 per år, om transporten sker från Persiska viken genom Suezkanalen. Om den i stället sker runt Afrika, blir det färre turer, men i stället större fartyg med mindre bemanning per ton, vilket verkar utjämnande på yrkesskadorna per transporterad mängd. Man torde därför kunna vänta sig följande yrkesskador vid sjötransport av råolja till svensk hamn, räknat per miljoner ton.

Antal yrkesskador per milj. ton $2,64:(8 \cdot 0,0324) = 10,2$
 Därav dödsfall per milj. ton $0,055:(8 \cdot 0,0324) = 0,21$

Ett oljeeldat kraftverk på 1 GWe antas förbruka 1,5 miljoner ton tjock eldningsolja per år enligt avsnitt 3.1. För framställning av denna kvantitet krävs enligt avsnitt 3.4 en större kvantitet råolja, men samtidigt utvinns andra produkter, vilkas råoljeandel inte bör belasta kraftverkets drift. Eftersom råolja och tjock eldningsolja har ungefär samma energiinnehåll enligt avsnitt 3.1, kan den fiktiva förbrukningen av råolja anses överensstämma med den verkliga förbrukningen av eldningsolja.

En sjötransport enligt ovan kan då anses medföra följande yrkesskador för ett 1 GWe kraftverk och per år.

Antal yrkesskador per 1 GWe kraftverk och år $1,5 \cdot 10,2 = 15$
 Därav dödsfall per 1 GWe kraftverk och år $1,5 \cdot 0,21 = 0,3$

Sistnämnda värden torde bäst representera den till Sverige nu förekommande transporten av råolja, varvid transport per rörledning från utvinningsplatsen till utländsk hamn torde kunna anses inräknad.

3.4 RAFFINERING

Här läggs huvudvikten vid den raffinering som förekommer i Sverige. Vid raffinaderier tillämpade metoder och förekommande slag av risker och yrkesskador beskrivs för lagringen av råoljan, för processerna och för lagringen av produkterna, varefter yrkesskadorna sammanfattas för hela verksamheten.

De svenska raffinaderiernas kapacitet, dvs den kvantitet råolja som årligen kan behandlas där, är f n ungefär följande.

Scanraff	9,0 milj. ton, eller	10,4 milj. m ³
BP	5,0	5,8
Shell	4,5	5,2
Nynäs	<u>2,6</u>	<u>3,0</u>
Summa	21,1 milj. ton, eller	24,4 milj. m ³

Ett par mindre raffinaderier med en sammanlagd kapacitet av ca 0,5 miljoner ton har här inte medtagits, eftersom deras produktion av eldningsolja är av underordnad betydelse. Raffinaderierna har rätt olika produktsortiment, som med avseende på produktandelar även varierar för varje raffinaderi med den för tillfället ingående råoljans sammansättning. I genomsnitt torde andelen tjocka eldningsoljor (EO 3-5) utgöra ungefär 44 viktsprocent av kvantiteten behandlad råolja.

Förordningen om brandfarliga varor och statens industriverks tillämpningsföreskrifter till denna innehåller en stor mängd bestämmelser om förvaring, hantering och transport m m av sådana varor. Hit hör såväl råoljan som de brandfarliga gaser och vätskor som produceras i raffinaderierna. Kommerskollegii säkerhets-

föreskrifter för elektriska starkströmsanläggningar innehåller bl a föreskrifter om elanläggningar i explosionsfarliga rum, som är av stor betydelse för säkerheten i detta sammanhang. Om material, konstruktion, utförande och besiktnings- och besiktning av cisterner och rörledningar för förvaring och transport av brandfarliga gaser och vätskor finns dessutom vissa krav i cisternnormer (nr I, III-VI och VIII) och rörledningsnormer utgivna av Ingenjörsvetenskapsakademiens tryckkärlskommission, vilka godtagits av arbetarskyddsstyrelsen och är jämställda med styrelsens anvisningar. För andra farliga ämnen, som hanteras i raffinaderier, är ytterligare några cisternnormer (nr II och VII) aktuella. För ångproduktionen vid raffinaderierna gäller dessutom tryckkärls-, pannsvets-, rörlednings- och ångpannenormerna m fl. - Vidare innehåller brandlagen och brandstadgan bestämmelser om brandförsvaret och räddningstjänst, som är särskilt betydelsefulla i detta sammanhang. I anslutning till dessa bestämmelser har statens brandnämnd utgett meddelande om skyddsåtgärder mot brand och om brandsläckningsutrustningar m m.

3.4.1 LAGRING AV RÅOLJA

Råoljan lossas från tankfartyget med marinsvängarm och pumpas i rörledning till cisterner eller bergrum, som är belägna vid raffinaderiet, om detta ligger nära hamnen. I annat fall lagras råoljan först vid hamnen och transporteras senare i rörledning (5-10 km) till ett mindre lager vid raffinaderiet.

De cisterner som används för lagring av stora kvantiteter utgörs av öppna stående cylindriska stålcisterner, vilkas botten i hela sin utsträckning vilar på bärande underlag. En cistern anses vara öppen, om den står i sådan oavstängbar förbindelse med atmosfären att trycket i cisternerna ovanför vätskan är lika med atmosfärtrycket. Cisternen kan ha fast eller flytande tak. Sistnämnda bärs av lagringsvätskan (råoljan) och höjs och sänks sålunda vid fyllning och tömning av cisternen. Cisternen har anordningar och utrustningar för fyllning och tömning, avluftning, nivåmätning, vattendränning, skyddsjordning och inspektion. Många cisterner har dessutom överfyllningsskydd, temperaturmätare och brandsläckningsutrustning. Vidare kan cistern avsedd för trögflytande råolja behöva vara värmeisolerad och ha uppvärmningsanordning.

För cisternernas placering finns detaljerade bestämmelser; om skyddsavstånd mellan cistern och byggnad eller annan anläggning, som ej har samband med förvaringen; om säkerhetsavstånd mellan cisterner; om brandgator mellan cisterngrupper; och om huvudbrandgator mellan cisternkvarter etc.

Genom skyddsåtgärder föreskrivna av myndigheterna och de skyddsåtgärder, som företagen ytterligare har vidtagit, har risken för uppkomst av cisternbränder och följderna av inträffade bränder begränsats. Sinclair uppger 1972 i en artikel (51) om raffinaderiets utformning ur brandförsvars synpunkt, att i Sverige under de senaste 30 åren inträffat 4 tankbränder och att globalt räknat per år inträffar en tankbrand per 30 000 tankar (cisterner).

Bergstrand uppger samma år i en artikel (52) om säkerhetsanordningar inom raffinaderiets tankanläggningar, att den senaste tankbranden i Sverige inträffade 1955. Något senare, i januari 1956, inträffade emellertid en stor brand vid Nynäs raffinaderi, när en

cistern med råolja (rymd $12\ 000\ m^3$) rämnade och råoljan fattade eld. Detta orsakades av sprödbrott i cisternen som alltså inte tålde påkänningarna vid nedkylning till låg temperatur.

Risken för uppkomst av brand och följderna av en uppkommen brand kan avsevärt nedbringas genom lagring i bergrum. Sådan lagring sker numera i oinklädda bergrum, vilket bygger på principen att råoljan liksom petroleumprodukterna är lättare än vatten och olösliga i vatten. Allmänt gäller dessutom att lagringen måste ske under grundvattennivån. Denna måste hållas under kontroll. I vissa fall kan vatten behöva tillföras via borrhål, t ex i väggen mellan närbelägna bergrum, i vilka förvaras olika produkter som inte får blandas. Lagringen kan ske efter två huvudprinciper, med fast resp rörlig vattenbädd. Den förstnämnda är vanligast och innebär, att det grundvatten som tränger in i bergrummet samlas i en pumpgrop i bergrummets botten och att vattenbädden hålls på en konstant nivå genom automatiskt styrda pumpar. Den lagrade produkten flyter på den fasta vattenbädden och produktens överyta varierar från botten- till taknivå allt efter bergrummets fyllnadsgrad. För rening av utpumpat läckvatten krävs oljeavskiljare. Rörlig vattenbädd är att föredra vid lagring av flyktiga produkter, t ex bensin eller råolja. Principen innebär att produkten lagras på en vattenbädd, vars nivå varierar med den lagrade produktens mängd. Produktens yta hålls nästan konstant och i nivå med bergrummets tak. Det fria utrymmet ovanför som kan innehålla explosiv ångluftblandning blir därför litet. Vattennivån regleras genom att vatten avlägsnas eller tillförs i samband med in- och utpumpning av produkten.

Vid lagring av råolja i bergrum måste man ta hänsyn till att den innehåller fasta föroreningar. Ett sådant bergrum utförs därför med djupare vattenbädd, där de fasta föroreningarna kan sedimentera. Genom varmhållning undviks utfällningar i råolja som innehåller vax och paraffiner. För att minska svinnet av flyktiga fraktioner utförs bergrummet så att ett gastryck av ca $0,2\ MPa$ ($2\ k_p/cm^2$) kan tillåtas. Bergrummets tak placeras därför på ett sådant djup under grundvattenytan, att grundvattnets tryck vid taknivån är högre än trycket i bergrummet. Om det tillåtna trycket tenderar att överskridas kan gasen avledas eller släppas ut efter rening i t ex en skrubber.

Vid lagring av olja i bergrum har två svåra explosioner inträffat i Sverige, den ena 1957 vid Vindskärsudde, Sundsvall, den andra 1958 i Moheda. Vid Vindskärsudde förvarades bl a bensin i ett antal cisterner. På en av cisternerna uppstod läckage. En övertrycksfläkt i ett angränsande motorrum hade vid översyn blivit felaktigt monterad. På grund härav trängde bensinånga in i motorrummet och antändes av en ljusbåge från en hjälpkontakt som inte var kapslad. Explosionen medförde svåra skador på anläggningen, men inga personskador. Ca $8\ 000\ m^3$ bensin rann ut. Genom att all elutrustning fränkopplades, hindrades sekundär brand/explosion av utrunnen bensin. - I Moheda förvarades bl a stora kvantiteter reabensin (MC 77). Under arbeten i utrymmena för bensinlagringen hade fläkten till denna tillfälligt avstängts p g a åskväder, varvid bensinånga trängde ut i angränsande utrymmen och där bildade en explosiv ångluftblandning. När fläkten till sistnämnda utrymmen slogs på antändes ångluftblandningen där, emedan denna fläktinstallation inte var explosionssäkert utförd. Explosionen fick omfattande följder. Tre personer omkom, materiella skador upp-

stod och samhället var under lång tid efteråt utsatt för hotet av nya explosioner och bränder genom från förrådet utrunnen bensin. De speciella följderna av denna olycka sammanhängde med berganläggningens ogynnsamma läge i förhållande till det närbelägna samhället och otillräckligt skydd mot uttrinnande brandfarlig vätska. - I den senare utfärdade förordningen om brandfarliga varor och tillämpningsbestämmelserna till denna, som bl a rör oljelagring i bergtrum, ställs skärpta krav på skyddsåtgärder, som syftar till att förhindra bl a olyckor av ovan angivet slag.

Bland de särskilda tillämpningsbestämmelser som gäller för bergtrumslagring kan följande nämnas. Anläggningens lagringsdel, dvs utrymme där gas, vätska eller vätskeånga kan förekomma, skall vara skild från dess ekonomidel, dvs utrymmen för verkstad, kraftcentral, reservkraftaggregat och värmepanna m m. Uppvärmningsanordningar och andra tekniska anordningar skall vara så beskaffade och anbringade att fara för brand eller explosion genom upphettning, gnistbildning e d inte föreligger. Om gångförbindelse finns mellan lagringsdel och ekonomidel skall den ha väl tätad dörr. Annan förbindelse såsom dräneringsledning, ventilationstrumma o d skall ha anordning som automatiskt stänger förbindelsen, om gas eller vätska skulle söka tränga in i ekonomidelen från lagringsdelen. I anslutning till oinklätt lagringsutrymme skall finnas automatisk larmanordning, som träder i funktion om största tillåtna förvaringsmängd överskrids eller om automatisk dräneringspump ej fungerar på åsyftat sätt. Alla större metallföremål skall ha metallisk förbindelse med varandra och vara gemensamt jordade. Jordmotståndet bör inte överstiga 100 ohm. På plats där människor kan uppehålla sig eller där explosiv luftblandning kan uppkomma, skall bergtak och väggar i erforderlig omfattning vara tillfredsställande inklädda eller förstärkta till förhindrande av stenfall. Här hänvisas till arbetarskyddsstyrelsens anvisningar nr 33 om tillsyn av bergtrums bestånd. Lagringsdel skall vara så utformad, att vid läckage brandfarlig vätska i större mängd inte kan rinna ut ur anläggningen.

För lagring i bergtrum av brandfarlig gas och brandfarlig vätska av klass 1, till vilken även råolja av viss typ hänförs, gäller dessutom bl a följande. Om förvaringsutrymme för klass 1-vätska tätas medelst rinnande vatten, som efter hand pumpas bort, skall anordningar finnas, som hindrar att vattnet vid driftstopp eller eljest pressar ut den brandfarliga vätskan fritt i anläggningen. Lagringsdel och ekonomidel skall vara inbördes avskilda i lägst brandteknisk klass A, och avskiljande konstruktion skall kunna motstå ett statiskt tryck av minst 10 at $\bar{\sigma}$ och den skall vara så tät, att en tryckskillnad av 5 mm vattenpelare kan upprätthållas mellan delarna. Lagringsdel och ekonomidel skall vara mekaniskt ventilerade. Finns öppningsbar förbindelse mellan delarna, skall lufttrycket vara minst 5 mm vattenpelare högre i ekonomidelen än i lagringsdelen. Automatisk larmanordning skall finnas som varnar, om något ventilationssystem upphör att fungera eller tryckutjämning sker. Gångförbindelse mellan ekonomidel och lagringsdel skall vara utförd som sluss. Ventilationsförbindelse får finnas endast om lagrad vätska befinner sig lägre än icke vattenfyllda orter och rum. Den skall vara avstängningsbar och skall i lagringsdelen mynna i taket. Avstängningsanordningen skall uppfylla vissa angivna villkor. Automatisk larmanordning skall finnas, som varnar om brand uppstår i anläggningen eller om brandfarlig gas eller brännbar ånga kommer lös. Lagringsdel be-

traktas i elektriskt hänseende som explosionsfarligt rum. Elektrisk ledning inom bergrumsanläggnings lagringsdel skall kunna göras strömlös genom anordning utanför denna del.

Ett bergrum för oljelagring kan variera i storlek från ca 30 000 till 250 000 m³ och ha upp till 20 meters spännvidd och 30 meters höjd. En bergrumsanläggning kan omfatta flera sådana lagringsrum, ibland 4-6 rum. Till anläggningen hör förbindelseschakt med dagen och ofta även ledningsorter och andra utrymmen. För utsprängning av rummen måste dessutom en transporttunnel drivas från dagen. Anläggningsarbetet föregås av projektering med bl a bergundersökningar.

Bergrumsarbeten medför rätt betydande risker för yrkesskador i form av olycksfall genom stenfall, stenkastning vid skottlossning, påkörning av fordon och förgiftning genom spränggaser och dieselavgaser, medan sprängnings- och förstärkningsarbeten pågår; liksom yrkessjukdomar genom stendamm, oljedimma och andra luftföroreningar och genom buller och vibrationer. Härtill kommer risker för vissa yrkesskador under därpå följande inbygggnads- och installationsarbeten. För att få en närmare uppfattning om förhållandena vid anläggandet av bergrum just för oljelagring ombads Skånska Cementgjuteriet, som bedriver verksamhet av bl a detta slag, att göra en sammanställning av företagets yrkesskadestatistik för sådana arbeten för åren 1973-1975. Med ledning härav har ett genomsnitt för denna period beräknats till följande.

Antal olycksfall per 1 milj. arb. tim.	96,9
Därav dödsfall per 1 milj. arb. tim.	1,4
Antal sjukdagar per olycksfall (av dessa är sjukdagar för invaliditetsfall inräknade endast fram till den dag invaliditeten fastställdes)	27,4

I dessa siffror är ej efterföljande installationsarbeten inräknade, eftersom dessa arbeten ej utförts av företaget. De torde emellertid utgöra en ringa del av den totala arbetsinsatsen. Ej heller är inräknade de yrkesskador som anställda hos av företaget anlitate entreprenörer under utsprängningen åsamkats. Entreprenörer anlitas i regel för all berglastning och bergutfrakt. Entreprenadanställda, som kan uppskattas uppgå till ca 45 % av all anlitaad personal för arbetet, anses utsatta för mindre risker och färre yrkesskador än företagets egen personal. - Från verksamheten eventuellt härrörande yrkessjukdomar har ej kunnat särskiljas, eftersom arbetstagare omflyttas mellan olika verksamheter inom företaget.

För en bergrumsanläggning med en lagringskapacitet av ca 200 000 m³ olja har totalt nedlagda arbetstimmar (entreprenadanställda inbegripna) uppskattats till ca 40 000, dvs totalt ca 0,2 arbetstimmar per m³. Ett raffinaderi med en produktion av ca 1,5 miljoner ton eldningsolja (EO 3-5) per år, som beräknas förbrukas av ett 1 GWe kraftverk per år, behöver en lagringskapacitet för råolja av ungefär 400 000 m³. Om man med hänsyn till världens oljetillgångar antar att bergrumsanläggningen kan utnyttjas för oljelagring under ca 30 år, kan yrkesskadebelastningen per år för ett 1 GWe kraftverk från bergrumsbyggandet av ett råoljelager uppskattas till ungefär följande.

Antal olycksfall per år $(2 \cdot 0,04 \cdot 96,9) : 30 = 0,26$

Därav dödsfall per år $(2 \cdot 0,04 \cdot 1,4) : 30 = 0,004$

Antal sjukdagar per olycksfall 27,4

3.4.2 PROCESSER

Den grundläggande processen i ett raffinaderi är fraktionerad destillation. Det är en fysikalisk process baserad på komponenternas olika kokpunkter, ju mindre molekyl desto lägre kokpunkt. Processen genomförs i ett destillationstorn med fraktioneringsbottnar, där ånga från en botten får passera kokande vätska på närmast övervarande botten, som har lägre temperatur. De komponenter i ångan som har hög kokpunkt kondenseras då och högstkokande vätska rinner tillbaka. Den mellan bottenarna stegvisa cirkulationsprocessen ger successivt en separation i fraktioner med kokpunktsintervall; med höga kokpunkter i tornets nedre och låga i dess övre del. Råoljan tas från en dagtank, får passera en avsaltningsanläggning, förvärms med värmeväxlare och upphettas i en gas- och/eller oljeeldad ugn till en temperatur, som alltefter råoljans sammansättning m m kan variera från ca 300° till ca 420°C . Från ugnen förs råoljan in nedtill i destillationstornet. Temperaturen där sjunker uppåt till ca 150°C i tornets topp. Trycket i tornet hålls vid ca $0,2 \text{ MPa}$ (2 kp/cm^2), dvs knappt 1 at ö. Från destillationstornet uttas en bottenfraktion (återstod, återstodsolja), 3-4 sidofraktioner och en toppfraktion. Sistnämnda tas ut i gasfas och utgörs av lättare kolväten. Sidofraktionerna utgörs av nafta, fotogen och gasolja; sistnämnda ev. uppdelad på lätt och tung gasolja. Återstoden utgörs av tjockolja eller i vissa fall asfalt.

I vissa fall fraktioneras återstoden ytterligare genom vakuumdestillation. Genom att destillationen sker under vakuum sänks komponenternas kokpunkter. Destillationen behöver då inte ske vid så hög temperatur, att komponenterna sönderdelas (krackas). Destillationen sker vid en temperatur av ungefär 400°C och trycket i destillationstornet är ca 6 Pa (45 mm Hg).

Destillaten renas, spaltas och omvandlas på annat sätt i processer, som varierar med ingående komponenter i destillationen och med slutprodukternas eftersträvade sammansättning. De viktigaste processerna är hydroraffinering (hydroforming), krackning (spaltning), katalytisk omvandling (platforming, platinum reforming). Dessutom kan förekomma vissa speciella processer såsom omvandling av merkaptaner till disulfider (Meroxprocessen) och solventraffinering (extraktion med lösningsmedel). Vissa mellanprodukter renas även i en aminprocess. Vidare tillverkas svavel. - En del slutprodukter erhålls sedan genom blandning av vissa mellanprodukter. Slutligen finns särskilda, slutna anläggningar för tillsats av alkylbly till bensin. - Destillationen och större delen av efterföljande processer bildar ett sammanhängande system eller ett antal parallella system.

Hydroraffinering tillämpas främst för sidofraktionerna och syftar främst till avsvavling. För reaktionen används en väterik gas, vilken erhålls som biprodukt från den katalytiska omvandlingsprocessen. Raffineringen sker med hjälp av en katalysator som består av aluminium och föreningar av kobolt och molybden eller nickel och molybden. För reaktionen krävs en temperatur och ett tryck i

reaktorn, som varierar med destillatets sammansättning från ca 330° till ca 370° C resp från ca 3 MPa (30 kp/cm²) till ca 6 MPa (60 kp/cm²). Vid tjockoljeavsvavling krävs ännu högre temperaturer och tryck. Organiska svavelföreningar såsom butylmerkaptan, dietylsulfid, etyldisulfid, cyklisk sulfid och tiofen reagerar med vätet och ger rena kolväten såsom n-butan, etan och isobutan samt svavelväte. Vid processen renas destillatet samtidigt genom andra reaktioner. Kväveföreningar såsom pyridin, kinolin och pyrolyser med vätet rena kolväten såsom n-pentan, iso-pentan, propylbenzen, n-butan och iso-butan samt ammoniak. Fenol reagerar med vätet till bensen och vatten. Vissa omättade kolväten omvandlas till mättade. Metallorganiska föreningar befrias från metaller, som fastnar på katalysatorn. Organiska halogener sönderdelas till oorganiska salter. m m.

Vid krackning spaltas långa kolvätemolekyler i återstodsolja e d till kortare, som är lämpade som komponenter i bensin e d. Reaktionen sker vid hög temperatur och högt tryck och kan utföras i två steg vid t ex 480°C och 1 MPa (10 kp/cm²) resp 490°C och 2 MPa (20 kp/cm²).

Katalytisk omvandling enligt plattformingprocessen utförs med en katalysator av platina, buren av aluminiumoxid, vid hög temperatur och högt tryck, som kan röra sig om 500°C resp 3 MPa (30 kp/cm²). Härvid omvandlas alkaner och cykloalkaner huvudsakligen till aromater, varvid väte frigörs. Exempel på sådana reaktioner är: cyklohexan och metylcyklohexan dehydreras till bensen resp toluen; n-heptan dehydrocykliserar till metylcyklohexan och ev toluen. Samtidiga reaktioner är isomerisering (utan vätebildning) av t ex n-hexan och n-heptan till isohexan resp isoheptan. Vidare inträffar s k hydrokrackning, en kombinerad reaktion, vid vilken t ex högmolekylära alkaner spaltas och de omättade spaltprodukterna isomeriseras och hydreras, varvid alltså från förut nämnda reaktioner frigjort väte delvis förbrukas. Genom hydrokrackning omvandlas t ex n-dekan till antingen n-pentan och isopentan eller n-butan och isohexan. - Dessa reaktioner ger komponenter med högre oktantal, vilket innebär att man får en mer knockningsbeständig produkt.

Vid den s k Meroxprocessen omvandlas merkaptaner i lågmolekylära destillat e d till disulfider med hjälp av katalysator i vattenhaltig natriumhydroxid. I ett första steg bildas natriummerkaptid. Denna regenereras under lufttillförsel till natriumhydroxid, samtidigt som disulfid bildas. Disulfiden är olöslig och kan frångiljas, varigenom natriumhydroxiden kan återvinnas. Ett stort antal merkaptaner omvandlas i denna process till motsvarande disulfider, t ex metylmerkaptan till dimetyldisulfid, etylmerkaptan till dietyldisulfid etc och tiofenol till difenyldisulfid. - Merkaptanerna är icke önskvärda i färdiga petroleumprodukter, eftersom de försämrar lukten och stabiliteten, hindrar alkylibly att öka bränslets oktantal och ökar produktens totala svavelinnehåll.

Vid solventraffinering extraheras aromater med hjälp av lösningsmedel. Med denna metod kan bl a lättfotogen (White Spirit), fotogen och komponenter till smörjoljor renas. Som lösningsmedel används då flytande svaveldioxid, som tar upp aromaterna och bildar ett s k raffinat. Detta avskiljs och förs till en hydreringsanläggning där tillsatt vätgas omvandlar aromaterna till mättade kolväten. Samtidigt ger svaveldioxid och väte, vatten och svavel-

väte som löses i vattnet. - Smörjoljor kan vara baserade på alkaner eller cykloalkaner men måste vara fria från aromater, eftersom dessa är reaktionsbenägna och kan sönderdelas vid de höga brukstemperaturerna. Smörjoljors egenskaper förbättras genom olika slag av tillsatsmedel, s k additiv. De syftar till att förbättra smörjoljans viskositetsegenskaper, koldegenskaper, oxidationsbeständighet, filmstyrka och smörjföråga samt korrosionsskyddsegenskaper. - Solventraffinering med andra slag av lösningsmedel förekommer även.

Aminprocessen används för rening av gas- eller vätskeformiga kolväten från främst svavelväte innan de bearbetas vidare. I en lösning av dietanolamin binds svavelvätet vid låg temperatur av aminet under bildning av motsvarande merkaptan. Efter avskiljning av lösningen regenereras aminet vid hög temperatur under samtidig tillförsel av vattenånga, som sänker svavelvätekoncentrationen i ångblandningen och leder bort svavelvätet med ångan från reaktionszonen. För rening av gasformiga kolväten kan även monoetanolinamin användas. - Processvatten, som innehåller svavelväte och andra föroreningar, befrias från dessa i en vattenavdrivningsenhet för senare återanvändning.

Svavelväte från processerna används för svaveltillverkning. Vid denna process oxideras svavelväte under måttlig temperatur och tryck, ca 80°C resp ca 0,14 MPa (1,4 kp/cm²), till elementärt svavel, varvid samtidigt vatten bildas. Föroreningar i svavelvätet, som kan utgöras av ammoniak och kolväten, oxideras samtidigt till kväve resp kolmonoxid och vatten. Svavlet avskiljs i kondensator från övriga produkter.

För processernas genomförande krävs, förutom reaktorkärnen med tillhörande ledningar, pumpar, armaturer och instrument, även värmeväxlare, ugnar och kompressorer för de temperaturer och tryck, som de skilda processerna kräver, samt ångpannor och tryckluftkompressorer m m. Vid sidan av det egentliga processsystemet finns sålunda en rad hjälpssystem för ånga, kylvatten, bränsle/brännolja, el, arbetsluft, kvävgas, vätgas och rening av utgående vatten m m. Därtill kommer ett omfattande system för reglering och kontroll av processerna samt ett särskilt säkerhetssystem (fackelgassystem). Sistnämnda omfattas av alla säkerhetsventiler för brännbara gaser och ångor. Dessa är anslutna till ett särskilt rörsystem, som leder till en hög fackla, vilken förbränner såväl normala utsläpp som nödutsläpp av brännbara gaser och ångor.

Slutprodukterna från ett raffinaderi kan utgöras av kondenserad petroleumgas (LPG, gasol, propan/butan), bensin såsom motor-, flyg- och jetbensin; fotogen såsom motor-, flyg-, eldnings- och lysfotogen; nafta såsom lack-, och tvättnafta; dieselbrännolja (motorbrännolja); eldningsolja (EO 1-5) och bunkerolja; smörjoljor; samt asfalt. - Om lagringen av dessa produkter, se 3.4.3.

Bland riskerna för yrkesskador vid ett raffinaderi torde de som är knutna till brand och/eller explosion vara svårast att bemästra. Riskerna för ohälsa genom kemiska miljöfaktorer är även rätt betydande. Vidare märks vissa risker för bullerskador och mekaniska skador m m. Innan brand/explosionsriskerna närmare belyses, skall övriga risker något beröras.

Mekaniska skador torde vara av konventionell art och kan förekomma vid hantering av maskinell utrustning, verktyg, redskap och andra föremål, och genom fallande föremål, samt genom fall av person till lägre nivå m m.

Brännskador och kylskador kan orsakas av t ex utströmmande ånga resp kondenserad gas.

I fråga om kemiska miljöfaktorer, som inte sammanhängder med faran för brand/explosion kan följande framhållas. Många av komponenterna i råvaran, i mellanprodukterna och i slutprodukterna och många ämnen som används i och bildas vid processerna i ett raffinaderi är hälsofarliga. Luft, som förorenats av dem, medför vid inandning risk för ohälsa, och höga koncentrationer av vissa ämnen, t ex alkylbly (tetrametyl- och tetraetyl-), bensen, fenol, pyridin, svavelväte, svaveldioxid, natriumhydroxid, svavelsyra (dimma), kolmonoxid och kvävedioxid medför påtaglig risk för förgiftning. En del av ämnena, t ex alkylbly, bensen och fenol upptas genom huden och kan sålunda även denna väg medföra skador. Vissa ämnen, t ex svavelsyra och natriumhydroxid, ger dessutom frätskador vid beröring. Förgiftningsrisk kan uppstå vid läckage, särskilt av svavelväte, som förekommer i hög koncentration vid flera processer. Invändig rengöring, besiktning och reparation av processkärl och cisterner kan leda till bl a förgiftning eller ohälsa om skyddsåtgärderna är bristfälliga. Även vid provtagning kan åtgärder mot förgiftning och ohälsa behöva vidtas. Vid bruk av inerta gaser finns risk för kvävning, om inte utrymmena tillfredsställande utvädrats, innan de beträds. Vid underhåll och reparation av utrustning som innehåller asbest eller asbesthaltigt material finns risk för yrkessjukdomar genom inandning av asbestdamm. När cisterner eller transporttankar på fordon, järnvägsvagnar eller fartyg fylls med produkt, som innehåller lättflyktiga komponenter, förflyktigas en stor mängd av dessa, vilket kan medföra föroreningskoncentrationer i omgivande luft, som avsevärt överstiger ämnens hygieniska gränsvärden. I extrema fall, t ex vid lastning av fartyg med het asfalt har vid tankens mynning svavelvätekoncentrationer av 7 000-8 000 ppm uppmätts, dvs 700-800 gånger högre än det hygieniska gränsvärdet. Tillsats av alkylbly till bensin är förknippad med speciella risker, som dock begränsats genom mycket restriktiva skyddsåtgärder för denna hantering.

Vid ett raffinaderi har företaget nyligen gjort en noggrann undersökning av bullret, som bl a visade följande. Ljudnivån i de enskilda anläggningarna översteg 85 dB(A). Oktavbandsanalyserna visade nivåtoppar vid främst 500 Hz, 2 kHz och 4 kHz i pumpgatorna och vid 250 Hz och 8 kHz runt ugnskomplexet. Personalens bullerexposition översteg 85 dB(A) ekvivalent ljudnivå under normala arbetspass. Expositionsnivåer mellan 88 och 95 dB(A) uppmättes. Produktkylarnas fläktar alstrade stor mängd infraljud. Ljudnivån i processkurarna låg 10-15 dB(A) över concernens normer för talinterferensnivån, som är 55 dB(A). Särskilt ugnarna var starkt bulleralstrande. I deras omedelbara närhet låg nivån över 100 dB(A) och under ugnarna, där personal kortvarigt men regelbundet måste uppehålla sig, uppmättes 112-116 dB(A). I kompressorhuset vid luftkompressorns intag var nivån över 97 dB(A) och i närheten av större pumpmotorer mättes upptill 97 dB(A). Genomgående konstaterades att av den totala ljudintensiteten inom det hörbara området låg mer än 90 % under frekvensen 600 Hz. Vidare

uppskattades av den totala ljudintensiteten 70-80 % utgöras av infraljud och resten av hörbart ljud. - Omfattande förbättringar har planerats, som dock blir dyrbara och delvis svåra att genomföra, särskilt vad gäller ugnarna.

I fråga om brand och explosion redogörs nedan först för riskerna. Därefter berörs de omfattande skyddsåtgärder, som företagen vidtar för att bemästra dessa risker. Slutligen ges exempel på inträffade tillbud och olyckor.

Den intima kontakten mellan syre i luft och en brännbar gas eller ånga gör att förbränningen av dessa ofta får ett explosivt förlopp som ibland kan övergå till detonation. Vid bedömningen av brand- och explosionsrisken är särskilt följande faktorer av betydelse, nämligen flampunkt, brännbarhetsgränser (som nära överensstämmer med explosionsgränserna), minsta tändenergi, ångtryck, termisk tändpunkt (tändtemperatur) och droptändpunkt, explosionstryck, densitet, avdunstningstal, diffusionskoefficient samt oxygenhalt i det berörda utrymmet.

Flampunkten är den lägsta temperatur mätt med viss utrustning, vid vilken en vätska avger så mycket ånga att en brännbar blandning med luft bildas omedelbart över vätskeytan. Ångan har då uppnått ett partialtryck i luften ovanför vätskan, som motsvarar ångans undre brännbarhetsgräns. Flampunkten används, som förut nämnts, i definitionen av brandfarliga vätskor och i indelningen av sådana vätskor i riskklasser.

För att en gas eller ånga skall kunna brinna måste luftens halt av ämnet ligga inom undre resp övre brännbarhetsgränsen. För alkaner och alkener minskar i regel såväl gränserna som brännbarhetsområdet med stigande antal kolatomer. Inom området, nära den stökiometrisk blandningen för ämnet, finns en halt som kräver lägre energi för antändning än någon annan halt. Denna energi, bestämd på visst sätt, kallas minsta tändenergin för ämnet i fråga.

Med termisk tändpunkt, vanligen kallad tändtemperaturen, förstås den lägsta temperatur en brännbar gas- eller ångluftblandning behöver uppvärmas till eller genom något föremål komma i beröring med för att antändning skall ske utan gnista eller eldslåga. Med droptändpunkt förstås den lägsta temperaturen en yta behöver ha för att en vätskedroppe, som faller på ytan, skall antändas. Droptändpunkten ligger vid ungefär samma temperatur som tändtemperaturen. För n-alkanerna sjunker denna med stigande antal kolatomer. Samma tendens visar i-alkanerna.

För bestämning av explosionstrycket används bl a en metod där gas- eller ångluftblandningen antänds i slutet kärl (5 l). Halten av ämnet varieras under upprepade försök tills man finner det maximala explosionstrycket för ämnet. För bedömning av den effekt ett förbränningsförlopp kan få är förutom explosionstrycket även tryckstegringshastigheten av stor betydelse.

Förhållandet mellan gasens eller ångans och luftens densitet lik- som även dess diffusionskoefficient i luft och vätskans avdunstningstal kan vara av betydelse vid bedömning av risken och planeringen av åtgärder. Samma gäller beträffande en vätskas densitet och blandbarhet med vatten.

Luftens syrehalt kan starkt påverka förbränningen. Om syrehalten genom läckage från exempelvis gastub eller av annan anledning är högre än normalt, kan gas- eller ångluftblandningen bli mer lättantändlig och förbränningen få ett häftigare förlopp. Å andra sidan kan luftens syrehalt sänkas genom införsel av s k inerta gaser så att antändning kan förhindras. För detta ändamål används främst kväve eller koldioxid; ofta en blandning av båda i form av renade förbränningsgaser.

Tabell 3.4.2:1 visar ett urval av brand/explosionsdata för några av de ämnen och produkter som förekommer i raffinaderier. Tekniska data är hämtade från Nabert/Schön's tabeller (26) och uppgifterna om brandklasser från industriverkets förteckning till förordningen om brandfarliga varor. För de brandfarliga vätskor som är upptagna i förteckningen är även deras flampunkt angiven. Ibland skiljer sig denna något från den i (26) angivna. Då har förteckningens värde tagits. Brännbarhetsområdet, uttryckt i volymsprocent, är som synes rätt snävt i de angivna fallen utom för väte och svavelväte som samtidigt båda har mycket låg minsta tändenergi. Vidare bör observeras de låga tändtemperaturer, som de högre n-alkanerna har. Uppgivna maximala explosionstryck är som nämnts bestämda i slutet kärl och inte anmärkningsvärt höga; för t ex kolvätena med tryckuppgifter i tabellen ca 0,7-0,9 MPa övertryck. Om en gas- eller ångluftblandning antänds i ett i ena änden slutet rör kan emellertid detta under vissa betingelser leda till detonation. Detta innebär att en väl definierad reaktionszon snabbt uppstår, vilken med konstant hög hastighet, detonationshastighet, fortskrider i röret. Denna överstiger flerfaldigt ljudhastigheten och kan uppgå till 1 000- 3 000 m/s. Trycket i reaktionszonen kan uppgå till exempelvis 2 MPa som, om luftstötvägen träffar en vägg, kan stiga till ca 6 MPa. Ett liknande förlopp kan även utvecklas om en gas- eller ångluftblandning i ett stort rum antänds. Sådana detonationsförlopp har påvisats på luftblandningar av bl a dels vätgas, dels propanånga. Liknande förlopp torde ha förelegat vid olyckor genom gasmolns-explosioner, vilka ges exempel på längre fram i denna redogörelse.

Som exempel på tändkällor kan nämnas svetsning, skärning, heta ledningar, ugnar, friktionsvärme, gnistor från elektrisk utrustning, statisk elektricitet, atmosfäriska störningar, blixtnedslag, självantändande ämnen eller ämnen med katalytisk verkan. De viktigaste förutsättningarna för självantändning är, att ämnet i fråga är oxidationsbenäget, att dess specifika yta är så stor att reaktionen redan vid normal temperatur ger stor värmemängd per tidsenhet och att ämnet eller systemet har låg värmeledningsförmåga. Om ett ämne även i mycket små mängder självantänder, när det kommer i beröring med luft vid rumstemperatur säges det vara pyrofort, Järn(II)sulfid är starkt pyrofor. Den bildas vid termisk sönderdelning av järnmerkaptider och järntiofenolat, varvid samtidigt motsvarande tioetrar uppstår. När merkaptanhaltiga kolväteblandningar kommer i beröring med rost, dvs huvudsakligen järn(III)hydroxidoxid, eller järnoxider e d, bildas bl a järnmerkaptider och järntiofenolat, ur vilka järn(III)-sulfid kan uppstå. Även den bildade blandningen har visat sig vara pyrofor. Vidare bildas pyrofora järnsulfider av svavelväte och rost e d. Detta betyder att pyrofora ämnen av nämnt slag kan uppstå på rostiga processkärl, armatur och ledningar genom kontakt med merkaptaner och/eller svavelväte i flertalet av förut beskrivna processer. Även i slutprodukter kan merkaptanrester finnas, som kan tänkas ge upphov till pyrofora ämnen.

Tabell 3.4.2:1 Brand/explosionsdata för några ämnen och produkter. Från (26) samt industriverkets förteckning till förordning om brandfarliga varor

Ämne produkt	Flampunkt °C	Brännbarhetsgränser (koncentration i luft)				Tänd- temp °C	Minsta tänd- energi mJ	Max expl tryck MPa ²⁾	Klass 3)
		vol %		g/m ³ 1)					
		undre	övre	undre	övre				
bensen	-11	1,2	8,0	39	270	555	0,20	0,90	1
bensin	-45-0	0,6- 1,1 4)	6,5- 8 5)			220- 300 4)		≈ 0,8	1
Bunkerolja	> 66								3
n-butan		1,5	8,5	37	210	365	0,25	0,86	bg
i-butan		1,8	8,5	44	210	(460)			bg
cyklobutan		1,8		42					
cykloheptan	<21								
cyklohexan	-18	1,2	8,3	40	290	260	0,22	0,86	bg
cyklopentan	<-20					380			
cyklopropan		2,4	10,4	40	185	495			bg
n-dekan	46	0,7	5,4	41	320	205		0,75	2b
n-dodekan	74	0,6		40		200			
eldningsolja 1-5	66-110	≈ 0,6	≈ 6,5			220- 300			3
etylmerkaptan	<-20	2,8	18	70	460	295			
fotogen	> 30	≈ 0,6	≈ 8					0,8	2b
gasol (KPG.LPG)		1,5-2	10-15			≈ 400		≈ 0,7	bg
n-heptan	-4	1,1	6,7	46	280	215	0,24	0,86	1
heptan, isomer- blandning		≈ 1	≈ 7	≈ 40	≈ 290	≈ 220	0,86	0,87	1
n-hexan	-26	1,2	6,9- 7,4	42	250- 265	240	0,24		
hexan, isomer- blandning	<-20	≈ 1,0	≈ 7,4	≈ 35	≈ 265	≈ 260		0,87	
metycyklohexan	-4	1,1		45		260			1
metylmerkaptan		4,1	21	80	420				
motorbrännolja ⁶⁾ nafta ⁷⁾	60-75 38-45								3 2b
n-nonan	31	0,7	5,6	37	300	205			2b
n-oktan	13	0,8	6,5	38	310	210			1
i-oktan	-12	1,0	6,0	45	290	410			1
n-pentan	-40	1,4	7,8	41	240	285	0,28	0,87	1
i-pentan	-50	1,3	7,6	38	230	420			1
propan		2,1	9,5	39	180	470	0,25	0,86	bg
pyridin	20	1,7	10,6	56	350	550			1
råolja	varierar								1,2a,2b
svavelväte		4,3	45,5	60	650	270	0,068 ⁸⁾	0,50	bg
toluen	4	1,2	1,0	46	270	535		0,68	1
väte		4,0	75,6	3,3	64	560	0,019	0,74	bg
o-xylen	17-23	1,0	6,0- 7,6	44	270- 335	465		0,78	1,2a
m-xylen	25	1,1	7,0	48	310	525		0,78	2a
p-xylen	25	1,1	7,0	48	310	525		0,78	2a
xylen, tekn renad	21-28	1	7,5			470		0,78	1,2a

1) Vid 20°C och 0,10 MPa absolut tryck (760 Torr)

2) Övertryck, 1 MPa = 10,2 kp/cm²

3) Enl förteckning till förordn om brandfarliga varor bg = brandfarlig gas.

4) Lägsta värdet gäller för jetbensin

5) Högsta värdet gäller för flygbensin

6) Kallas även dieselbrännolja

7) Kallas även kristallolja, lacknafta, mineralterpentin, solventnafta,

tvättnafta, VMP, white spirit m m

8) Från (25)

För att begränsa risken för brand/explosion måste man så långt möjligt söka hindra såväl att tändkällor som att brännbara/explosiva gasångluftblandningar uppkommer, och detta gäller både i processystemen och i processanläggningarnas omgivning. Särskilt måste tillses att inte luft (eller syre) förs in i eller tränger in i slutna system med farliga ämnen, där tändkällor kan finnas och att tändkällor inte förs in i eller uppstår i öppna system, där explosiva gas- eller ångluftblandningar finns eller kan uppstå. Vidare måste slutna system rengöras med vattenånga och/eller inertgas och nedkylas, innan de öppnas för lufttillträde, och motsvarande måste ske för öppna system, innan annat ingrepp görs. Gas, ånga eller vätska får heller inte läcka ut, eftersom eventuella tändkällor i omgivningen kan leda till brand eller explosion. Särskilt allvarliga är stora läckage genom mekaniska skador på rörledningar och annan utrustning, vilka kan uppstå, t ex genom tunga, fallande föremål eller vid påkörning med fordon. En annan allvarlig typ av läckage är sådana, som kan inträffa i ugnar, om rören med de farliga ämnena bränns sönder, varvid dessa läcker ut och antänds. Ugnen blir då överhettad och kan övertändas med fortsatta svåra verkningar som följd.

Företagen är starkt medvetna om riskerna för brand/explosion och söker begränsa dessa genom en mängd skyddsåtgärder, som i vissa avseenden sträcker sig längre än vad myndigheterna krävt. Av stor betydelse för säkerheten är att personalen utbildas systematiskt och grundligt. Inom varje enskild processanläggning får varje arbetstagare teoretisk och praktisk utbildning steg för steg i överensstämmelse med de arbetsuppgifter, befogenheter och ansvar, som han avses få. Vidare är ett effektivt brandförsvar med hög beredskap av stor betydelse för säkerheten. Vid raffinaderierna har stora insatser gjorts inom detta område.

Trots alla skyddsåtgärder av olika slag är bränder inte ovanliga, men flertalet hinner begränsas tack vare den höga brandförsvarsberedskapen. Yrkesskador genom brand/explosion är därför rätt sällsynta. I Sverige har hittills inte någon brand/explosion inträffat, där något större antal personer skadats eller förolyckats. Sådana har däremot förekommit vid raffinaderier i utlandet. För att belysa, vilken omfattning sådana olyckor kan få, ges nedan några exempel på sådana, som inträffat under senare år i Europa, nämligen i Feyzin, Frankrike 1967 och i Rotterdam (Pernis), Holland 1968. Vidare ges exempel på senare olyckor i petrokemiska industrier, som hade sådant förlopp att något liknande skulle ha kunnat inträffa vid ett raffinaderi; nämligen i Flixborough, Storbritannien den 1 juni 1974, i Antwerpen, Belgien den 10 februari 1975 och i Beek, Holland den 7 november 1975. Följande mycket kortfattade beskrivningar bygger på rapporter, som mottagits från sprängämnesinspektionen och i fråga om Feyzin och Rotterdam på en artikel av Karlsch (53).

I raffinaderiet vid Feyzin förvarades kondenserad propan under tryck i en sfärisk stålcistern av ca 2 000 m³ rymd. Under provtagning öppnades en ventil, som p g a utströmmande propan frös fast, så att den inte kunde stängas. Genom det bildade gasmolnet passerade en bilist några hundra meter från cisternen. Gasmolnet antändes (men exploderade ej!) och tände den utströmmande gasen från cisternen. Bilisten omkom. När något senare 14 tillkallade brandmän befann sig i närheten av cisternen, brast denna i hettan; propanen strömmade ut och det nybildade stora gasmolnet antändes

och dödade alla brandmännen. - Propan har rätt hög densitet i förhållande till luft och blandar sig (vid lugnt väder) inte så lätt med luften till en ideal, explosiv gasluftblandning. Detta torde ha varit orsaken till att det första gasmolnet ej exploderade. När det andra molnet bildades fanns redan tändkällan vid cisternen; gasmolnet hade då ännu mindre förutsättningar att kunna bilda en ideal, explosiv gasluftblandning. - I (53) jämförs Feyzinolyckan med en olycka som ungefär samtidigt inträffade i Raunheim. Där brast en rörledning av ca 200 mm diameter, som innehöll djupkyld (ca -160°C) flytande metan, som strömmade ut. Ett gasmoln av ca 1 500 m³ volym bildades, innan det antändes, förmodligen av brännaren till en processugn, och exploderade. Effekten var vidsträckt och visade sig bl a genom krossade fönster inom 3 km radie från explosionscentrum. - Metan har låg densitet i förhållande till luft och blandar sig snabbt med denna. Tiden från rörbrottet till explosionstillfället var mindre än 5 minuter.

I raffinaderiet (Shell-AG) vid Rotterdam fanns bl a ett invallat område med 18 s k sloptankar, värdera med en rymd av upp till 1 500 m³. I dessa infördes för senare bearbetning rester från lagercisterner och andra avfallsprodukter av brandfarliga vätskor, ofta förorenade av vatten. Där sjunker vattnet till botten och överlagras av de brandfarliga vätskorna med de tyngsta fraktionerna nedtill och de lätta (bensin e d) upptill. Sloptankarna var öppna och hade fast tak samt uppvärmningsanordning i botten. En av dessa sloptankar av ca 1 500 m³ rymd och till större delen fylld med avfallsprodukter, som skittat sig på angivet sätt, skulle åtgärdas på grund av faran för frost. Troligen tillfördes varmvattenledningen i tanken genom en ångledning ånga av temperatur ca 140°C och tryck ca 0,35 MPa, varvid ventilen av misstag öppnades för fullt. Senare utförda modellförsök visade, att en intensiv ångbildning måste ha uppstått i de brandfarliga vätskeskikten, när underliggande vattenskikt förångades. Ångblandningen trängde då eruptionsartad ut genom tankens avluftningsöppning m m. I den kalla luften kondenserades ångorna till fina partiklar och bildade en aerosol. Molnet hade efter ca 5 minuter ca 150 m längd, 50 m bredd och 6 m höjd. Det detonerade då med våldsam effekt genom någon tändkälla, som troligen fanns i en närbelägen processanläggning. Effekten ansågs motsvara sprängverkan av 10-20 kt TNT, eller en mindre atombomb. Två arbetstagare omkom och 74 arbetstagare fick brännskador och mekaniska skador. Ungefär 3 500 personer i omgivningarna skadades av glassplitter genom luftstötvägen, som inom 3-5 km radie krossade fönstren i omgivningarnas bostadshus. Alla anläggningar inom 200 m radie från detonationscentrum totalförstördes. Bränder som uppstod vid detonationen ledde till ytterligare skador. Åttio tankar förstördes totalt (bl a alla sloptankarna) och nästan lika många skadades.

Vid Flixborough drev Nypro en anläggning för framställning av caprolactam, basråmaterialet för Nylon 6. I processkedjan ingick bl a framställning av cyklohexanon och cyklohexanol ur cyklohexan. Detta skedde genom oxidation av cyklohexan med luft i närvaro av en katalysator, normalt i sex med bälgar sammankopplade reaktorer vid trycket 0,88 MPa och temperaturen 155°C . Reaktionen gav i utbyte 94 % cyklohexan samt 6 % cyklohexanon och cyklohexanol och dessutom biprodukter, varvid den cyklohexan som inte reagerat vid processen, efter destillation återfördes. I reaktorernas nedre del fanns en vätskefas, till vilken luft och katalysator

tillfördes separat, och över denna en ånggasfas bestående av cyklohexanånga, restsyre och kväve. Reaktorerna var trappstegsformigt placerade och sammankopplade vid vätskenivån. Cyklohexanen förvärmades i en värmeväxlare med hjälp av ångan/gasen i reaktorerna, som togs från dessa i en frångasledning. Efter värmeväxlaren fördes ångan/gasen till atmosfären via en kylskrubber, absorber och fackla. Cyklohexanen kondenserades och absorberades i kylskrubbern och absorbern. Frångasledningen skulle utjämna trycket i reaktorerna och innehöll säkerhetsventiler, inställda för 1,1 MPa och anslutna till facklan; en tryckkontrollventil från absorbern; och två syredetektorer för kontroll att frångasen inte blev antändbar. Vid ett tillfälle upptäcktes att en av reaktorerna läckte och måste tas ur drift. Den fördes undan och förbikopplades med ett knärör, som med bultförband anslöts till bälgarna till angränsande reaktorer. Utformningen som knärör förorsakades av reaktorernas nivåskillnad. Öppningarna till reaktorernas bälgar resp knäröret hade en diameter av ca 710 resp 510 mm. Knäröret vilade på tre ställen på en provisorisk uppsatt rörställning. Förbikopplingen var inte dimensionerad för de vid systemets trycksättning uppkommande extra böjpåkänningar m m, som härrörde från diameterskillnaden bälgar/rör och rörets form av en knärör. Under driftsättning av systemet inträffade en våldsamt explosion. Denna ansågs ha orsakats av brott på knäröret, som medförde att cyklohexan, ånga och vätska, strömmade ut från de två bälgöppningarna (\varnothing ca 710 mm) vid trycket 0,88 MPa och temperaturen 155°C. Eftersom kokpunkten för cyklohexan är 81°C övergick vätskan till ånga. Det bildade ångmolnet hade en diameter av ca 200 m och dess höjd var på vissa ställen troligen 100 m. Vindstyrkan var ca 7 m/s och antändningen ansågs ha skett vid ugnarna till en angränsande vätgasanläggning. - Vid explosionen omkom 28 och skadades 34 arbetstagare. Den inträffade på en lördag. Ordinarie arbetsdagar befann sig många fler på området. I omgivningen skadades ytterligare 53 personer och ett hundratal erhöll lättare skador. Om fabriken hade legat i ett tätbefolkat område så ansågs, att antalet döda och svårt skadade personer skulle ha mångfaldigats. Under släckningsarbetet skadades 19 personer lindrigt. Processdelen och byggnader på området förstördes helt vid explosionen och av därpå följande brand. Även utanför området blev de materiella skadorna omfattande. Sålunda skadades t ex 72 av 79 hus i Flixborough, 73 av 77 hus i Amcotts, 644 av 756 hus i Burton-upon-Stather och 786 hus i Scunthorpe. Avståndet till dessa orter är ungefär 800, 800, 3 200 resp 4 800 meter. - Explosionen beräknades motsvara effekten av en sprängladdning av ca 15-45 ton TNT.

Vid anläggningen i Antwerpen tillverkade Union Carbide LD-polyeten med eten som råvara. I processutrustningen ingick högtrycks-kompressorer för komprimering av eten. I sugledningen till dessa var trycket ca 10 MPa och den flytande etenen där hade en temperatur av -30°C till -35°C. Mellan sugfiltren och kompressorerna var en avluftningsledning av 25 mm diameter ansluten till sugledningen. En etenläcka uppstod. Man ansåg att den orsakades av att avluftningsledningen brast. Etenen strömmade ut ur byggnaden för högkompressorerna och bildade ett gasmoln (etenluftblandning), som fyllde hela "gården" mellan anläggningens reaktordel och dess laboratorie-/bearbetningslokaler. Inom loppet av en minut, från den tidpunkt då läckan uppstod, exploderade gasmolnet. Tändkällan kunde ej fastställas, men många sådana var tänkbara såsom närbelägna ångpannor, elutrustning, statisk elektricitet, bilar

vid fabriksområdets port m m. - Vid explosionen omkom sex arbetstagare. De befann sig samtliga i processanläggningens omedelbara närhet, mindre än 50 m från tänkbart explosionscentrum. Dessutom skadades 28 personer, varav fem svårt, i anläggningens närbelägna kontor krossades alla fönster på framsidan och glassplitter flög rakt genom lokalerna och fastnade centimeterdjupt i innerväggar av putsat tegel. Genom att explosionen ej inträffade under kontorstid undgick kontorspersonalen risken att få livshotande skador. Bland övriga materiella skador kan följande nämnas. Inom en radie av 50 m blev nästan alla byggnader totalt demolerade. Ångpannorna vid anläggningen gled av fundamenten och flyttades ca 0,5 m. På ca 400 m avstånd skadades eternitfasaden på ett kyltorn och en ångkraftstation belägen ca 2 km från anläggningen erhöll omfattande glasskador på luftstötvägen vid explosionen. - Efter explosionen uppstod endast mindre bränder, men 2 timmar senare antändes polyetengranulat som rasat ur anläggningens silo. Detta granulat innehöll små mängder etengas.

Vid Beek drev Dutch State Mines (DSM) en naftakrackeranläggning. Denna hade tagits ur drift ca 7 veckor, under vilken tid vissa underhållsarbeten genomfördes. Under uppstartning av anläggningen uppstod ett ca 40-50 mm stort läckage i processdelen, troligen i kylsystemet, som hade propen som kylmedel. Ungefär 6 ton lågmolekylära kolväten (C4 och lägre) läckte ut och bildade ett moln, som efter ca 2 minuter nådde krackningsugnarna, där antändningen troligen skedde. Avståndet mellan läckan och den förmodade tändkällan var ca 30-40 m. Gasmolnet exploderade med en verkan, som uppskattades motsvara en sprängladdning av ungefär 5-10 ton TNT. Explosionen åtföljdes även av en kraftig brand, som spred sig bl a till några cisterner med brandfarlig vätska av klass 1, belägna ca 50 m från explosionscentrum. - Vid explosionen omkom 14 arbetstagare, av vilka 8 befann sig ute i anläggningen och 6 i kontrollrumsbyggnaden. Dessutom skadades 110 personer av vilka 16 måste ges sjukhusvård; 2 av sistnämnda blev svårt skadade. Krackeranläggningen blev totalförstörd.

3.4.3 LAGRING AV PRODUKTER

Lagring förekommer av såväl mellanprodukter som slutprodukter. I vissa fall bereds slutprodukterna genom blandning av mellanprodukter i en automatiskt styrd blandarstation och förs därifrån direkt, utan mellanlagring, i rörledning för vidare transport med tankfartyg e d. Den lagring som förekommer sker för såväl mellanprodukter som slutprodukter, i huvudsak på sätt som beskrivits i avsnitt 3.4.1. Nedan ges därför endast några kompletterande uppgifter om hur lagringssättet varieras med produkternas egenskaper vid lagring i såväl cisterner som berggrum.

Petroleumgas såsom propan, butan m m, lagras under tryck i kondenserad form i cisterner av i regel sfärisk form. I cisternnormer III, som gäller för stationära lagercisterner för brandfarliga kondenserade gaser och gasblandningar under övertryck, ställs vissa krav på sådana cisterner med avseende på material, konstruktion, utförande, utrustning och besiktning. En sådan cistern skall vara utrustad med bl a avstängningsventiler, tryckmätare, vätskestandsvisare och säkerhetsventil etc. Vidare finns detaljerade krav om största tillåtna fyllnadsgrad.

Produkter som utgörs av brandfarlig vätska lagras i öppna stående

cyindriska cisterner av samma utförande som omnämnts i avsnitt 3.4.1 för råolja. För sådana cisterner ställs vissa krav i cisternnormer I. För lättflyktiga produkter, särskilt för bensin, används cisterner med flytande tak, varigenom uppkomst av explosiva ångluftblandningar i cisternerna förhindras. Cisterner för trögflytande produkter, främst tjocka eldningsolja (EO 3-5), måste ha uppvärmningsanordningar för att produkterna skall vara pumpbara även under kall väderlek, och sådana cisterner är även värmeisolerade. Uppvärmningen sker antingen med hjälp av värmeledning i cisternen, eller med hjälp av värmeväxlare placerad utanför cisternen, varvid produkten cirkulationspumpas genom värmeväxlaren. För vissa produkter kan enbart isolering av cisternen vara tillräckligt.

Produkter i form av brandfarliga vätskor lagras ofta i oinklädda berggrum. Lagring i oinklädda berggrum av brandfarliga gasprodukter förekommer även. Lagringen sker i princip på sätt som beskrivits i avsnitt 3.4.1 för eldningsolja. Vissa speciella förhållanden som gäller för dels tjocka eldningsoljor, dels petroleumgas skall dock här beröras.

Även i berggrum måste tjock eldningsolja (EO 3-5) hållas uppvärmd för att kunna pumpas och transporterats. Detta kan ske på två sätt, antingen indirekt genom värmning av vattenbädden, eller direkt genom värmning av oljan. För indirekt värmning drivs vattnet med cirkulationspump från ena änden av berggrummet genom en värmeväxlare placerad utanför rummet och åter till rummets andra ände. Vattenbädden avger i sin tur värme till den lagrade produkten. Vid direkt värmning förs oljan med hjälp av cirkulationspump från berggrummet genom värmeväxlaren och återförs via ett ledningsystem som fördelar oljan jämnt i berggrummet. Direkt värmning används vid lagring av mycket tjocka produkter; indirekt värmning vid lagring av mindre tjocka produkter, liksom även av råolja. Kombinationer av båda systemen kan också förekomma.

Petroleumgas såsom propan, butan m m, som överförs i flytande form lagras i berggrum, antingen under högt tryck vid normaltemperatur, eller under lågt tryck i kombination med kylning. Berggrum för högtryckslagring måste ligga så djupt att grundvatten finns i berget ovanför rummets tak och att vattnets tryck överstiger gasens. Inläckande grundvatten pumpas ut kontinuerligt. Nyssnämnda krav innebär i praktiken att ett lager för t ex propan, måste ha sitt tak minst ca 100 m under grundvattenytan. Vid lagring enligt denna metod gäller dessutom att den lagrade produkten måste ha en temperatur som överstiger vattnets fryspunkt. Lågtryckslagring kombineras med kylning grundar sig på att berget runt rummet kyls ned så att grundvattnet i sprickorna fryser till is och expanderar, varigenom man får en tät mantel av is runt hela berggrummet. Då behöver rummet inte ligga djupare än att taket väl täcks av grundvatten. Vid tillämpning av dessa metoder gäller givetvis i båda fallen dessutom att bergtaget med god säkerhetsmarginal motstår gstrycket. Ett berggrum för lagring av komprimerad petroleumgas är i regel genom ett vertikalt schakt förbundet med dagen. I detta är pumpar och annan utrustning inlagda i foderrör, så att pumparna kan tas upp även då berggrummet står under tryck. Schaktet förses med betongbarriär som motstår gstrycket.

Brand- och explosionsrisker, liksom risker för förgiftning och

ohälsa, vid hantering av petroleumprodukter har allmänt beskrivits i 3.4.2. Exempel på inträffade bränder och explosioner återfinns i 3.4.1 och 3.4.2.

3.4.4 YRKESKADOR

Av tabell 1:1 framgår att svårhetstalet för arbetsolycksfallen vid petroleumraffinaderierna i Sverige år 1973 var 0,33, vilket kan jämföras med motsvarande svårhetstal för samtliga näringsgrenar, 0,98. Senare yrkesskadestatistik från riksförsäkringsverket finns ej ännu.

Som nämnts i avsnitt 3.4 är i Sverige nu fyra aktuella raffinaderier i drift, nämligen Scanraff, BP, Shell och Nynäs. Från de tre sistnämnda har viss yrkesskadestatistik mottagits för senare år. Scanraff togs i drift först under 1975, varigenom dess statistik är ofullständig från det året (och saknas dessförinnan). Med ledning av mottagna uppgifter från BP, Shell och Nynäs har för perioden 1973-1975 följande genomsnitt av yrkesskadefrekvenser vid dessa raffinaderier beräknats.

Yrkesskador per 1 milj. arb. tim.	17,8
Förlorade arbetsdagar per skada	33
Dödsfall per 1 milj. arb. tim	0,0

Under perioden har sålunda inga dödsfall förekommit och några yrkessjukdomar har inte uppgetts inträffat. Entreprenadanställda är ej inräknade. Av dem nedlagd tid kan i genomsnitt uppskattas vara ungefär 1/3 av den arbetstid som nedlagts av företagens egen personal. Även om vissa uppgifter tyder på att yrkesskadefrekvenserna för entreprenadanställda är högre än dem för företagens egna anställda antas i det följande frekvenserna vara desamma för båda kategorierna.

Från två internationella oljekoncerner (K1 och K2) har mottagits yrkesskadestatistik för bl a deras raffinaderier. Med ledning av uppgifterna för åren 1973-1975 har följande genomsnittliga yrkesskadefrekvenser under denna period beräknats.

	K1	K2
Yrkesskador per 1 milj. arb. tim.	5,4	10,7
Förlorade arbetsdagar per skada	121	22
Dödsfall per 1 milj. arbetstim.	0,07	0,03

Dessutom tillkommer yrkesskador för entreprenadverksamhet. Endast för K2 och endast för 1973 fanns sådana uppgifter att frekvenser kunde beräknas, med följande resultat: 11,5 resp 0,03 yrkesskador resp dödsfall per 1 milj. arbetstimmar och 18 förlorade arbetsdagar per skada; dvs rätt lika värdena för koncernens egna anställda. Antal nedlagda arbetstimmar av entreprenadanställda vid K2 var 1973 något större än motsvarande för koncernens egen personal. Den stora skillnaden i förlorade arbetsdagar per skada för K1 och K2 kan bero på att olika innebörd lagts i begreppet förlorade arbetsdagar, i vilket begrepp K1 kan ha inbegripit, t ex genom dödsfall förlorade arbetsdagar, vilket K2 inte har gjort. - Nämnade statistik innehåller inga uppgifter som skulle göra det möjligt att omräkna frekvenserna i relation till utvun-

nen kvantitet tjocka eldningsolja för vidare framräkning till ett 1 GWe kraftverk per år. I den följande beräkningen baserad på uppgifter från svenska raffinaderier används emellertid medelvärdet av dödsfallsfrekvenserna för K1 och K2, dvs $(0,07 + 0,03) : 2 = 0,05$ dödsfall per 1 miljon arbetstimmar i stället för den svenska dödsfallsfrekvensen (0,00). Anledningen härtill är att dessa koncerner tillsammans taget drev 54 raffinaderier och därför är bättre representativa vad gäller svåra, dvs sällsynta olyckor.

Följande frekvenser anses alltså i det följande vara representativa:

Yrkesskador per 1 milj. arb. tim.	17,8
Förlorade arbetsdagar per skada	33
Dödsfall per 1 milj. arb. tim.	0,05

De tre svenska raffinaderierna (BP, Shell och Nynäs), för vilka ovan angivna frekvenser anses representera åren 1973-1975, kan uppskattas i genomsnitt per år under denna period sammanlagt ha nedlagt 2,12 miljoner arbetstimmar. Härvid är inbegripet entreprenadanställdas arbetstid, som med ledning av vissa uppgifter uppskattats omfatta ungefär en tredjedel av den tid som företagets egen personal nedlagt. De tre raffinaderierna har en råoljekapacitet per år av tillhoppa ca 12,1 miljoner ton. De kan antas av denna kvantitet erhålla ungefär 44 % som tjock eldningsolja (EO 3-5), men bör då för detta också antas anslå ungefär samma andel av totala arbetstiden. Man kan därför uppskatta antal nedlagda miljoner arbetstimmar per 1 miljon ton producerade tjocka eldningsolja till $(2,12 : 12,1) = 0,175$ milj. arb. tim./milj. ton producerad tjock eldningsolja. Om man antar att ett 1 GWe kraftverk förbrukar ungefär 1,5 miljoner ton tjock eldningsolja per år enligt avsnitt 3.1, krävs därför en vid raffinaderier nedlagd arbetstid av 0,263 milj, arbetstimmar. Detta motsvarar följande yrkesskador för ett 1 GWe kraftverk per år, om antal yrkesskador och dödsfall vid bergrumsbygget tilläggs (se s 3:

Antal yrkesskador	$0,263 \cdot 17,8 + 0,26 = 4,9$
Förlorade arbetsdagar per skada	33
Antal dödsfall	$0,263 \cdot 0,05 + 0,004 = 0,02$

I (22) uppger Comar och Sagan de lägsta och högsta värdena för antalet yrkesskador vid raffinaderier för ett 1 GWe kraftverk och per år, som de funnit vid en litteraturgenomgång. Samtliga yrkesskador avser olycksfall. Yrkessjukdomar har inte uppgivits förekomma. Yrkesskadorna är uppdelade på dödsfall och övriga. Fem litteraturkällor har utnyttjats. I tabell 3.4.4:1, som visar resultatet, har även de olika kategorierna adderats.

Den stora spännvidden för tabellvärdena är svårförklarlig. Variationerna för dödsfallen beror troligen främst på för litet statistiskt underlag. Allmänt kan variationerna även tänkas sammanhänga med att man i vissa fall låtit alla yrkesskadorna vid raffinaderierna belasta kraftverket i fråga; i andra fall endast den del som härrör från eldningsolja. Vidare kan man i vissa fall ha tagit hänsyn till entreprenadverksamheten, i andra fall ej. Tabellvärdena förefaller osäkra som underlag. I stället bör de ovan framräknade svenska värdena utnyttjas.

Tabell 3.4.4:1 Antal yrkesskador i form av olycksfall vid raffinering. Framräknade för ett 1 GWe kraftverk och räknat per år. Från Comar och Sagan (22).

Slag av olycksfall	Vid litteraturgenomgång funna lägsta resp högsta antal olycksfall
Totalt vid raffinering	3,0 - 63
Därav, dödsfall	0,04 - 1
, övriga	3 - 62

3.5 TRANSPORT AV ELDNINGSSOLJA

Transport av tjock eldningsolja från raffinaderi till kraftverk sker med rörledning, järnväg och/eller tankfartyg. Transport med tankbilar saknar betydelse i detta sammanhang. Ett kraftverk i Sverige kan hämta sin eldningsolja från raffinaderi beläget i utlandet eller i Sverige.

Transport av eldningsolja från raffinaderi i utlandet till kraftverk i Sverige kan ske via rörledning eller järnväg - hamn - tankfartyg - hamn - rörledning eller järnväg.

Transport av eldningsolja från raffinaderi i Sverige till kraftverk i Sverige kan ske via rörledning eller järnväg; eller via rörledning eller järnväg - hamn - tankfartyg - hamn - rörledning eller järnväg.

I Sverige transporteras eldningsolja med rörledning endast korta sträckor (några kilometer), nämligen från kraftverkets hamn via lagret till verket. Sådan transport, liksom lossningen och lagringen handhas av kraftverket, se avsnitt 3.6. Långa transporter av eldningsolja med rörledning torde inte vara aktuellt i Sverige. Transport med järnväg av eldningsolja till kraftverk förekommer i rätt stor utsträckning, dock främst till kraftvärmeverk.

Tjock eldningsolja måste under transport - liksom vid lagring (se avsnitt 3.4.3) - hållas uppvärmd, så att den är pumpbar under lastning och lossning. Men temperaturen bör inte hållas högre än vad den aktuella typen av eldningsolja kräver. Uppvärmningsanordning måste vara så utförd, att fara för brand eller explosion inte uppstår och måste bli sådana kontroll- och reglerutrustningar, att oavsedd överhettning ej sker. Risken för antändning av en brandfarlig vätska ökar allmänt, om vätskan uppvärms, men endast i ringa grad så länge temperaturen hålls väl under vätskans flampunkt. Detta villkor kan uppfyllas för tjocka eldningsoljor, eftersom de alla har hög flampunkt (66-90°C för EO 3; 70-110°C för EO 4; och 90-110°C för EO 5) och eftersom de blir pumpbara vid en temperatur, som understiger resp oljas lägsta flampunktsvärde med 20-30°C. Brandfaran för en tjock eldningsolja, som inte hålls värmd till högre temperatur än 20-30°C under sin flampunkt, torde i allmänhet vara mindre än den för en ej värmd råolja. Samma torde gälla om faran för ohälsa, dock med det vik-

tiga förbehållet att eldningsoljan är fri från svavelväte e d.

I fråga om risken för yrkesskador vid transport av tjock eldningsolja med rörledning resp med tankfartyg torde i övrigt huvudsakligen gälla vad som sagts om transport av råolja i avsnitten 3.3.1 resp 3.3.2. - Sjötransport av eldningsolja till Sverige torde främst ske med den levererande koncernens egna tankfartyg, sjötransport inom Sverige däremot med fristående rederiers tankfartyg, bl a svenska.

Beträffande transport av tjock eldningsolja med järnväg kan följande nämnas. För cisterner avsedda för transport på järnväg av bl a brandfarlig vätska (t ex tjock eldningsolja) gäller i Sverige cisternnormer IV, utgivna av Ingenjörsvetenskapsakademiens Tryckkärlekskommission och jämställda med arbetarskyddsstyrelsens anvisningar. De gäller bl a för de fasta cisternerna på cisternvagnar (tankvagnar), som används vid transport av stora kvantiteter eldningsolja m m. Normerna rör bl a material, konstruktion, utförande, utrustning och besiktning av sådana cisterner. Transport av stora kvantiteter tjock eldningsolja med järnväg torde komma att ske i stora enheter (pendeltåg) med sådana cisternvagnar, där tågen utan växling passerar rangerbangårdar. Risker för yrkesskador vid transporten kan inträffa dels under normal drift, dels genom tågurspårningar och kollisioner mellan tåg inbördes, med andra fordon och fasta föremål e d. Sistnämnda risker, dvs sannolikheten för tågurspårningar resp kollisioner och mängden och svårighetsgraden av åtföljande yrkesskador torde vara svåra att förutsäga. De beror bl a på den tekniska säkerhetsnivån för aktuella bansträckor, signalsystem, vagnar och lok och på trafikintensiteter och tåghastigheter m m. Dessa faktorer varierar för olika länder och delvis för olika bansträckor i ett land, t ex Sverige. Även om den nuvarande risken kunde bedömas för viss bansträcka och viss tågtyp, tillkommer svårigheten att uppskatta den allmänt ökade kollisionsrisk, som en ökad trafikintensitet genom oljetransporter skulle medföra. Jämfört med koltransport (se avsnitt 2.3.1) kan oljetransport förväntas ge lägre sannolikhet för tågurspårningar och kollisioner p g a mindre erforderlig kvantitet olja per l GWe kraftverk och år; men inträffad kollision eller urspårning kan förväntas ge svårare följder, eftersom man då har en brandfarlig vätska, som lättare kan antändas.

I statistiken över yrkesskador vid oljetransporter har inte funnits någon åtskillnad mellan transporter av råolja, eldningsolja och andra oljeprodukter och inte heller mellan olika transportsätt, dvs mellan transport med rörledning, fartyg, järnväg etc.

I avsnitt 3.3.3 har dock yrkesskadebelastningen vid råoljetransport till Sverige sökt uppskattas, varvid tonvikten lagts på sjötransporten. På motsvarande sätt görs här en uppskattning av yrkesskadebelastningen vid sjötransport av eldningsolja inom Sverige från raffinaderi till kraftverk, vilka båda antas belägna vid hamn. Härvid utnyttjas de i avsnitt 3.3.3 (s 70) angivna antalet yrkesskador, som per år beräknades belasta ett tankfartyg med lastförmåga 32 400 ton dwt, nämligen 2,64 skador, varav 0,055 dödsfall. Om tankfartyget antas transportera eldningsolja från svensk raffinaderihamn till svensk kraftverkshamn kan det kanske i genomsnitt göra ca 60 turer per år. Detta ger följande ungefärliga yrkesskadebelastning vid inrikes sjötransport av eldningsolja.

Antal yrkesskador per milj. ton $2,64:(60 \cdot 0,0324) = 1,36$
 Därav dödsfall per milj. ton $0,055:(60 \cdot 0,0324) = 0,028$

Framräknat till ett 1 GWe kraftverk per år ger detta vid en förbrukning av 1,5 miljoner ton tjock eldningsolja per år:

Antal yrkesskador per 1 GWe kraftverk och år $1,5 \cdot 1,36 = 2$
 Därav dödsfall per 1 GWe kraftverk och år $1,5 \cdot 0,028 = 0,04$

Tillsammans med de på s 71 framräknade värdena för råoljetransporten torde ovannämnda för eldningsoljetransporten bäst representera de yrkesskador från oljetransporter, som f n kan hänföras till ett kondenskraftverk i Sverige.

Om ett oljeeldat kondenskraftverk skulle förläggas inne i landet, skulle yrkesskador från järnvägstransport tillkomma. Yrkesskador vid oljetransport med järnväg har därför sökt uppskattas enligt följande. Sättet för den ungefärliga uppskattningen liknar det som använts för koltransport i avsnitt 2.3.1. Med hjälp av vissa uppgifter från arbetarskyddsstyrelsens trafiksektion, vilka sektionen delvis erhållit från statens järnvägar, har yrkesskador vid oljetransport med järnväg uppskattats för år 1975 med följande underlag och resultat.

Mineraloljor, ton	3 000 000
, ton km (i 1000-tal)	672 000
Gods, totalt, ton	33 481 000
, ton km (i 1 000-tal)	8 163 440
Andelen m a p ton km för mineraloljor av totalt fraktat gods; %	8,2
Totala antalet yrkesskador vid gods- och persontransport, ca	2 000
Antalet yrkesskador vid mineraloljetransport, primärt uppskattade	165
Antal yrkesskador ej hänförda till växlingsarbete, uppskattad, %	75
Reducerat antal yrkesskador vid mineraloljetransport, ca	124
Antal yrkesskador per ton km vid mineraloljetransport, ca	$1,8 \cdot 10^{-7}$
Uppskattade genomsnittliga antalet sjukdagar per yrkesskada	20
Antal sjukdagar per ton km vid mineraloljetransport, ca	$3,6 \cdot 10^{-6}$

Anledningen till att yrkesskador vid växlingsarbete har frånräknats är, att oljetransporterna förutsatts ske som systemtransporter (pendling av oljetågen). De tjocka eldningsoljorna har högre densitet än mineraloljornas genomsnitt, men detta torde sakna be-

tydelse för den ungefärliga uppskattning som gjorts. Hur många yrkesskador det skulle bli per miljoner ton eldningsolja beror på transportsträckans längd, som inte är känd. Ett lämpligt exempel kan vara en transport i Sverige av ca 20 mil (Stockholm-Örebro). Man kan då uppskatta frekvenserna per miljon ton eldningsolja och sedan per 1 GWe kraftverk och år med förut använt omräkningsstal (1,5 miljoner ton) enligt följande vid 20 mils järnvägstransport.

Antal yrkesskador per 1 miljon ton eldningsolja.

$$1,8 \cdot 10^{-7} \cdot 10^6 \cdot 200 = 36$$

Antal sjukdagar per 1 miljon ton eldningsolja,

$$36 \cdot 20 = 720$$

Antal yrkesskador per 1 GWe kraftverk och år,

$$36 \cdot 1,5 = 54$$

Antal sjukdagar per 1 GWe kraftverk och år,

$$54 \cdot 20 = 1\ 080$$

Här är inräknat yrkesskador vid ev tågurspårningar och kollisioner för 1975. Sådana olyckshändelser kan medföra variationer från år till år, särskilt med avseende på svåra skador och därmed på sjukdagsfrekvenserna.

Frekvenserna har här inte specificerats med avseende på dödsfall eller invaliditetsfall. Från riksförsäkringsverkets statistik (3) kan emellertid andelen dödsfall resp invaliditetsfall i förhållande till totala antalet yrkesskador vid järnvägstrafik uppskattas till 0,30 resp 1,11 %. (Avser genomsnitt för åren 1971-1973).

Härur kan frekvenserna för dessa ungefär uppskattas till följande antal vid den ovan antagna transportsträckan, 20 mil.

$$\text{Dödsfall per 1 miljon ton eldningsolja,} \quad 0,003 \cdot 36 = 0,1$$

$$\text{Invaliditetsfall per 1 milj. ton eldn.olja,} \quad 0,011 \cdot 36 = 0,40$$

$$\text{Dödsfall per 1 GWe kraftverk och år,} \quad 0,1 \cdot 1,5 = 0,2$$

$$\text{Invaliditetsfall per 1 GWe kraftverk och år,} \quad 0,40 \cdot 1,5 = 0,60$$

De från järnvägstransport av eldningsolja här uppskattade 54 yrkesskadorna, varav 0,2 dödsfall, per 1 GWe kraftverk och år, har inte medtagits i sammanfattningen i avsnitt 3.7, eftersom kraftverket enligt ovan antagits förlagt vid svensk hamn.

3.6 ELPRODUKTION

I 3.1 har angetts enligt vilka principer elproduktion med eldningsoljor i huvudsak sker och skälen till att tonvikten läggs på kondenskraftverk. Speciella förhållanden i kraftvärmeverk och gasturbinkraftverk kommer dock i viss mån att belysas. Nedan beskrivs lagringen av eldningsoljan vid kraftverket, energiomvandlingen och, kortfattat, avfallshanteringen, allt med avseende på förekommande processer och risker. Yrkesskadorna belyses sedan statistiskt för dessa etapper gemensamt.

Stora oljebaserade kraftverk i Sverige har lagts i anslutning

till hamn för att underlätta bränsletransporterna och tillgodose behovet av stor mängd kylvatten. Hamnen hör ofta till kraftverket. Eldningsoljan pumpas från tankfartyget till kraftverkets lager. Vid flertalet kondenskraftverk och vid många kraftvärmeverk lagras eldningsoljan (EO 3-5) i bergrum; i annat fall i cisterner ovan jord. Vid gasturbinkraftverk lagras eldningsoljan (EO 1 av speciell typ) i regel i cisterner ovan jord. Sättet för och risken med lagring av brandfarliga vätskor har allmänt beskrivits i avsnitten 3.4.1 och 3.4.3, och sistnämnda innehåller en närmare beskrivning av bl a lagring av eldningsoljor i såväl cisterner som bergrum.

Vid de största kondenskraftverken, Stenungsund och Karlshamn, lagras den tjocka eldningsoljan i oinklädda bergrum med fast vattenbädd. I Stenungsund hålls den lagrade oljan uppvärmd till ca 50°C genom att vattnet i bergrummen får cirkulera i värmeväxlare, som upphettas med ånga; i Karlshamn hålls den uppvärmd till ungefär samma temperatur (ca 45-50°C) genom att oljan får cirkulera i värmeväxlare, som upphettas med ånga. Oljetemperaturen bestäms av den oljeviskositet som krävs i ångpannornas oljebrännare. Eventuell brand i bergrummen anses begränsas av den begränsade tillgången på syre.

De lagringsutrymmen för eldningsolja, som ett stort kondenskraftverk behöver för ostörd drift vid en eventuell storkonflikt eller p g a transportstörningar, är betydande. Dessutom måste företaget hålla ett s k beredskapslager. Oljelagringskommittén inom överstyrelsen för ekonomiskt försvar utreder frågan om ökning av beredskapslagrens storlek. För ett 1 GWe kraftverk torde för närvarande ett totalt lagringsutrymme av ungefär 800 000 m³ vara nödvändigt. I avsnitt 3.4.1 (s 76) uppskattades den yrkesskadebelastning, som härrör från byggandet av en bergrumsanläggning med lagringskapacitet 400 000 m³ råolja, framräknat till ett 1 GWe kraftverk och räknat per år. Med användande av dessa siffror erhålls motsvarande yrkesskadebelastning, som härrör från byggandet av en bergrumsanläggning med lagringskapacitet 800 000 m³ eldningsolja, enligt följande räknat per 1 GWe kraftverk och år.

Antal olycksfall per år	2·0,26 = 0,52
Därav dödsfall per år	2·0,004 = 0,008
Antal sjukdagar per olycksfall	27,4

Motiven för lagring i bergrum av stora oljekvantiteter är starka, eftersom allmänt risken för spridning av eventuell brand starkt begränsas och dessutom begränsas ev skadegörelse vid krig. Förläggning av även kraftverket i bergrum medför inte så påtagliga fördelar, eftersom en ev brand där inte kan förväntas få samma omfattning som en brand i ett stort oljelager ovan jord.

Energiomvandlingen i ett oljeeldat kondenskraftverk sker i huvudsak på samma sätt som i ett motsvarande köleldat verk, via ångpanna, ångturbin och generator. På grund av belastningsvariationer och nödvändiga, regelbundna revisioner av utrustningen är även det oljeeldade kondenskraftverket i regel uppbyggt av flera sådana enheter. I ångpannans tuber, ångdom och högtrycksöverhettare produceras ånga av högt tryck och hög temperatur, i regel 100-200 bar (10-20 MPa) resp 500-565°C. Ångan driver i ett första steg en högtrycksturbin, överhettas på nytt i en mellanöverhet-

tare i ångpannan, får sedan i två steg driva mellantrycksturbiner och lågtrycksturbiner, varefter den under vakuum kondenseras i en vattenkyld kondensator. Kondensatet renas och förvärms i olika steg, innan det återförs som matarvatten till ångpannan; samma gäller om det spädvatten som måste tillföras p g a förluster. Turbinerna driver gemensamt en eller flera generatorer. Ångpannans förbränningsluft värms i luftförvärmare (typ Ljungström e d) av rökgasen, som sedan via stoftavskiljare och rökgasfläkt förs ut genom skorsten. Eldningsoljan tillförs ångpannans eldstad under högt tryck (ca 7 MPa) genom ett antal oljebrännare i vars munstycke den finfördelas och blandas med den förvärmda förbränningsluften. I vissa fall förvärms oljan (över lagringstemperaturen) till ca 100°C. Varje brännare har dieselelektrisk eller motsvarande tändutrustning, som alltså fungerar oberoende av avbrott i den normala krafttillförseln, samt flamövervakningsutrustning. - Risken för uppkomst av brand i luftförvärmare måste uppmärksammas.

I den cirkulationskrets för ånga - vatten - ånga, som ångpannan bildar med turbinerna, ingår en mängd kärl, rörledningar och annan utrustning, av vilka en stor del belastas av ett mycket högt tryck och hög temperatur från medierna. Små läckage av ånga eller hetvatten kan medföra svåra brännskador. Om en ångledning eller hetvattenledning med förvämt matarvatten brister, kan arbetstagare skadas till döds. Ett haveri av en ångpanna i form av en tryckkärlsexplosion kan få en förödande effekt på hela anläggningen och alla arbetstagare som vistas där. Risken för sådana händelser begränsas genom en mängd säkerhetsåtgärder, som gäller anläggningens utförande och funktion, fortlöpande övervakning och regelbundna kontroller av anläggningen. Som förut nämnts skall tryckkärl och rörledningar av berört slag i Sverige uppfylla vissa krav enligt normer utgivna av Ingenjörsvetenskapsakademiens tryckkärls- och svetskommissioner. De viktigaste normerna i detta sammanhang är tryckkärls-, pannsvets-, rörlednings- och ångpannenormerna. I dessa finns detaljerade krav om såväl utförande som besiktning. Normerna har godtagits av arbetarskyddsstyrelsen och är därmed jämställda med styrelsens anvisningar.

I avsnitt 2.4.3 nämndes, att Sverige under de sista decennierna har varit förskonat från ångpannehaverier som medfört svåra personsador. Vidare omnämndes ett ångpannehaveri 1976, som ledde till omfattande egendomssador men inga personsador. Ännu ett exempel på haveri av detta slag är följande. I ett oljeeldat kondenskraftverk inträffade för några år sedan ett svårt haveri, utan personsador men med stora egendomssador, vilket ansågs bero på ett konstruktionsfel på en avstängningsventil för ånga mellan en ångpanna och dess ekonomiser. När denna ventil stängdes, fick ekonomisern för högt tryck och dess ena vägg brast. Ångpannehallen fylldes med ånga (200 ton/h), som även rusade ut genom skorsten.- I ångpannor förekommer ibland även tubläckage. Om ångpannans oljebrännare TV-övervakas i anläggningens kontrollrum kan ett sådant fel snabbt upptäckas och åtgärdas.

Även turbinerna måste, som förut nämnts (avsnitt 2.4.3), noggrant övervakas och kontrolleras med avseende på varvtal, vibrationer, tryck och temperatur m m. De måste också underkastas en regelbunden översyn genom oförstörande provning m m av olika detaljer för bedömning av eventuella hållfasthetsförändringar. Behovet härav har skärpts särskilt för högtrycksturbinerna, allt eftersom ånga

av allt högre tryck och temperatur kommit i bruk. Skadorna kan bli omfattande genom det höga varvtalet (ca 3 000 v/min) och ökar med ökad turbinstorlek om ett svårt haveri skulle inträffa. Mycket stora turbiner är ibland utförda för lägre varvtal (1 500 v/min).

Generatorerna kyls ibland helt eller delvis med vätgas. Denna måste lagras, distribueras och användas under regelbunden kontroll av läckage, så att explosioner inte kan inträffa genom utläckande gas. I avsnitt 3.4.2 redogörs bl a för risken för brand/explosion av gasluftblandningar m m och tabell 3.4.2:1 innehåller brand/explosionsdata för bl a väte.

Ett oljeeldat kraftverk kan även medföra viss fara för ohälsa genom bl a kemiska miljöfaktorer. I ångpanneanläggningen måste risken för utläckande rökgaser uppmärksammas särskilt inom det område där rökgasfläkten är placerad, och allmänt, när övertryckselddning tillämpas. Vid läckage kan förgiftning inträffa genom sådana rökgaskomponenter som kolmonoxid och kväveoxider samt svavelväte och svaveldioxid. För rening och annan behandling av matarvatten används farliga kemikalier såsom natriumhydroxid, ammoniak, saltsyra och hydrazin, för vilka krävs skyddsåtgärder mot förgiftning, frätskador, ohälsa och andra skador vid deras hantering; om hydrazin, se avsnitt 2.4.3, s 49. För batterier används svavelsyra, för rostborttagning, medel som kan innehålla fosforsyra, för koks borttagning, t ex på oljebrännare, medel som kan innehålla fenolderivat; för betning av ångpannetuber kan fluorvätesyra komma i fråga; och för vissa rengöringsarbeten används sådana lösningsmedel som trikloretylen, 1,1,1-triklorethan m fl. Vid hantering av sådana kemikalier krävs särskilda skyddsåtgärder i varje enskilt fall.

Ett oljeeldat kraftverk ger obetydlig mängd avfall i form av aska (sot), jämfört med ett koleldat. Askan har också en annan sammansättning. Den innehåller bl a oxider av vissa tungmetaller, främst vanadin; men även nickel, järn, bly och arsenik torde kunna förekomma som oxider i mindre mängd. Flygaskan kan exempelvis ha en halt av 2-3 % vanadin, men den aska som faller ned på ångpannebotten kan ha ännu högre halter, upp till 30-40% vanadin. I arbetarskyddsstyrelsens anvisningar nr 100 om hygieniska gränsvärden anges för vanadinoxiddamm nivåvärdet 0,5 mg/m³ (som V) och för vanadinoxidrök takvärdet 0,05 mg/m³ (som V). Rigorösa skyddsåtgärder måste alltså vidtas, när en ångpanna skall rengöras invändigt för revision eller besiktning och när stoftavskiljare skall tömmas och avfallet vidare hanteras. Risken för ohälsa vid tömning av stoftavskiljare kan undvikas genom pneumatisk transport av avfallet direkt till askbassäng, där askan befuktas med vatten. Invändig rengöring av ångpannan är svårare att genomföra på ett för arbetstagarna riskfritt sätt.

Bullret i ett oljeeldat kondenskraftverk kan på många platser vara rätt betydande. Mätningar för några år sedan vid ett sådant kraftverk visade bl a, att på 51 mätta platser överskreds i 28 fall den riskkurva för buller som inte bör överskridas vid exponering under en hel arbetsdag, den s k N-85-kurvan. Höga värden uppmättes exempelvis

vid kondensatpumpar (högst)	104 dB(A)
vid matarvattenpump	102

i kompressorum	101 dB(A)
vid smörjoljetank	101
vid kondensor	98 resp 100
under generator	98 resp 99
vid utblåsningskärl	98
vid oljekylare	97
vid högtrycksturbin (innanför ytterplåt)	97
vid ångdom	96

Så hög exponering tillåts endast för kortare tid än 1-2 timmar per arbetsdag.

Ett oljeeldat kraftvärmeverk skiljer sig från kondenskraftverket i flera avseenden. Det kan vara utfört på följande sätt. Generatorerna drivs av mottrycksturbiner. Dessa arbetar ofta vid lägre tryck än kondenskraftverkets högtrycksturbiner. Vidare används övertrycksången från mottrycksturbinerna för uppvärmning av returvattnen från ett varmvattensystem i ett antal varmvattenkondensorer, som samtidigt kondenserar ången för återföring av den som matarvattnen till ångpannan. I varmvattensystemet kan bl a varmvattenackumulatörer ingå. I ett kraftvärmeverk kan, förutom mottrycksturbiner, finnas en eller fler kombinerade mottrycks- och kondenseringssturbiner, som får arbeta växelvis på det ena eller det andra sättet. Ångpannorna är dock anpassade till mottrycksturbinernas arbetstryck. - De yrkesskador, som kan inträffa i ett oljeeldat kraftvärmeverk torde vara av ungefär samma art som i ett kondenskraftverk. Yrkesskadefrekvensen räknad på nedlagd arbetstid torde ungefär bli samma, däremot inte frekvensen räknad på producerad elenergi. Jämför avsnitt 2.4.5.

I ett gasturbinkraftverk drivs generatorerna av gasturbiner. Bortfallet av ångproduktion ger en avsevärt förenklad uppbyggnad av ett sådant kraftverk. Produktionen av turbingas präglar i huvudsak verkets uppbyggnad. Flertalet gasturbinkraftverk i Sverige fungerar i princip på följande sätt. För produktion av turbingas används en speciell typ av eldningsolja nr 1. En eller flera gasgeneratorer levererar gas till en gasturbin, s k kraftturbin. Två eller flera sådana kraftturbiner driver via specialkopplingar en generator med 3 000 varv per minut. Ett kraftverk är i regel uppbyggt av flera sådana enheter. En gasgenerator utgörs av en industrijetmotor. Denna består av följande huvuddelar: luftintag; en axialkompressor driven på gemensam axel av en axialturbin; växelhjul med drivordning för bränslepump med tillbehör; brännkammare; gasmunstycken för turbiner; samt en avgasdel. Kraftturbinerna, som driver generatorm, kyls, både stator och rotor med avtappningsluft från jetmotorns kompressor. Turbinaxeln är försedd med övervarvsutlösare, som stannar maskinen, om varvtalet blir för högt. Generatorm kyls med luft, som kyls med vatten/luftkylare inbyggda i generatorm. Vattnet i dessa kyls i sin tur utomhus i en luft/vattenkylare, där luften från kraftiga fläktar kyls vattnet. I luftintaget efter intagsfiltret finns intagsljuddämpare. Avgaserna passerar från kraftturbinens avgasdiffusor genom en expansionsdel till en vertikalt placerad avgasljuddämpare, som utgör en del av skorstenen. Jetmotorerna har ljudisolerande huvar. - Till anläggningen hör även ett kontroll- och reglersystem.

Gasturbinkraftverk av ovan nämnt slag karakteriseras av mycket låg arbetsinsats under såväl anläggnings-skedet som bruksskedet. Av bl a dessa orsaker är yrkesskaderisken låg.

På grund av hög oljeförbrukning per producerad mängd elenergi kan gasturbinkraftverk inte ersätta andra slag av kraftverk för produktion av baskraft. De fungerar däremot som komplement till dessa för elproduktion vid toppbelastningar under vinterhalvåret, vid revision av andra kraftverk och under torrår då vattenkraftverken har sänkt kapacitet. Den genomsnittliga årliga drifttiden har uppskattats till högst 120 h/år. Enstaka år, t ex torrår, kan dock denna tid avsevärt överskridas. - Från statens vattenfallsverk har erhållits uppgifter om inträffade yrkesskador vid de sex gasturbinkraftverk som verket nu har i drift. De togs i drift 1969, 1971, 1972, 1973, 1975 resp 1976. Deras effekt varierar från 40 till 240 MW. Sammanlagt har vid dessa kraftverk inträffat tre yrkesskador, som sammanlagt resulterat i 102 frånvarodagar.

För oljeeldade kondenskraftverk har mottagits statistik över yrkesskador dels från statens vattenfallsverk avseende kraftverken i Västerås, Stenungsund och Marviken, dels från Karlshamnsverkets Kraftgrupp Aktiebolag avseende Karlshamnsverket. Yrkesskadeuppgifterna avser endast olycksfall, ej yrkessjukdomar.

Vattenfallsverkets uppgifter avser antal olycksfall och frånvarodagar åtskilda för de tre kraftverken och avseende åren 1969-1976, sistnämnda år dock 3 kvartal. Först från och med 1971 har dock Marviken helt varit i drift som kondenskraftverk, vilket här nedan beaktats. Vidare har dessa kraftverks eleffekter uppgivits vara för Västerås 242 MW, för Stenungsund 860 MW och för Marviken 200 MW. Med ledning av dessa uppgifter har för denna period genomsnittet av antalet olycksfall och antalet frånvarodagar per olycksfall framräknats per ett 1 GWe kraftverk och år till följande.

	Antal olycksfall per år	Antal frånvarodagar per olycksfall
Västerås	14,9	14,5
Stenungsund	5,3	15,8
Marviken	7,8	10,7

För Karlshamnsverket, som har en eleffekt av 1,02 GW, har uppgivits antal olycksfall och antal förlorade arbetstimmar genom dessa, årsvis för perioden 1969-1975. Med ledning av dessa uppgifter har för denna period genomsnittet av antal olycksfall och antalet frånvarodagar (å 8 timmar) per olycksfall framräknats per ett 1 GWe kraftverk och år till följande.

Antal olycksfall per år	3,1
Antal frånvarodagar per olycksfall	7,9

Inte i något av dessa kraftverk är entreprenadverksamheten vid revisionsarbeten inräknad. Den ungefärliga omfattningen härav kan beräknas med ledning av vissa uppgifter från Karlshamnsverket till ca 5 % av den tid som företagets personal upptar. Man torde därför kunna bortse från det yrkesskadetillskott som kan härröra

från sådan entreprenadpersonal.

Verken i Västerås och Marviken är knappast representativa p g a sin storlek och speciella utformning. Stenungsund och Karlshamn är båda i lämplig storleksklass för jämförelse, men Stenungsund är förlagt i bergrum och är betydligt äldre än Karlshamn. Karlshamn torde därför bäst representera yrkesskadebelastningen vid ett oljeeldat kondenskraftverk av aktuell storleksklass.

I (22) anger Comar och Sagan de lägsta och högsta värdena för antalet yrkesskador vid energiomvandling ur olja för ett 1 GWe kraftverk och per år, som de funnit vid litteraturgenomgång. Samtliga yrkesskador utgörs av olycksfall, några yrkessjukdomar har inte förekommit eller upptäckts. Yrkesskadorna är uppdelade på dödsfall och övriga. Totalt har fem litteraturkällor utnyttjats. Resultatet var följande:

Totalt antal yrkesskador per år	0,6-1,5
Därav, dödsfall	0,01-0,037
, övriga	0,6-1,5

Detta material torde vara mer omfattande än det svenska, varför dödsfallsfrekvensen här bör vara mer rättvisande. För övriga yrkesskador bör uppgifterna från Karlshamn vara mer representativa. Detta skulle ge i sammanfattning för ett oljeeldat kondenskraftverk följande ungefärliga yrkesskador för ett 1 GWe kraftverk och per år, om antal yrkesskador och dödsfall vid bergrumsbygandet tilläggs (se s 3:).

Totalt antal yrkesskador per år	$3,1+0,5 = 3,6$
Därav, dödsfall $(0,01+0,037):2+0,008 = 0,03$	
Antal frånvarodagar per yrkesskada	7,9

3.7 OLJANS RISKER OCH YRKESKADOR

Av tidigare beskrivning framgår, att vid användning av olja som energikälla för elproduktion, de enskilda processernas risker med avseende på arbetsmiljön i huvudsak är bundna till följande faktorer. Vid utvinningen av råolja bestäms riskerna främst av förekomstsättet, den oftast samtidiga förekomsten av naturgas och råolja, deras egenskaper in situ, och fyndighetens belägenhet. Allmänt är en stor risk förborgad i ämnens brandfarliga och explosiva egenskaper. Vid havsbaserad utvinning, särskilt inom nordsjöområdet, tillkommer en unik mängd av problem och risker. Brand/explosion är en dominerande riskfaktor även vid transport och lagring av råolja, men den varierar med transportsätt och lagringssätt. Till raffineringen är knutet ett komplicerat risknät genom det stora antalet processer och produkter av skilda slag, som där förekommer. Även vid raffineringen är dock brand/explosion en dominerande riskfaktor. Vid transport och lagring av eldningsolja är brand/explosionsrisken mindre framträdande. Riskerna vid energiomvandlingen är främst knutna till ångproduktionen. Riskerna för ohälsa genom kemiska miljöfaktorer torde vara främst framträdande vid transporter, raffinering och energi-

omvandling. Risken för uppkomst av yrkessjukdomar är allmänt sett mycket svår att bedöma främst av skäl som anges i avsnitt 1.4. Utvinningen av råolja torde successivt komma att baseras på allt mer svårupptäckta och svårtillgängliga oljekällor. Detta kan förväntas medföra ökade risker och yrkesskador vid oljeutvinning under de närmaste åren. Detta gäller särskilt havsbaserad utvinning och mest påtagligt, utvinning inom nordsjöområdet.

Oljecykeln yrkesskador uppdelade på utvinning, transport av råolja, raffinering, transport av eldningsolja och elproduktion och hämtade från avsnitten 3.2.3, 3.3.3, 3.4.4, 3.5 resp 3.6 har nedan sammanfattats. I fråga om detaljer hänvisas till berörda avsnitt. Yrkesskadorna är framräknade för ett oljeeldat kondenskraftverk med effekt 1 GWe och gäller per år. Kraftverket, som under normal drift (omfattande 75 % fulldriftstid) producerar $0,75 \cdot 24 \cdot 365 \cdot 10^{-3} = 6,6$ TWh per år, har antagits förbruka 1,5 miljoner ton tjock eldningsolja (EO 4 och 5). Därvid har förutsatts, att eldningsoljan har ett energiinnehåll av 40,9 GJ/ton (11,7 MWh/ton), att kraftverkets verkningsgrad är 0,40 och att ett transportsvinn av ca 5 % uppstår. $6,6 : (0,95 \cdot 0,40 \cdot 11,7 \cdot 10^{-6} \cdot 10^6) = 1,5$ miljoner ton. Eftersom råolja och tjock eldningsolja har ungefär samma energiinnehåll - och eftersom ur råoljan utvunna andra produkter än eldningsoljan inte bör belasta kraftverkets drift - har slutligen den fiktiva förbrukningen av råolja ansetts överensstämma med den verkliga förbrukningen av eldningsolja.

Yrkesskador per år för ett oljeeldat kondenskraftverk med en effekt av 1 GWe:

Utvinning	
Yrkesskador	21
Därav, dödsfall	0,2
Transport, råolja	
Yrkesskador	15
Därav, dödsfall	0,3
Raffinering	
Yrkesskador	5
Därav, dödsfall	0,02
Transport, eldningsolja	
Yrkesskador	2
Därav, dödsfall	0,04
Elproduktion	
Yrkesskador	4
Därav, dödsfall	0,03
<u>Oljecykeln, totalt</u>	
Yrkesskador	47
Därav, dödsfall	0,6

Yrkesskadorna vid utvinning härrör till helt dominerande del från landbaserad utvinning. Yrkesskadorna vid havsbaserad utvinning kan förväntas vara fler och svårare. Yrkesskadorna vid transport varierar i hög grad med transportsätt och transportlängd. Vid den grova uppskattning, som kunnat göras, har antagits sjötransport av råolja från Persiska viken till svensk raffinaderihamn, samt sjötransport av eldningsolja därifrån till svensk kraftverkshamn. Vid förläggning av kraftverket i inlandet (utan hamn) skulle yrkesskador från järnvägstransport i Sverige tillkomma (se avsnitt 3.5).

Yrkesskadorna drabbar till dominerande del (ca 75 %) arbetstagare i utlandet.

4 NATURGAS

4.1 ALLMÄNT

Naturgascykeln omfattar i huvudsak utvinning, transport och ev lagring samt elproduktion. Naturgas utvinns både från gasförande oljekällor och från fyndigheter, som enbart för naturgas, sk torr naturgas. Eventuell bearbetning av naturgasen i form av separation, rening och sker i anslutning till utvinningen. Naturgasen transporteras främst i rörledning som gas under tryck. Den transporteras även i kondenserad form vid temperatur -161°C med speciella tankfartyg. Man har även sökt överföra naturgas till metanol för att underlätta transporten, men denna metod har visat sig vara för dyrbar. Lagring kan bli förekomma vid hamn i samband med kondensering eller förgasning eller i anslutning till elproduktion. Naturgas används för elproduktion i kondenskraftverk, kraftvärmeverk, gasturbinkraftverk och kraftverk som arbetar i olika kombinationssystem av gas/ånga.

Sverige har inga kända naturgastillgångar av betydelse och har ännu ej importerat naturgas. Utförda och pågående utredningar om eventuell import av naturgas tyder dock på att användning av naturgas för bli elproduktion kan bli aktuell i Sverige. Följande redogörelse är huvudsakligen grundad på en svensk och en nordisk utredning om naturgas (54 resp 2), publikationer om naturgas av Svenska Gasföreningen (55) och AB Svenska Shell (56 och 57) rapporter från ECE (58 och 59), som rör bli a naturgasbaserade kraftverk, en artikel av Lindgren (60) om svensk gasförsörjning och en rapport av Lönnroth, Johansson och Steen (61), där användning av naturgas berörs. I fråga om yrkesskador har enbart undersökningar i utlandet kunnat utnyttjas (16, 17 och 22).

Naturgas består huvudsakligen av metan (ca 90 %), en mindre andel etan (ca 5 %) samt vissa överksamma eller skadliga komponenter såsom kväve, koldioxid, helium, vattenånga, svavelväte och spår av andra gaser. Från oljekällor utvunnen naturgas kan även innehålla propan och butan i mindre mängd. Naturgas, som innehåller svavelväte i för hög halt är giftig, korrosiv och illaluktande. Innan sådan naturgas marknadsförs, bör den därför avsvavlas, så att den varken medför hygieniska olägenheter eller korrosionsrisk (se avsnitt 4.3).

Naturgasen kan överföras från gasfas till vätskefas (LNG = Liquidified Natural Gas) genom nedkylning till -161°C . Naturgasens volym reduceras vid denna kondensering ca 600 gånger. Gasen används dock nästan enbart i gasfas och måste därför efter kondensering åter förångas före användning. För transport av naturgas i kondenserad form fordras dyrbara kondensations- och förångningsanläggningar och dyrbara specialfartyg. Sådan transport tillgrips

endast, när obruten transport i rörledning från leverantör till konsument inte är möjlig.

Naturgas från olika fyndigheter (gaskällor) kan ha olika sammansättning och därmed olika energiinnehåll, som kan variera från ca 9,31 kWh/m³ norm (33,5 MJ/m³) till ca 12,81 kWh/m³ norm (46,1 MJ/m³). Ett 1 GWe kraftverk under normal drift (omfattande 75 % fulldrifttid) producerar 6,6 TWh per år. Om detta kraftverk, liksom ett oljeeldat kondenskraftverk, antas ha en verkningsgrad av 0,40 och naturgasen antas ha det lägre energiinnehållet 9,31 kWh/m³, skulle kraftverket per år förbruka $6,6 : (0,40 \cdot 9,31 \cdot 10^{-9}) =$ ca 1,8 miljarder m³ naturgas. Detta stämmer väl med motsvarande uppgift i Wash-1250 (16) och antas gälla även här. Eftersom ett oljeeldat kondenskraftverk under motsvarande villkor förbrukar ca 1,5 miljoner ton tjock eldningsolja, motsvarar 1 miljard m³ naturgas ca 1,5:1,8 = 0,83 miljoner ton tjock eldningsolja.

Naturgas ger vid förbränning rökgaser, som är avsevärt mindre skadliga än de som uppstår vid förbränning av särskilt stenkol, men även tjock eldningsolja. Av Wash-1224 (17) framgår, att i ett naturgaseldat kraftverk bildad mängd svaveldioxid och sot (aska) kan röra sig om några tiotusendelar resp några tusendelar av den mängd, som bildas i ett motsvarande koleldat kraftverk, och ungefär några tiondelar resp en tiondel av den mängd, som bildas i ett motsvarande oljeeldat kraftverk. I mängden sot (aska) är därvid inräknad även den del som avsätts i avskiljare för sot (aska), eftersom där avsatt material måste hanteras vidare som avfall. Även bildad mängd kolmonoxid, kväveoxider och koldioxid är något mindre.

Naturgas har ungefär samma sammansättning som gruvgas, som ju också huvudsakligen består av metan och ibland även etan och andra kolväten m m. De kemiskt-fysikaliska förutsättningarna för och effekterna av en explosion av en gasluftblandning torde därför vara ungefär desamma för naturgas som för gruvgas. Se avsnitt 2.2.2 om risker vid kolutvinning, speciellt s 24. För jämförelse hänvisas även till avsnitt 3.4.2 om processer vid oljeraffinering, där på s 80-86 mer allmänt redogörs för risker för och åtgärder mot brand/explosion av bl a gasluftblandningar. Av tabell 3.4.2:1 (s 82) framgår att explosionsegenskaperna för vissa där angivna gaser rätt nära ansluter sig till dem för metan och etan (se s 24). - Naturgas räknas i Sverige som brandfarlig vara av kategori brandfarlig gas. Beträffande svenska bestämmelser härom, se s 71 och 72. Där nämnda rörledningsnormer kan dock inte utan omarbetning tillämpas för naturgasledning. Inom Ingenjörsvetenskapsakademiens tryckkärlekskommission pågår därför arbete med normer för naturgasledningar. Vidare avser man att utarbeta normer för s k kryokärl, vilka normer kommer att gälla för bl a kondenserad naturgas.

Av (61) framgår, att världens naturgasreserver, dvs kända naturgastillgångar, med 1973 års förbrukning motsvarar 43 års förbrukning och att motsvarande tal för olja och kol är 33 år resp 200 år. Naturgastillgångarna i Västeuropa jämfört med förbrukningen där uppges i (60) motsvara en varaktighet av 25 år. Av (2) framgår vilka gaskällor och transportvägar som anses närmast tänkbara vid en eventuell import av naturgas till Sverige. I fråga om import via rörledningar anges totalt åtta alternativ och ytterligare några alternativ anges för import av naturgas som LNG med fartyg.

En del av dessa rör utnyttjandet av eventuella, ännu ej upptäckta fyndigheter i Norska havet, N om 62 breddgraden. Närmast aktuella alternativ synes vara ilandföring på Jyllands västkust i rörledning av naturgas från ännu ej kontrakterade norska, och några mindre danska, gaskällor, som är belägna inom norska och danska delen av kontinentalsockeln i Nordsjön. En del av gasen skulle sedan vidarebefordras i rörledning till Sverige och Norge. Av de nämnda gaskällorna är endast de norska tillräckligt stora för att motivera ett nordiskt naturgasnät, och för ilandföring på Jylland av den norska naturgasen skulle krävas 7-9 års förberedelse. Som ett alternativ anges även anknäpning av detta nät till ryska gaskällor via Finland. - I (60) anges som ytterligare tänkbara alternativ bl a import i rörledning från Sovjet över Väst- eller Östtyskland och import med fartyg i form av LNG från Algeriet och Iran, vilka alternativ anses kunna förverkligas i ett tidigare skede.

4.2 UTVINNING

Naturgaskällor har påträffats på djup, som i regel varierar mellan 300 och 5 500 m. De är täckta av bergarter, som är ogenomträngliga för gasen. Gastrycket kan vara mycket högt, upp till 70 MPa (700 kp/cm²). Utvinning av naturgas från gasförande oljekällor och därmed förenade risker har i huvudsak behandlats i anslutning till oljeutvinningen (se avsnitt 3.2), eftersom de är direkt knutna till varandra. Vid utvinning av naturgas från gaskällor torde ungefär samma arbetsmetoder tillämpas, såväl under det omfattande prospekteringsskedet som under det egentliga utvinningssskedet. Detta gäller exempelvis borrhning av prospekterings- och utvinningshål, som utgör en dominerande arbetsinsats. Naturgasen torde även i båda fallen underkastas ungefär samma behandling. Vidare medför havsbaserad naturgasutvinning till dominerande del samma speciella arbetarskyddsproblem som havsbaserad utvinning av olja (eventuellt i kombination med naturgas). - En påtaglig skillnad i yrkesskadebelastningen från utvinning av naturgas jämfört med utvinning av en ekvivalent mängd olja skulle kunna uppstå, om av geologiska skäl, t ex gaskällor och oljekällor i genomsnitt är belägna på olika djup eller erforderligt antal exploateringshål är olika. Båda dessa omständigheter skulle medföra olika mängd borrhningsarbete.

Underlag för analys av de speciella risker som kan sammanhänga med utvinning av enbart naturgas från gaskällor har inte kunnat uppbringas. I fråga om yrkesskadestatistik vid naturgasutvinning, se avsnitt 4.5.

4.3 TRANSPORT OCH LAGRING

Transport av naturgas från gas- eller oljekällan till konsument sker med rörledning (land- eller havsbaserad) eller med rörledning och speciella fartyg (LNG-fartyg) i kombinationer, varvid gasen före och efter fartygstransporten kondenserar resp förångas. I anslutning till anläggningar härför, och eventuellt vid elpro-

duktion, kan lagring även förekomma.

Naturgasen transporteras i rörledning under tryck, som kan uppgå till 5,5-7,5 MPa (55-75 kp/cm²). För ett nordiskt naturgasnät har i (2) förutsatts ett tryck av ca 7 MPa (70 kp/cm²). Ett rörtransportsystem för naturgas består av rörledningsnät, reducer- och mätstationer, kompressorstationer samt centraler för driftkontroll. Rörledningarna läggs, där så är möjligt, under jord. För kompressionen av naturgasen används vid stora anläggningar ofta turbokompressorer, som direkt drivs av gasturbiner. I sådana fall krävs åtgärder mot buller.

Naturgasen är lättare än luft och bildar med luft explosiva gasluftblandningar. Rörledningsnät, liksom all annan utrustning för naturgas måste därför vara utförda med betryggande säkerhet mot gasläckage. De måste även ha tillförlitliga kontrollsystem för upptäckt av eventuell läckage och för skyddsåtgärder vid inträffat läckage. För att underlätta upptäckt av läckage tillsätter man naturgas små mängder starkt luktande ämnen, t ex metylmerkaptan. Sådana tillsatser kan dock tänkas medföra andra risker, eftersom merkaptanhaltiga kolväteblandningar i beröring med rost kan ge järn(II)sulfid, som är starkt pyrofor (se s 81). Denna fråga, som närmare behandlats av Freytag i (25), kan behöva ytterligare klarläggning.

Den fara för ohälsa, som naturgas kan medföra, bestäms av dess halt av svavelväte. I Sverige gäller enligt arbetarskyddsstyrelsens anvisningar nr 100 om hygieniska gränsvärden för svavelväte 15 mg/m³, räknat som högsta tillåtlig tidsvägd genomsnittskoncentration för en åttatimmars arbetsdag (nivåvärde). Om man antar, att naturgas har samma undre explosionsgräns som metan, dvs 33 g/m³ (vid 20°C, 760 Torr), att omgivningsluften inte får överstiga en tiondel av detta värde, dvs 3,3 g/m³, och att metan har en densitet av 660 g/m³ (vid 20°C, 760 Torr), kan man beräkna, vilken svavelvätehalt naturgasen högst får ha för att hygieniska gränsvärdet inte skall överskridas. Den blir $(15 \cdot 10^{-3} \cdot 660) : 3,3 = 3 \text{ g/m}^3$, eller $(3 \cdot 100) : 660 = 0,45$ viktsprocent. Lukt av svavelväte är emellertid förnimbar redan vid en halt av 2 mg/m³. Eftersom helst inte heller denna luktröskel bör överskridas, bör naturgasens svavelvätehalt av hygieniska skäl inte överstiga $(2 \cdot 3) : 15 = 0,4 \text{ g/m}^3$ eller $(0,4 \cdot 100) : 660 = 0,06$ viktsprocent. - För att hindra korrosion i rörledningar och annan utrustning kan dock, beroende på vilka material som används, ännu lägre svavelvätehalt i naturgas vara motiverad. I marknadsförd naturgas är svavelvätehalten ofta avsevärt lägre; ca 6 mg/m³ eller ännu lägre. Detta beror på att den aktuella naturgasen redan in situ haft denna halt eller att den av korrosionsskäl avsvavats till så låg halt.

Stamledningarna i ett naturgasnät har ofta en diameter av 0,5-1,0 m och i extrema fall ca 1,4 m. En landbaserad rörledning dras ofta i oländig terräng, ibland flera hundra mil och läggs i regel under jord på 1-1,5 meters djup. En sådan ledning består av svetsat stålrör, som utvändigt är skyddat med asfalt och glasfiberväv, epoxi eller polyeten. Den utrustas med katodiskt korrosionsskydd. Riskerna för yrkesskador vid anläggandet av en landrörledning för naturgas, liksom de speciella riskerna vid anläggandet av en havsrörledning, torde vara rätt lika dem som anläggandet av en motsvarande oljeledning för med sig; se avsnitten 3.3.1 resp 3.3.2. Yrkesskadebelastningen från anläggningsskedet, fördelad på anlägg-

ningens brukstid, torde bli rätt betydande jämförd med den yrkes-skadebelastning som uppstår under bruksskedet. Besiktning av nätet under bruksskedet kan dra stora men rätt sällan förekommande arbetsinsatser. Den normala driften karakteriseras främst av central övervakning och reglering med relativt låg arbetsinsats. Som förut nämnts är under bruksskedet skyddsåtgärder mot gasläckage och mot explosion av eventuell gasluftblandning av grundläggande betydelse.

Transport av naturgas i kondenserad form (LNG) med specialbyggda fartyg förekommer endast när transport med rörledning inte är möjlig. Naturgasen överförs till vätska i landbaserad kondenseringsanläggning genom nedkylning till -161°C och transporteras, eventuellt efter lagring, till fartygets tankar, som är så isolerade att gasen förblir kondenserad som vätska under transporten. Efter transporten överförs vätskan åter till gas i landbaserad förångningsanläggning, eller hålls som mellansteg lagrad i vätskeform. Tankar, cisterner och annan utrustning måste vara utförda av material med speciella hållfasthetsegenskaper p g a den låga temperaturen. - Transport av naturgas med LNG-fartyg är sålunda komplicerad jämförd med råoljetransport med tankfartyg. Den är ogynnsammare även i så måtto, att ett LNG-fartyg för $75\ 000\ \text{m}^3$ kondenserad gas i storlek motsvarar ett tankfartyg för råolja av $100\ 000$ ton dwt och att energiinnehållet av $1\ \text{m}^3$ LNG endast är ca 55 % (ev 60 %) av energiinnehållet i $1\ \text{m}^3$ råolja.

Hantering av LNG kan vid läckage medföra betydande risker för brand/explosion. Risk för kvävning och för köldskador kan även uppstå. I (62) har Norgren belyst risker vid hantering av LNG. I Cleveland, USA, inträffade 1941 ett läckage i en lagringstank med LNG. Den kalla LNG-vätskan förgasades snabbt och gasluftblandningen antändes av en gnista. Följden blev en stor brand, som dödade 128 personer. Det har även visat sig, att när LNG, som innehåller vissa halter av etan och propan, kommer i kontakt med vatten, kan den bildade gasluftblandningen självantända och explodera, dvs utan gnista, eldflamma e d. Av Norgrens artikel framgår, att LNG även har andra egenskaper, som kan medföra risker vid hanteringen.

Lagring av naturgas i stor skala är mer komplicerad än lagring av t ex propan och butan (jämför avsnitt 3.4.3) p g a den låga kokpunkten (-161°C) och den låga kritiska temperaturen ($-82,1^{\circ}\text{C}$) för naturgasens huvudbeståndsdel, metan. Lagring av gasen i kondenserad form vid -161°C förekommer dock, vanligen i cisterner med dubbla väggar av stål och isolerande mellanlager. Lagring av naturgas i gasform i naturliga reservoarer under jord förekommer även, vilket dock förutsätter speciella geologiska betingelser. Om naturgas kan lagras i kondenserad form i oinklädda berggrum, torde ännu ej ha praktiskt provats.

Ytterligare underlag för analys av de speciella risker som kan sammanhänga med transport och lagring av naturgas har inte kunnat uppbringas. I fråga om yrkesskadestatistik vid transport (och lagring) av naturgas, se avsnitt 4.5.

4.4 ELPRODUKTION

Som tidigare nämnts används naturgas i utlandet för elproduktion i kondenskraftverk, kraftvärmeverk, gasturbinkraftverk och kraftverk, som arbetar i olika kombinationssystem av gas/ånga. Elproduktion i Sverige med naturgas anses i första hand böra komma i fråga för kraftvärmeverk (2,55). Även naturgaseldade kondenskraftverk anses tänkbara i Sverige, men de anses då helst böra vara utförda så, att de kan eldas alternativt med olja eller med olja och gas samtidigt (55). I fråga om naturgasbaserade gasturbinkraftverk torde dessa, liksom eldningsoljebaserade sådana (se s 54) endast vara aktuella som komplement och ej alternativ till andra former för elproduktion. Av (59) framgår att kraftverk, som arbetar i olika kombinationssystem av gas/ånga, däremot skulle kunna utgöra alternativ. Först skall därför nämnas något om dessa. I övrigt begränsas redogörelsen nedan till det naturgaseldade kondenskraftverket, eftersom det underlättar jämförelser med övriga fossila energikällor. Skillnaden mellan ett sådant kraftverk och ett kraftvärmeverk är följande ungefär densamma som skillnaden mellan motsvarande oljeeldade verk (se s 97).

Kraftverk med gas/ångsystem kan vara utförda så att de båda arbetsmedierna gas och ånga samverkar, antingen endast via värmeväxlare eller genom att turbinerna drivs av en ång/gasblandning direkt. Det förstnämnda systemet har utvecklats längst och olika typer av anläggningar med detta system beskrivs i (59). Dess huvudkomponenter är ångpanna eller ånggenerator, ångturbiner, gasturbiner och värmeväxlare av olika slag. De olika typerna av detta system karakteriseras av: installationer med en högtrycksånggenerator (HPSG); installationer där gasen från gasturbinen förs in i en ångpanna, vilken fungerar som en lågtrycksånggenerator (LPSG); och installationer, där ångpannans matarvatten upphetas med avgaserna från gasturbinen. Jämförelser görs mellan de två förstnämnda typerna inbördes och med ett ordinärt kraftverk. Bl a anges, att främst HPSG men även LPSG ger lägre anläggningskostnader och lägre bränsleförbrukning än ett kraftverk och att för LPSG kan användas, inte endast naturgas, utan även tjock eldningsolja eller kol, vilket inte är möjligt för HPSG.

Energiomvandlingen i ett naturgaseldat kondenskraftverk sker i huvudsak på samma sätt som i ett oljeeldat kondenskraftverk och arten av yrkesskaderisker är också ungefär desamma. Se avsnitt 3.6, s 94 - 96. Här skall dock vissa skillnader belysas.

Ångpannan tillförs naturgas av reducerat tryck genom gasbrännare, som har för gaseldning speciellt utförd regler- och säkerhetsutrustning. Ångpannans eldstad är anpassad för den mindre andel strålningvärme och större andel konvektionsvärme som gaseldning ger jämfört med oljeeldning. Skyddsåtgärder måste vidtas mot uppkomst av explosiv gasluftblandning i ångpanneanläggningens lokaler. Ledningar och annan utrustning för naturgasen måste hållas tät och kontrolleras med avseende på gasläckage, varjämte ökad allmänventilation i lokalerna kan behövas.

Det naturgaseldade kondenskraftverket torde medföra mindre risk för ohälsa än det oljeeldade, eftersom rökgaserna är mindre skadliga och bildad mängd sot (aska) är mindre (se s 103). Sistnämnda är av vikt bl a vid invändig rengöring av ångpannan i samband

med besiktningar och revisioner. Allmänt torde risken för yrkesskador från avfallshantering vid ett naturgaseldat verk vara mycket små.

I fråga om yrkesskadestatistik vid elproduktion med naturgas, se avsnitt 4.5.

4.5 NATURGASENS RISKER OCH YRKESKADOR

Vid användning av naturgas som energikälla är gasens explosiva egenskaper en betydande riskfaktor som återkommer i alla processled. Vid utvinningen av naturgas påverkas riskerna i hög grad av förekomstsättet och fyndighetens belägenhet. Vid havsbaserad utvinning, särskilt inom norrsjöområdet, tillkommer en unik mängd av problem och risker av samma typ, som den havsbaserade oljeutvinningen medför. Vid naturgastransport med rörledning, som är det dominerande transportsättet för naturgas, torde en betydande del av riskerna och yrkesskadebelastningen kunna hänföras till anläggningsskedet. Riskerna vid energiomvandlingen är främst knutna till ångproduktionen. Riskerna för ohälsa genom kemiska miljöfaktorer torde vara relativt små. Utvinningen av naturgas torde successivt komma att baseras på alltmer svårupptäckta och svårtillgängliga gaskällor (eller oljekällor). Detta kan förväntas medföra ökade risker och yrkesskador vid naturgasutvinning under de närmaste åren. Detta gäller särskilt havsbaserad utvinning och mest påtagligt, utvinning inom norrsjöområdet.

Naturgascykeln yrkesskador kan som förut nämnts här endast bedömas med ledning av undersökningar i utlandet. Härvid har utnyttjats två publikationer av Förenta Staternas Atomenergikommission, Wash-1250 (16) och Wash-1224 (17) samt en publikation av Comar och Sagan (22). Yrkesskadorna är framräknade för ett naturgaseldat kondenskraftverk med effekt 1 GWe och gäller per år. Kraftverket, som under normal drift (omfattande 75 % fulldrift-tid) producerar $0,75 \cdot 24 \cdot 365 \cdot 10^{-3} = 6,6$ TWh per år, har antagits förbruka 1,8 miljarder m^3 naturgas. Därvid torde ha förutsatts, att naturgasen har ett energiinnehåll av $33,5 \text{ MJ}/m^3$ ($9,31 \text{ kWh}/m^3$) och att kraftverkets verkningsgrad är $0,40 \cdot 6,6 : (0,40 \cdot 9,31 \cdot 10^{-9}) = 1,8$ miljarder m^3 . - Undersökningsresultaten från dessa litteraturkällor har sammanfattats i tabell 4.5:1.

Tabell 4.5:1 Yrkesskador per år för ett naturgaseldat kondens-
kraftverk med en effekt av 1 GWe. Från Wash-1250 (16), Wash-1224
(17) samt Comar och Sagan (22).

Processled och art av yrkesskador	Antal yrkesskador enligt		
	Wash-1250	Wash-1224	Comar och Sagan ¹⁾
Utvinning			
Yrkesskador	2,5	2,5	2,5-21
Därav, dödsfall	0,02	0,021	0,021-0,21
Transport			
Yrkesskador	1,3	1,3	1,2-1,3
Därav, dödsfall	0,02	0,024	0,02-0,024
Omvandling, NG-LNG-NG ²⁾			
Yrkesskador	-	0,57	0,05-0,56
Därav, dödsfall	-	0,006	0,006-0,01
Elproduktion			
Yrkesskador	1,2	1,5	0,6-1,5
Därav, dödsfall	0,03	0,037	0,01-0,037

Naturgascykeln, totalt			
Yrkesskador	5,0	5,9	4,4-24,4
Därav, dödsfall	0,07	0,088	0,057-0,28

1) Avser högsta och lägsta värden funna i 4-5 litteraturkällor, varav Wash-1224 är en.

2) Detta processled förekommer endast när naturgasen transporteras i kondenserad form med fartyg, eller vid lagring, t ex i samband med sådan transport.

Uppgifterna i tabellen från Wash-1224 och Wash-1250 visar förhållandena i Förenta Staterna från åren 1965-1970. Nu torde dessa särskilt vad gäller utvinning och transport har försvårats. För naturgas som importeras till Sverige torde förutsättningarna vara betydligt ogynnsammare och bäst representeras av de högsta värdena som Comar och Sagan angett. I avrundade tal ger detta följande.

Yrkesskador per år för ett naturgaseldat kondenskraftverk med en effekt av 1 GWe:

Utvinning	
Yrkesskador	21
Därav, dödsfall	0,2
Transport	
Yrkesskador	1
Därav, dödsfall	0,02

Omvandling, NG-LNG-NG	
Yrkesskador	1
Därav, dödsfall	0,01
Elproduktion	
Yrkesskador	2
Därav, dödsfall	0,04
<u>Naturgascykeln, totalt</u>	
Yrkesskador	25
Därav, dödsfall	0,3

Yrkesskadorna vid utvinning torde till dominerande del härröra från landbaserad utvinning. Yrkesskadorna vid havsbaserad utvinning kan förväntas vara fler och svårare.

Yrkesskadorna drabbar till dominerande del (ca 85 %) arbetstagar i utlandet.

5 T O R V

5.1 ALLMÄNT

Torvcykeln omfattar utvinning, transport och elproduktion. För att underlätta transporten kan torvpressning på utvinningsplatsen komma i fråga. I övrigt förekommer viss bearbetning endast i samband med elproduktion. Torven lagras nästan uteslutande på utvinningsplatsen. Med elproduktionen följer en betydande hantering av avfall, främst i form av aska. För elproduktion används sk bränttorv i kondenskraftverk och kraftvärmeverk i bl a Sovjet och Irland, och i kraftvärmeverk även i Finland. I Sverige används fn inte någon bränttorv för elproduktion, men viss begränsad användning har aktualiserats, främst från beredskapssynpunkt. Följande redogörelse är huvudsakligen grundad på energiprognosutredningens betänkande (29) om energi; en sammanställning av Salmgren m fl (63) av föredrag vid symposium i Umeå, februari 1974 om torv som energikälla; en reserapport av Bengtsson (64), statens vattenfallsverk om en konferens om torveldning i Kuopio i Finland, september 1975; ett föredrag av Jahkola (65) om torvenergi i Stockholm, november 1975; och en artikel av Arthursson och Österberg (66) om fjärrvärmeproduktion i fluidiserad bädd (svävbädd). I fråga om yrkesskador vid torvutvinning grundar sig redogörelsen dessutom på uppgifter, som inhämtats av skogs- och jordbrukssektionen inom arbetarskyddsstyrelsens tillsynsavdelning.

Torv bildas genom igenväxning av vattendrag eller försumpning av skogsmark o d, där vattnet rinner långsamt eller stannar upp och förutsättningar för syrebrist i vattnet uppstår. Detta ger upphov till sk sumpväxter såsom vitmossor, brunmossor eller starrarter. Efter överlagring under minskande syretillförsel nedbryts substansen successivt (humifieras) så att bl a dess kolhalt ökar och syrehalt minskar. Torv används förutom som bränttorv även för andra ändamål, bl a som jordförbättringsmedel (växttorv). Torv med låg sk humifieringsgrad (H1-4) är lämpad som växttorv och torv med hög humifieringsgrad (H5-10) som bränttorv. Brunmosstorv och starttorv kan lättare avvattnas och har högre volymvikt (skrymdensitet) och därmed högre energiinnehåll per volymenhet än vitmosstorv. De lämpar sig därför bättre som bränttorv.

I Sverige anses finnas 6 miljoner hektar (ha) torvmark. En stor del av denna innehåller torv, som är användbar som bränttorv. Möjligheten till utvinning av bränttorv anses dock avsevärt begränsas av biologiska och hydrologiska miljöskäl och av transporttekniska skäl. Överstyrelsen för ekonomiskt försvar räknar med att den från beredskapssynpunkt utvinnbara torvmarken omfattar en areal av 0,6-1,0 miljoner ha. Ett torvfält av 400 ha anses minst erfordras för utvinning i stor skala med moderna metoder

(fräsmetoden). Från ett sådant fält anses kunna utvinnas 120 000 ton frästortv (50 % fukthalt) per år, dvs 300 ton per ha och år. Torv nybildas långsamt. Tillväxten per år är i södra Sverige 0,5-1,0 mm och i norra Sverige betydligt mindre. Den kan därför knappast anses som en förnyelsebar tillgång för brännortsvutvinning. Brukstiden för ett torvfält varierar med torvlagrets tjocklek och utvinningstakten. För att fältet skall kunna utnyttjas krävs ett torvlager av minst ett par meter. Vid effektiv utvinning (fräsmetoden) förbrukas ett fält med normalt torvlager efter 10-15 år. Tillgången av utvinnbar brännortv (frästortv med 50 % fukthalt) skulle alltså kunna röra sig om $0,6 \cdot 300 \cdot 10 = 1\,800$ miljoner ton eller högst $1,0 \cdot 300 \cdot 15 = 4\,500$ miljoner ton. För stordrift kan emellertid endast mycket stora mossar utnyttjas, vilka också måste vara belägna inom rimliga avstånd (50-100 km) från den plats, där en anläggning för energiomvandling är lämplig. För sådant ändamål användbara tillgångar torde vara rätt begränsade. Antalet mossar i södra Sverige, som innehåller mer än 1 miljon ton torr torvsubstans har beräknats vara 101. Flertalet är belägna i Småland, Västergötland och Närke.

Av en artikel av Wikström i (63) framgår, att energiinnehållet (kalorimetriska värmevärdet) i torv varierar från ca 4,3 Mcal/kg torrsubstans för vitmosstorv av lägsta humifieringsgrad (H1) till ca 5,9 Mcal/kg torrsubstans för starrtorv av hög humifieringsgrad (H8). Vid humifieringsgraden H5 är energiinnehållet ca 5,1 för vitmosstorv och ca 5,7 för starrtorv. Vid denna humifieringsgrad kan man producera vitmosstorv med en fukthalt av ca 51 % som då har en volymvikt av ca 0,25 ton/m³ löst mått; och starrtorv med en fukthalt av ca 49 %, som då har en volymvikt av ca 0,27 ton/m³ löst mått. Det förefaller därför rimligt att antaga följande data för brännortv: fukthalt 50 %, volymvikt 0,26 ton/m³ och energiinnehåll 5,4 Gcal/ton torrsubstans. Med avdrag för det ingående vattnets ångbildningsvärme motsvarar detta ett energiinnehåll av $0,5 \cdot 0,26 (5,4 - 0,5) = 0,64$ Gcal/m³ brännortv eller $1,16 \cdot 0,64 = 0,74$ MWh/m³ brännortv eller $0,74 : 0,26 = 2,8$ MWh/ton brännortv (eller 10,1 GJ/ton brännortv).

Om ett 1 GWe kraftverk, som under normal drift (omfattande 75 % fulldrifttid) producerar 6,6 TWh per år, skulle kunna baseras på torveldning, och om det då skulle kunna uppnå en verkningsgrad av 0,40, så skulle kraftverket per år förbruka ca $6,6 : (0,40 \cdot 2,8 \cdot 10^{-6}) = 5,9$ miljoner ton brännortv; eller $5,9 : 0,26 = 22,7$ miljoner m³ brännortv i löst mått. En torvareal av ca $(5,9 \cdot 10^6) : 300 = 20\,000$ ha skulle behöva tas i anspråk för att hålla ett sådant kraftverk med brännortv och efter 10-15 år måste en ny sådan areal tas i anspråk, etc. Om kraftverket skulle vara helt baserat på brännortv under hela dess brukstid, skulle det alltså behöva vara placerat så, att en utvinnbar torvareal av minst 40 000 ha, kanske 60 000 ha funnes inom ett, med hänsyn till transporterna rimligt avstånd (50-100 km) från kraftverket.

Mängden aska från torvförbränning varierar med torvens ursprung, men den torde i genomsnitt kunna antas motsvara ca 8 viktsprocent av torvens torrsubstans. Torvens svavelhalt är låg och sällan över 0,3 %.

Torv med låg fukthalt (mindre än 40 %) kan självantända. Vid lagring sker en temperaturstegring i torvhögen även vid högre fukthalt, som vid en fukthalt av ca 50 % normalt kan leda till en

temperatur av 60-70°C. En dammluftblandning av torrt torvdamm kan vara explosiv. I (27) anger Palmer följande data om explosiva egenskaper för torrt damm av vitmosstorv, vilka härrör från bestämningar utförda av US Bureau of Mines:

Minsta tändtemperatur, °C	
moln	460
lager	240
Undre brännbarhetsgräns, g/m ³	45
Minsta tändenergi, mJ	50
Största explosionstryck, MPa	0,73
Största tryckstegringshastighet, MPa/s	15,5

Den halt av torvdamm i luft, vid vilken å ena sidan explosionstrycket, å andra sidan tryckstegringshastigheten är störst, är inte alltid densamma. För jämförelse med koldamms explosiva egenskaper, se s 24 - 25. Risk för explosion av torvdamm kan uppstå i samband med elproduktion, se avsnitt 5.4.

Användningen av brännstorv för elproduktion i Sverige torde av tidigare angivna skäl komma att begränsas till kraftvärmeverk av relativt måttlig effekt, upp till kanske 50-100 MWe. För att underlätta jämförelse med andra energikällor relateras dock här yrkesskadorna till ett 1 GWe kondenskraftverk.

5.2 UTVINNING

En mosse för utvinning av brännstorv måste ha ett torvlager av tillräcklig storlek (yta, djup) och av lämplig kvalitet och måste vara lämpligt belägen för transporter m m. Ungefär 3 år innan torvutvinningen kan börja, utdikas mossen runt om och med en rad parallella diken med 10-20 m inbördes avstånd. Utdikningen sker maskinellt med bandburna dikesfräsar. Vattnet kan behöva pumpas ut, om mossen är så belägen, att den ej ger självavrinning. Innan utvinningen börjar, måste även ytvegetationen och eventuella stubbar etc avröjas. För stubbröjningen används effektiva stubb-brytningsredskap. Utvinningen sker numera huvudsakligen enligt den s k frästorvmetoden. En hjulburen, traktordragen fräsmaskin, som har en trumma med piggar, river upp yttorven till 10-20 mm djup beroende på torvens art, årstid m m. Frästorven är ett tämligen poröst pulver med en fukthalt som kan variera från ca 75-90 viktsprocent. När frästorven torkat på ytan vänds den med traktor-dragen vändare försedd med skeblad. Oftast är en vändning tillräcklig, men vid regnväder måste torven vändas två eller flera gånger. När torven är torr samlas den i en sträng för varje fält mellan diken med hjälp av en traktorskjuten skrapa. Därefter transporteras torven på olika sätt till större stackar för lagring. Bl a används mobila transportörer försedda med matare och transportband, som successivt samlar torvsträngarna till långa stackar. Ett annat sätt är lastning av torven i strängarna med elevator till traktordragna släpvagnar som transporterar torven direkt till ett storlager med lastningsstation. Om torven har låg fuktighet kan den som förut nämnts självantända i lagret. Detta

kan förhindras om torven packas. - På senare tid har man lyckats frångå momenten vändning, skrapning och stackning genom pneumatisk hopsamling av torven, som då även blir något torrare. En pneumatisk hopsamlare med brett dammsugarmunstycke ansluts till en vagn med stor behållare, vilken när den fyllts transporteras med traktor direkt till laststationslagret. Sistnämnda förfarande synes fördelaktigt även för arbetsmiljön, eftersom den begränsar uppvirvling av torvdamm jämfört med en mer öppen hantering vid lastning/transporten. Vissa försök har utförts med att tillverka torvpellets (pressade stavar av torv), vilket ger en volymminskning till ca 1/5 av ursprunglig volym. Detta skulle bli en underlätta den fortsatta transporten. - Den egentliga torvutvinningen, dvs fräsning, torkning och hopsamling av torven, kan ske endast under sommaren (2-2 1/2 månad). Arbetsinsatsen uppgår till ungefär 0,2 man/ha under skördeäsongen och ca 0,1 man/ha under övriga delar av året.

De vid utvinning av bränttorv förekommande arbetsmomenten är av sådan beskaffenhet, att man kan vänta sig mycket få yrkesskador, huvudsakligen i form av mekaniska skador, och närmast i samband med underhåll och reparation av maskiner och redskap.

I Sverige utvinns för närvarande inte någon bränttorv. Utvinningen av torv som jordförbättringsmedel (växttorv) och för andra ändamål uppgår totalt till ca en miljon ton per år. Utvinningen domineras av två företag. Det ena utvinner ca 250 000 m³ frästtorv per år i huvudsak enligt ovan beskrivet förfarande. Det andra utvinner ca 300 000 m³ stycktorv per år, vilket också sker maskinellt och med vissa arbetsmoment som liknar de vid fräsmetoden tillämpade. Vid förfrågan om inträffade yrkesskador vid dessa företag har uppgetts, att under de närmast förflutna åren endast en yrkesskada (lindrig mekanisk skada) inträffat vid det ena och ingen vid det andra företaget under torvutvinning. Reparation av maskiner och redskap, som används för utvinningen utförs dock i regel som entreprenadarbete, varför eventuella därav föranledda yrkesskador inte är inräknade. Om man tar viss hänsyn även till detta, torde man högst kunna vänta sig per år ungefär en yrkesskada per miljon m³ bränttorv, som då förutsätts utvinnas maskinellt i stor skala enligt den skräsmetoden. Risken för dödsolycksfall torde vara försvinnande låg. Antal yrkesskador vid utvinning av bränttorv till ett kraftverk och räknat per år kan därför uppskattas till ungefär följande:

Antal yrkesskador	20
Därav, dödsfall	0,0

5.3 TRANSPORT

Bränttorven transporteras från utvinningsplatsens laststationslager till kraftverket med bil eller med järnväg. Biltransport till mindre kraftverk sker med lastbil och släpvagn, som kan lasta t ex 70 m³ torv. Den kanske kan komma i fråga för kraftverk av högst ca 100 MW effekt. Redan då krävs många bilar (ca 10 st), som måste köra i skytteltrafik, och transportsträckorna blir långa (ca 100 km eller mer), eftersom man måste operera inom ett

stort område för att finna alla de utvinnbara mossar, som behövs för torvproduktionen. Om man skulle tänka sig att tillgodose ett 1 GWe kraftverk med brännertorv, måste man därför utgå ifrån, att transporten sker per järnväg. Till de största torveldade anläggningarna (med ett eller flera block à 200 MW), som finns i Sovjet, sker transporten per järnväg. - Järnvägstransport medför, antingen att stickspår måste anläggas fram till utvinningsplatsens laststationslager, eller att laststationslägret placeras vid järnvägsstationen; annars skulle nämligen en extra omlastning krävas.

Arten av yrkesskador vid järnvägstransport av torv torde i stort sett överensstämma med den vid järnvägstransport av kol (se avsnitt 2.3.1). För ett 1 GWe kraftverk är förhållandet mellan förbrukningen av torv/kol viktmissigt räknat ungefär $5,9:2,3 = 2,7$ och volymmässigt räknat ungefär $22,7:(2,3:1,3) = 12,6$. Efter-som volymförhållandet är avsevärt större än viktförhållandet, erfordras det större antal vagnar och tågsätt per ton km vid transport av torv än kol, vilket måste medföra ett större antal yrkesskador per ton km vid torvtransport. För ungefärlig bedömning antas de dock här vara minst desamma. Den genomsnittliga transportsträcka för torv torde kunna antas vara ca 15 mil och antogs i 2.3.1 för kol vara 50 mil. Detta ger en yrkesskadefaktor torv/kol av $(2,7 \cdot 15):50 = 0,8$. Även om man antar, att faktorn är 1, torde på grund av det ogynnsamma volymförhållandet antalet yrkesskador genom järnvägstransport till ett torveldat kraftverk bli minst lika många som till ett koleldat, vilket från avsnitt 2.3.1, s 41-42 ger följande, räknat per 1 GWe kraftverk och år:

Antal yrkesskador	230
Därav, dödsfall	0,7
, invaliditetsfall	2,5

5.4 ELPRODUKTION

Elproduktionen vid ett torvkraftverk omfattar lagring och förbehandling av torven, energiomvandling - via ångpanna, turbin och generator - samt avfallshantering.

Som förut nämnts lagras torv vid kraftverket i relativt liten mängd i ficka (silo), som i regel motsvarar mindre än ett dygns förbrukning och sällan överstiger tio dygns förbrukning. Den till ångpanneeldningen anslutna förbehandlingen av torven omfattar i regel ett eller flera av följande moment: pneumatisk avskiljning av ev stenar, träbitar och större torvstycken; maskinell blandning av torven för kvalitetsutjämning; malning i kvarn; och torkning genom att torven före inblåsning i eldstaden får passera en ström av heta gaser.

Vid mindre anläggningar, upp till ca 30 MW, är ångpannan i regel utförd för cykloneeldning och ibland för rosteldning. Större ångpannor är utförda med torvpulverbrännare, som har olja (effektandel 5-10 %) som stödbränsle. En sådan brännare fungerar så, att oljan insprutas i eldstaden från brännarens centrum och torvpulvret från en yttre ringformig öppning. Lufttillförseln kan

regleras separat för olja och torv, varigenom variationer i torvens kvalitet kan beaktas. - En annan metod, som kan komma att tillämpas för bl a torveldade ångpannor är förbränning i sk svävbädd (jämför s 47). I Enköping tas under 1977 i drift en anläggning för produktion av fjärrvärme med hetvattenpanna (värmeeffekt 25 MW) utförd för flerbränsleeldning i svävbädd (lågtemperaturbädd, 850°C). Den kommer under en demonstrationsperiod (1978-1980) att eldas med olika slag av bränslen: stenkol, fräst-torv, träflis och högsvavliga återstodsolja (66).

I en ångpanneanläggning för torveldning kan torven under förbehandlingen torka i processkärnen och fuktigt torvdamm kan komma ut i anläggningen och avsättas på heta ytor och torka. Därmed kan explosiva torvluftblandningar uppstå med risker som påminner om dem i en koleldat anläggning. Även i andra avseenden liknar ångproduktionen vid torveldning och koleldning varandra. Samma gäller övriga delen av energiomvandlingen (se avsnitt 2.4.3).

Även avfallshanteringen vid ett torveldat kraftverk påminner till stora delar om den vid ett koleldat verk (se avsnitt 2.4.4). Mängden aska som måste hanteras blir ungefär densamma. I ett 1 GWe koleldat kraftverk, som årligen förbrukar 2,3 miljoner ton stenkol med ca 10 % aska, bildas ca 230 000 ton aska. I ett motsvarande torveldat kraftverk, som årligen skulle förbruka 5,9 miljoner ton bränttorv med 50 % fukthalt och 8 % askhalt i torrsubstansen, skulle bildas ca $0,5 \times 0,08 \times 5,9 \times 10^6 = 236\ 000 \approx 230\ 000$ ton aska. Torvaska torde dock innehålla mindre mängd tungmetaller än kolaska och kan därför väntas medföra mindre problem vid hanteringen. Eftersom torvens svavelhalt är låg (sällan över 0,3 % av torrsubstansen), jämfört med kolets svavelhalt (se s 18) krävs inte heller någon svavelrening i anslutning till energiomvandlingen. Därigenom bortfaller problemet med hanteringen av den stora mängd avfall, som uppstår vid en sådan process (jämför s 50).

Av det sagda framgår, att processerna i ett torveldat kraftverk till övervägande del liknar dem vid ett koleldat verk. Man kan därför vänta sig att risken för yrkesskador och därmed antalet skador vid elproduktion med torv skulle bli ungefär densamma som vid elproduktion med kol (se avsnitt 2.4.5, speciellt s 52). Antalet yrkesskador vid elproduktion med torv i ett 1 GWe kraftverk och räknat per år uppskattas därför här till ungefär följande:

Antal yrkesskador	4
Därav, dödsfall	0,05

5.5 TORVENS RISKER OCH YRKESSKADOR

Användning av torv som energikälla kan väntas medföra låg risk för yrkesskador vid utvinningen. På grund av torvens spridda förekomstssätt, dess låga energiinnehåll per viktenhet och dess låga volymvikt kan man vänta sig en hög yrkesskaderisk vid transport av torv, närmast jämförbar med den för kol. Elproduktion med torv kan väntas medföra ungefär samma risk för yrkesskador

som med kol. Torvens egenskaper är relativt harmlösa från arbetsmiljösynpunkt. Torrt torvdamm i en dammluftblandning kan dock vara explosivt, vilket måste uppmärksammas i samband med elproduktion.

Torvcykelns yrkesskador har här endast mycket grovt kunnat bedömas, eftersom torv f n inte används som energikälla för elproduktion i Sverige och några uppgifter från utlandet om yrkesskador ej kunnat uppbringas. Trots att användning av torv i elproduktion i kondenskraftverk i stor skala är osannolik (se avsnitt 5.1), har för jämförelse med övriga energikällor, yrkesskadorna sökt uppskattas för ett torveldat kondenskraftverk med effekt 1 GWe och räknat per år. Härvid har antagits, att kraftverket, som under normal drift (omfattande 75 % fulldrifttid) producerar 6,6 TWh per år, förbrukar 5,9 miljoner ton bränttorv med en fukthalt av 50 %. Därvid har förutsatts, att bränttorven har ett energiinnehåll av 2,8 MWh/ton (10,1 GJ/ton), varvid ingående vattnets ångbildningsvärme frändragits, och att kraftverkets verkningsgrad är 0,40. Detta ger $6,6 : (0,40 \cdot 2,8 \cdot 10^{-6}) = 5,9$ miljoner ton. Torvcykelns yrkesskador har uppskattats separat för utvinning, transport och elproduktion. I fråga om detaljer hänvisas till berörda avsnitt 5.2, 5.3 och 5.4.

Yrkesskador per år för ett torveldat kondenskraftverk med en effekt av 1 GWe:

Utvinning	
Yrkesskador	20
Därav, dödsfall	0,0
Transport	
Yrkesskador	230
Därav, dödsfall	0,7
Elproduktion	
Yrkesskador	4
Därav, dödsfall	0,05
<u>Torvcykeln, totalt</u>	
Yrkesskador	254
Därav, dödsfall	0,8

Yrkesskadorna vid transport varierar i hög grad med transportsätt och transportlängd. Vid den grova uppskattning, som kunnat göras, har antagits genomsnittligt ca 15 mils järnvägstransport från laststationslager till kraftverket.

Eftersom samtliga processled förutsätts försiggå i Sverige, drabbas samtliga yrkesskador arbetstagare i Sverige.

6.1 ALLMÄNT

Det förefaller vara mycket osannolikt, att skogsprodukter (ved och skogsavfall) skulle kunna användas som energikälla för elproduktion i stor skala. Det framgår av följande redogörelse, som därför är kort. Den grundar sig på uppgifter i (29) och (66-70), och vissa uppgifter som mottagits från skogs- och jordbrukssektionen vid arbetarskyddsstyrelsens tillsynsavdelning.

Av den i Sverige totalt förbrukade primärenergien svarar skogsprodukter numera endast för en ringa del (6-7 %). Skogsprodukterna utnyttjas som energikälla i huvudsak endast inom skogsindustrin, som tar tillvara energiinnehållet i avfallsflutar och i bark och annat avfall vid verkets förädling. Användning av skogsprodukter som energikälla i stor skala begränsas av den stora efterfrågan på dessa produkter som industriråvara för massa, papper och sågade trävaror inom skogsindustrin. Den stora efterfrågan på skogsprodukter som industriråvara väntas medföra, att man även önskar tillvarata grenar och stubbar som industriråvara. Användningen av skogsprodukter som energikälla inskränks sålunda till sådant direkt avfall som skogsindustrin inte kan utnyttja som råvara. Sådan användning måste därför bli marginell (29).

Enligt Holme (67) producerades i Sverige år 1971 minst 20 miljoner m^3 (löskubikmeter) bark och spån, vilket motsvarar en torrsubstansvikt av 2,5 miljoner ton. Denna mängd uppges som bränsle motsvara 800 000 m^3 eldningsolja (EO5) per år, dvs $0,95 \cdot 800 000 \cdot 10^{-6} = 0,76$ miljoner ton eldningsolja; eller ungefär hälften av vad ett 1 GWe kraftverk här tidigare beräknats förbruka per år, nämligen 1,5 miljoner ton. Eftersom denna avkastning av bark och spån dessutom härrör från många, spridda industrianläggningar, kan ett stort kraftverk inte basera sin elproduktion på den. Av (67) framgår dock att de enskilda industrierna i ökad utsträckning borde kunna använda den bark, som de själva producerar, som energikälla. Eftersom den frågan är av marginell betydelse i detta sammanhang behandlas den ej vidare här.

Gustav Sirén, Skogshögskolan i Stockholm, har väckt frågan om användning av vissa snabbväxande träd som energikälla. Av kortfattade referat härom i (69-70) framgår bl a följande. Förfarandet, s k minirotationsskogsbruk (MRS), innebär att vissa av Sveriges våtmarker skulle prepareras för odling av snabbväxande träd, t ex poppel, pil (jolster) eller vissa sälgrarter, beroende på vilket trädslag som är lämpligast för markförhållandena. Ungefär 100 m^3 kortfibrig skogsvedråvara per hektar skulle i bästa fall kunna produceras och detta skulle motsvara ca 20 ton olja. Om 1 miljon ha våtmark utnyttjades, skulle detta motsvara 20 miljoner ton

olja. Efter en etableringsperiod av fyra till fem år skulle träden skördas varje eller vartannat år under kanske 30-50 år. Skörden, den kortfibriga vedråvaran, skulle bestå av fingertjocka grenar. Det medför emellertid stora praktiska svårigheter att hopsamla sådana grenar på ett ekonomiskt sätt. Härför torde krävas stora skördemaskiner, som då måste konstrueras särskilt för detta ändamål. För odlingen krävs dessutom tillskott av näringsämnen i stor mängd, som kan negativt påverka miljön. En sådan odling förbrukar vidare stora mängder vatten, som kanske inte uppvägs av den naturliga tillrinningen. För bedömning av förutsättningarna för ett sådant förfarande skulle stora försöksodlingar behövas, vilka skulle ta lång tid att planera, genomföra och utvärdera. Den arbetsmiljö, som skulle uppstå vid eventuellt bruk av snabbväxande träd som energikälla, är svår att förutse. I fråga om utvinningen görs dock i avsnitt 6.2 en grov jämförelse med normal skogsavverkning.

Av det sagda framgår, att f n endast ved från normalt odlad skog skulle kunna utnyttjas som energikälla för elproduktion i stor skala, men att detta endast kan betraktas som en fiktiv möjlighet. För jämförelse med övriga energikällor görs dock här en ungefärlig bedömning av arbetsmiljön med uppdelning på processleden utvinning, transport och elproduktion.

Ved (brännved) kan antas ha ett energiinnehåll av ungefär 4,5 GJ (1,24 MWh) per m^3 t, dvs travat mått. Fastmasseprocenten brukar enligt (67) antas vara 65 %. Räknat per m^3 sk, dvs skogskubikmeter, skulle det motsvara ett energiinnehåll av ungefär $4,5:0,65 = 6,9$ GJ/ m^3 sk eller $1,24:0,65 = 1,9$ MWh/ m^3 sk. Om ett 1 GWe kraftverk, som under normal drift (omfattande 75 % fulldrifttid) producerar 6,6 TWh per år, skulle baseras på brännved och om det skulle kunna uppnå en verkningsgrad av 0,40, så skulle kraftverket per år förbruka ca $6,6:(0,40 \cdot 1,24 \cdot 10^{-6}) = 13,3$ miljoner m^3 t eller ca $6,6:(0,40 \cdot 1,9 \cdot 10^{-6}) = 8,7$ miljoner m^3 sk brännved. Om veden antas vara lufttorr med 15 % fukthalt och huvudsakligen utgörs av barrved, kan dess densitet antas vara ca 0,5 ton/ m^3 sk, vilket motsvarar en förbrukning per år av ungefär $0,5 \cdot 8,7 = 4,4$ miljoner ton lufttorr brännved. - Yrkesskador från utvinningen (skogsavverkningen) bedöms i avsnitt 6.2 med ledning av antagna förbrukade m^3 sk. För underlättande av de långa transporterna (avsnitt 6.3) och den fortsatta hanteringen vid kraftverket och energiomvandlingen där (avsnitt 6.4), måste antas att veden omvandlas till flis redan vid avverkningsområdenas omlastningsstationer. Detta innebär att under dessa processled (6.3 och 6.4) kommer att hanteras volymer belägna mellan 13,3 och 8,7 miljoner m^3 , förmodligen ca 10 miljoner m^3 flis, som väger ca 4,4 miljoner ton.

6.2 UTVINNING

Utvinningen kan antas omfatta skogsskötsel, skogsavverkning med transport till omlastningsstation inbegripen samt omvandling där av veden till flis. Utvinning av brännved kan antas ske under likartade förhållanden som utvinning av andra skogsråvaror och medföra likartade risker för yrkesskador. Yrkesskaderisken torde helt domineras av den som härrör från skogsavverkningen.

Från (68) har hämtats uppgifter om de i Sverige under åren 1973-1975 inträffade yrkesskadorna i skogsarbete. Ur dessa uppgifter har beräknats genomsnittet per år av yrkesskador under nämnda period. Tabell 6.2:1. Statistiken gäller för skuggningsarbete, dvs fällning, kvistning, kapning, brossling (hopdragning av virket), m m, transportarbete, dvs virkestransport med traktor (häst) och lastning på bil m m samt maskinbarkning, uppberedningsverk, virkesmätning, tillsyn, stämpling, vägarbete och skogsvårdsarbete m m. Den torde alltså täcka allt arbete för utvinning av brännved.

Tabell 6.2:1 Yrkesskador i skogsarbete i Sverige. Från (68)

År	Antal yrkesskador		
	Totalt	Därav	
		Yrkessjukdomar	Dödsfall
1973	5 545	51	10
1974	4 999	59	15
1975	5 441	147	14
-----	-----	-----	-----
Summa	15 985	257	39
-----	-----	-----	-----
Genomsnitt per år	5 328	86	13

Av (68) framgår, att flertalet skador (ca 75 %) inträffar vid huggningsarbete, dvs vid fällning, kvistning, kapning, brossling m m och att av dessa nästan en tredjedel inträffar vid arbete med motorkedjesåg. Yrkesskadorna vid arbete med motorkedjesåg är ofta svåra. Dödsfallen härrör bl a från slag av fallande träd och vid nedtagning av fastfällda träd. - Yrkessjukdomarna utgörs av bl a bullerskador och vibrationsskador. - Någon tendens under senare år till minskning av yrkesskadefrekvensen, dvs antal yrkesskador per 1 miljon arbetstimmar, har inte kunnat skönjas. - För skyddsåtgärder vid skogsarbete har arbetarskyddsstyrelsen utfärdat ett stort antal anvisningar och meddelanden, som rör bl a motorkedjesågar, röjsågar, traktormonterade skogskranar, skotare och lunnare, dvs olika utrustningar för terrängtransport av virke samt anvisningar om trädfällning och virkesmätning m m.

Från skogsstyrelsen har inhämtats uppgift om den totala skogsavverkningen i Sverige per år under åren 1973-1975 (avverknings-säsongerna 1972/73-1974/75) och med ledning därav genomsnittet av avverkningen per år under denna period beräknats till 69,6 miljoner m³sk. Med ledning av samtidigt mottagna uppgifter för samma period om hur stor del av denna avverkning, som härrörde från kronoskogar, stiftsskogar, övriga allmänna skogar, bolags-skogar och skogsägarföreningar, har genomsnittet per år av denna avverkningsandel för samma period beräknats till 35,75 miljoner m³sk, dvs 51 %. Sistnämnda avverkning från kronoskogar etc kan anses ungefär representera sådan avverkning som utförs av arbets-tagare och kan sålunda ställas i relation till det i tabell 6.2:1 angivna genomsnittet av yrkesskador per år. Antal yrkesskador per miljon m³sk utvunnen brännved kan alltså uppskattas till följande:

Antal yrkesskador, totalt per milj. m ³ sk	5328:35,75 = 149
Därav, yrkessjukdomar per milj, m ³ sk	86:35,75 = 2,4
, dödsfall per milj. m ³ sk	13:35,75 = 0,36

För ett 1 GWe kraftverk som per år enligt ovan beräknats förbruka ca 8,7 miljoner m³sk brännved skulle utvinningen av denna ved medföra följande yrkesskador per år.

Antal yrkesskador, totalt	8,7·149 = 1 296
Därav, yrkessjukdomar	8,7·2,4 = 21
, dödsfall	8,7·0,36= 3,1

I detta sammanhang bör observeras att, om snabbväxande skog skulle komma i bruk som energikälla, skulle det bli fråga om en helt annan typ av skogsavverkning än den normala, här antagna. Särskilda maskiner måste konstrueras för skörd av de fingertjocka grenarna. Men rationellt utförda skördemaskiner borde vid användning kunna ge betydligt gynnsammare arbetsförhållanden än normal skogsavverkning. Yrkesskadorna vid en eventuell odling och utvinning av snabbväxande skog skulle därför troligen bli betydligt färre än de ovan uppskattade.

6.3 TRANSPORT

Förutsättningarna för transport av brännvedsflis från omlastningsstationerna till kraftverket torde ungefär motsvara dem som beskrivits för bränntorv i avsnitt 5.3. Kvantiteterna skulle visserligen bli mindre, i synnerhet volymmässigt sett, men transporten av flis skulle, jämfört med transporten av torv, komma att försvåras av att antalet uppsamlingsställen, dvs omlastningsstationerna jämförda med torvens laststationslager, troligen skulle mångfaldigas. Vid omlastningsstationerna, där flistillverkningen tänkts ske, skulle behövas en omfattande lagerhållning av flis för utjämning av transportflödet med hänsyn till att avverkningen skulle bli säsongbetonad. Även i detta avseende är förutsättningarna ungefär desamma som för torv.

Flistransporten måste sålunda, liksom torvtransporten (se avsnitt 5.3) antas komma att ske med järnväg och under ungefär samma förutsättningar som för torv. Även antalet yrkesskador kan därför bedömas bli ungefär desamma i de två fallen. Antal yrkesskador vid transport av brännvedsflis med järnväg uppskattas sålunda till följande, räknat per 1 GWe kraftverk och år.

Antal yrkesskador	230
Därav, dödsfall	0,7
, invaliditetsfall	2,5

6.4 ELPRODUKTION

Elproduktionen vid ett kraftverk baserat på brännvedsflis skulle komma att omfatta lagring och förbehandling av flisen, energiomvandling - via ångpanna, turbin och generator - samt avfallshantering. Förutsättningarna för en sådan elproduktion skulle i stort sett komma att likna dem vid ett torvkraftverk (se avsnitt 5.4). Flisen skulle behöva förbehandlas på ett likartat sätt och måste bli en malas till pulver för eldning med pulverbrännare. Förutsättningarna för eventuell eldning i svävbädd torde vara rätt lika. I ångproduktionsanläggningen måste skyddsåtgärder vidtas mot explosiva luftblandningar av trädam. Även i andra avseenden kan likartade förutsättningar väntas föreligga vid såväl ångproduktionen som energiomvandlingens övriga steg. Någon större skillnad med avseende på avfallshanteringen torde inte heller kunna förväntas. Antalet yrkesskador, jämför avsnitt 5.4, vid elproduktion med brännvedsflis i ett 1 GWe kraftverk och räknat per år uppskattas därför här till ungefär följande.

Antal yrkesskador	4
Därav, dödsfall	0,05

6.5 VEDENS RISKER OCH YRKESKADOR

Användningen av ved som energikälla kan väntas medföra mycket hög risk för yrkesskador och många svåra skador vid utvinningen. Eftersom avverkningsområdena för ved måste bli spridda och eftersom veden har lågt energiinnehåll per viktsenhet och låg volymvikt, kan man vänta sig en hög yrkesskaderisk vid transport av ved, närmast jämförbar med den för torv. Veden har för arbetsmiljön relativt gynnsamma egenskaper, men när den via flis omvandlas till pulver för eldning med pulverbrännare uppstår trädam, som kan bilda explosiva dammluftblandningar, vilket måste uppmärksammas i samband med elproduktion. Elproduktion med ved kan väntas medföra ungefär samma risker för yrkesskador som torv.

Vedcykelns yrkesskador har här endast mycket grovt kunnat bedömas, eftersom ved inte används som energikälla för elproduktion i Sverige. Trots att användning av ved för elproduktion i kondenskraftverk i stor skala är mycket osannolik (se avsnitt 6.1) har, för jämförelse med övriga energikällor, yrkesskadorna sökt uppskattas för ett vedeldat kondenskraftverk med effekt 1 GWe och räknat per år. Härvid har antagits, att kraftverket, som under normal drift (omfattande 75 % fullörlifttid) producerar 6,6 TWh per år, förbrukar 8,7 miljoner m³sk (skogskubikmeter) brännved. Därvid har förutsatts att brännveden har ett energiinnehåll av 6,9 GJ/m³sk (1,9 MWh/m³sk) och att kraftverket skulle kunna uppnå en verkningsgrad vid energiomvandlingen av 0,40. Detta ger $6,6 \cdot (0,40 \cdot 1,9 \cdot 10^{-6}) = 8,7$ miljoner m³sk. Om veden antas vara lufttorr (med 15 % fukthalt) och huvudsakligen utgörs av barrved, kan dess densitet antas vara ca 0,5 ton/m³sk, vilket motsvarar en förbrukning per år av ungefär $0,5 \cdot 8,7 = 4,4$ miljoner ton lufttorr brännved. - Vedcykelns yrkesskador har uppskattats separat för utvinning, transport och elproduktion. I fråga om detaljer hänvisas till berörda avsnitt 6.2, 6.3 och 6.4.

Yrkesskador per år för ett vedeldat kondenskraftverk med en effekt av 1 GWe:

Utvinning		
Yrkesskador	1 296	
Därav, dödsfall	3,1	
Transport		
Yrkesskador	230	
Därav, dödsfall	0,7	
Elproduktion		
Yrkesskador	4	
Därav, dödsfall	0,05	
<u>Vedcykeln, totalt</u>		
Yrkesskador	1 530	
Därav, dödsfall	3,9	

Yrkesskadorna vid utvinning har uppskattats under antagande av normal skogsavverkning. Om snabbväxande skog skulle komma i bruk som energikälla, skulle yrkesskadorna vid utvinning av denna troligen bli betydligt färre. - Yrkesskadorna vid transport varierar i hög grad med transportsätt och transportlängd. Vid den grova uppskattning, som kunnat göras, har antagits genomsnittligt ca 15 mils järnvägstransport från omlastningsstation till kraftverket.

Eftersom samtliga processled förutsätts försiggå i Sverige, drabbas samtliga yrkesskador arbetstagare i Sverige.

7.1 ALLMÄNT

Kärnkraftcykeln omfattar i huvudsak utvinning, isotopanrikning, kärnbränsletillverkning, elproduktion, eventuell upparbetning av använt kärnbränsle samt slutlig förvaring av avfall. Utvinningen omfattar brytning av uranmalm, krossning och eventuell sovring av malmen samt lakning av malmen, extraktion av uran m m ur lakvätskan samt utfällning av en uranprodukt ur extraktionsvätskan. Dessa processer är i regel direkt knutna till gruvdriften. Uranprodukten från lakningsprocessen omvandlas därefter i särskild anläggning till uranhexafluorid, som i regel vid samma anläggning anrikas på U-235. Vid kärnbränsletillverkningen omvandlas uranhexafluoriden till urandioxid och av denna tillverkas bränsleelement. Elproduktion sker i kondenskraftverk, där en reaktor med bränsleelement alstrar ånga, eventuellt via en ånggenerator, som via ångturbiner driver generatorer. Eventuell upparbetning av använt kärnbränsle innebär att viss del av resterande U-235 och U-238 och bildat plutonium tillvaratas innan avfallet förs till slutlig förvaring. I anslutning till de enskilda processleden förekommer viss lagring, transport och avfallshantering. Av de enskilda processleden förekommer i Sverige f n endast kärnbränsletillverkning och elproduktion. Andra processled som aktualiserats i Sverige är uranutvinning, upparbetning av använt kärnbränsle och slutlig förvaring av avfall.

För jämförelse med övriga energikällor har följande redogörelse främst inriktats på en uppskattning av förväntade yrkesskador i kärnkraftcykelns enskilda processled och totalt. I fråga om processbeskrivningar och miljöfaktorer som kan ge upphov till yrkesskador, såväl strålskador som andra, m m hänvisas till Statens strålskyddsinstitutets rapport till energi- och miljökommitten om kärnkraftens hälso- och miljöeffekter. Uranutvinningen beskrivs dock här, i kompletterande syfte, något utförligare. För övriga processled belyses endast några speciella frågor, främst vissa likheter och vissa skillnader mellan kärnkraftverkets och det fossilbränsleeldade kraftverkets arbetsmiljö samt vissa arbetsmiljöfrågor som sammanhänger med slutlig förvaring av högaktivt avfall.

Ett kärnkraftverk antas här ha sin ångproduktion baserad på lättvattenreaktor av typ kokarreaktor (BWR) eller tryckvattenreaktor (PWR). Övriga typer, dvs gaskylda reaktorer, liksom tungvattenreaktorer är ej aktuella i Sverige. Bridreaktorer, som är under utveckling, berörs i avsnitt 7.6 p g a deras koppling till upparbetning av använt kärnbränsle resp slutlig förvaring av avfall.

Liksom för övriga energikällor hänförs här de olika processledens yrkesskador till ett 1 GWe kraftverk under normal drift (omfattande 75 % fulldrifttid). Kraftverket producerar då 6,6 TWh per år. För att försörja ett sådant kraftverk krävs det ca 160 ton naturligt uran per år. Detta motsvarar en årlig brytning av ca 110 000 ton uranmalm med 0,2 % uranhalt eller ca 760 000 ton malm med 0,03 % uranhalt (uranskiffer från Billingen), om man antar, att ca 70 % av uranet kan utvinnas.

Transporterna av de olika processledens uranprodukter mellan kärnkraftcykelns anläggningar medför obetydliga arbetsmiljöproblem, även totalt sett för hela cykeln. Detta beror främst på de små produktmängderna, varav följer få transporter med låg trafikrisk och ringa arbetsinsats. Dessutom krävs under transporterna, redan av andra skäl, rigorösa skyddsåtgärder. Av Wash-1250 (16) framgår, att transporternas bidrag till yrkesskador blir obetydligt vid sidan av det som härrör från den övriga hanteringen i kärnkraftcykeln. Där anges för samtliga transporter, relaterade till ett 1 GWe kraftverk och per år 0,045 yrkesskador, varav 0,002 dödsfall. Detta bidrag har medtagits i sammanfattningen för kärnkraften, avsnitt 7.8.

7.2 UTVINNING

I naturen finns det tre uranisotoper med massstalen 238, 235 och 234, vilka samtliga är radioaktiva och av vilka uran-238 och uran-234 ingår i den s k uranserien, förstnämnda som begynnelseisotop. I de två övriga sönderfallsserier som finns i naturen är uran-235 och torium-232 begynnelseisotoper. Av uranisotoperna dominerar mängdmässigt uran-238 och andelarna av isotoperna 238, 235 och 234 är 99,28 %, 0,71 % respektive 0,0058 %. Uranserien omfattas även bl a av radium, radon (radon-222) och ett antal s k radondöttrar; och slutprodukten utgörs av en stabil blyisotop, bly-206.

Man känner ett 100-tal specifika uranmineral. Det viktigaste och i Sverige vanligaste uranmineralet är uraninit, ett oxidmineral. En variant till uraninit är pechblände. I tucholit är uranoxider blandade med asfaltliknande ämnen. Vid förvittring av de primära oxidmineralen binds uran i uranylkomplex, som jämte andra anjoner och katjoner såsom karbonater, sulfater, fosfater, vanadater mm kan bilda ett stort antal olika mineral, s k sekundära mineral. Exempel på ett sådant är carnotit, kaliumuranylvanadat.

Bland uranförekomster i utlandet kan nämnas: Joachimstal i Tjeckoslovakien med pechblände som malmineral; Witwatersrand i Sydafrika, där guldförande kvarts även innehåller uraninit och tucholit, som kan utvinnas trots den låga uranhalten (ca 0,002 %); vid Great Bear Lake, Lake Athabaska och Blind River i Kanada finns stora uraninit-pechblände förekomster med ca 0,1 % uran; i Colorado, Utah och Arizona, USA, finns ganska stora fyndigheter av uraninit, pechblände och carnotit med 0,2-0,5 % uran; vid Ranger, Nordterritoriet i Australien finns även stora uranmalmsfyndigheter.

I Sverige ingår stora uranmängder i syd- och mellansvenska alun-

skiffrar. Den största kända uranfyndigheten finns vid Ranstad i Billingen-Falbygden i Västergötland. Uranhalten är där ca 0,03 % och mängden uran har uppskattats till ca 300 000 ton. I Lappland undersöks ett antal uranmineraliserade förekomster, bl a en vid Arjeplog. Dess storlek har ännu ej med säkerhet fastställts. Möjligen kan uranmängden uppgå till 1 000-2 000 ton.

Brytningsmetoderna vid uranutvinning varierar med de geologiska betingelserna på platsen, dvs fyndighetens form, läge och stupning och malmens och sidostenens beskaffenhet m m. Många fyndigheter förekommer i sedimentära bergarter med flackt stupande uranförande lager, ibland så nära dagytan att brytning kan ske i dagbrott. I sådana fyndigheter på större djup används brytning i öppna rum, ev med avsättning av pelare och/eller viss igensättning. Med olika uranmineral och uranhalt i malmen samt med olika porositet, sprickighet och vattenföring i malm och sidosten varierar betingelserna för uppkomst av radon i gruvluften. Om malmen är kvartsförande eller sidostenen utgörs av sandsten eller annan kvartsförande bergart, kan gruvluften förorenas av kvartsdamm. Alla dessa faktorer påverkar sålunda risken för uppkomst av yrkesskador vid brytning av uranmalm, om inte adekvata skyddsåtgärder vidtas. En lägre risk för yrkesskador kan förväntas vid brytning i dagbrott än under jord. - Processerna för malmbehandlingen vid gruvan varierar med malmens beskaffenhet (malmineralen, uranhalt m m) och de produkter, förutom uran, som utvinns.

Urantillgångarna vid Ranstad är som förut nämnts mycket stora. Förutsättningarna för exploatering av denna fyndighet har undersökts mycket ingående. Undersökningarna är i vissa avseenden nästan avslutade och tyder på att fyndigheten är brytvärd. Av dessa skäl begränsas beskrivningen om uranutvinningen i det följande till vissa projekterade utvinningsalternativ för Ranstad på grundval av uppgifter, som erhållits från "Projektet Ranstad 75".

Alunskiffern vid Ranstad utgörs av ett nästan horisontellt ca 23 m mäktigt lager. Den över- och underlagras närmast av kalksten (43 m) resp sandsten (32 m). Alunskiffer är en lerskiffer med hög halt av organiskt material och hög svavelhalt. Svavlet härrör främst från pyrit. I underordnad utsträckning förekommer även organiskt bundet svavel och eventuellt även i vissa sulfatmineral, bl a alunit. Alunskiffern innehåller även linser av sk orsten, som består av en bitumenrik skifferkärna omgiven av ett tjockt lager kalksten. Under alunskiffers översta del, den sk toppskiffern (ca 3 m), finns en uranrik zon (ca 3,6 m), som anses brytvärd och i genomsnitt håller ca 0,03 % uran. I denna malm ingår, förutom lerskiffern, tre band av orstenslinser (tak-, mellan- och bottenorsten) samt mindre ränder av sk kolm, ett slags stenkol. Kolmen är uranrikast och kan ha en uranhalt av ca 0,3 %. Malmen (liksom alunskiffern) innehåller kvarts, men kvartshalten är rätt låg, ca 10-15 %. De beståndsdelar i malmen, förutom uran, som anses kunna komma i fråga för utvinning, är aluminium, kalium, magnesium, fosfor, svavel, vanadin, molybden och nickel samt det organiska materialet (kol och bitumen).

Malmen, liksom omgivande alunskiffer och gruvvattnet, avger rätt små mängder radon, som härrör från sönderfall av radium i uran-serien. Detta beror på att uranhalt i alunskiffern är låg och att skiffern är mycket tät och sålunda ger en låg diffusionshastighet, vilket även begränsar gruvvattnets mängd och radonhalt.

Utförda, begränsade mätningar i den planerade underjordsgruvan antyder (71) en utläckning av radon från gruvväggarna om 0,1-0,2 pCi per m² och s. I ogymsammaste fall, dvs sedan jämviktstillstånd inträtt i ett helt oventilerat utrymme, skulle visserligen det grundvärde kunna komma att överskridas, som enligt arbetarskyddsstyrelsens radonanvisningar (nr 82) skall tillämpas vid planering av åtgärder. Som grundvärde gäller en radondotterhalt av 30 pCi/l, vilket, beroende på dosfaktorn, dvs förhållandet mellan kortlivade radondöttrar och radon, motsvarar en radonhalt av 30-60 pCi/l. Emellertid krävs av andra skäl (se nedan) en ventilation i gruvan, som kommer att medföra, att detta grundvärde avsevärt underskrides. Vidare har genom mätningar och beräkningar påvisats (72), att förorening av radon i gruvans tilluft genom läckage från fria bergytor i tilluftkanaler kan förväntas bli försumbart (radonhalt, lägre än 0,5 pCi/l). Den högsta radonhalt, 10 pCi/l, som uppges hittills ha uppmätts i gruvan under jord, var i ett oventilerat utrymme (pumphum).

Vid malmens bearbetning i form av krossning, siktning och lakning kan radon avgå. De mätningar, som gjorts på arbetsplatserna, visar enligt (71) låga värden, mellan 1-3 pCi/l. Eftersom produktion av urankoncentratet avses ske i slutna processer anses inte heller denna medföra några problem. Radonavgången från koncentrationen blir försumbar, eftersom radiumhalt i denna produkt ej kunnat påvisas. - Huvudparten av malmens innehåll av radium stannar i lakresten vid lakning, lakrestupplaget kan därför avge radon. Mätningar utförda på jordtäckt lakrest visar dock en lägre radonavgång än mätningar utförda på markytor i Ranstadsverkets omgivning, som ej berörts av gruvhantering eller lakrestdeponering; 0,005-0,01 jämfört med 0,01-0,3 pCi per m² och s (71). Vidare har luftprover tagna över täckt lakrest visat låg radonhalt, lägre än 1 pCi/l. - Även den externa strålning från gruvväggar, urankoncentrat och lakrest, som uranet kan ge upphov till, har undersökts, men anses ge ur arbetsmiljösynpunkt försumbara bidrag (71). - De radiologiska arbetsmiljöproblemen i Ranstad kan därför totalt sett förväntas bli små och relativt enkla att åtgärda. I fråga om gryvbrytningen förväntas gynnsamma betingelser i dessa avseenden inte bara jämfört med andra urangruvor utan även jämfört med åtskilliga svenska icke-urangruvor.

Malmen (alunskiffern) för metan, som dock ej står under övertryck. Men den frigörs i stor mängd vid borrhning och krossning. Omedelbart efter borrhning har i borrhål uppmätts mer än 14 volymprocent i luften. Om ventilationen under jord är avstängd uppstår risk för hög metanhalt i gruvluften. Upp till 4 % har uppmätts. Detta kan jämföras med de tidigare omnämnda (s 24) undre och övre brännbarhetsgränserna för metan, 5 resp 15 %. Förekomsten av metan har visat sig vara den faktor, som avgör gruvans ventilationsbehov. Som följd därav kommer övriga luftföroreningar (dieselavgaser, spränggaser, radon, damm) att hållas på en godtagbar, låg nivå. Förekomsten av metan medför att andra, speciella skyddsåtgärder även måste vidtas. Dessa berör arbetsmetoder, utrustning och materiel, ordningsregler m m. Av dessa skäl har Projekt Ranstad 1975 konsulterat ett västtyskt företag, Montan-Consulting GMBH (MC), som är specialist på metanfrågor i gruvor. Projektet avser utarbeta anvisningar om skyddsåtgärder mot metan vid Ranstad, varvid hänsyn tas till främst västtyska regler för kolgruvdrift. Därmed uppfylls väl ILO:s code of practice "Prevention of accidents due to explosions underground in coal mines".

Eftersom malmdammet kunde tänkas bilda en explosiv dammluftblandning har projektet undersökt även denna fråga. Även härför anlitades nämnda västtyska företag (MC). Rapporten härom (73) visar att en dammluftblandning av malmdammet ej är explosiv. I en dammluftblandning, som samtidigt innehåller en halt av 2 volymprocent metan eller mer kan dock dammet bli explosivt och explosionen fortplanta sig. Även vid så hög metanhalt kan dock dammet inte bli explosivt såvida inte dammhalten i luften samtidigt överstiger 200 g/m³. Detta skulle innebära en 20 000 gånger högre dammhalt än den som anges som hygieniskt gränsvärde för inert mineraliskt damm (10 mg/m³) i arbetarskyddsstyrelsens anvisningar om hygieniska gränsvärden (nr 100/1974). Även ett lokalt, tillfälligt sådant överskridande av dammhalten kan anses osannolikt. Explosionsrisken i en kolgruva, som både är metanförande och ger explosivt damm, är avsevärt större än i Ranstad, ty i kolgruvan kan en mycket begränsad, lokal ansamling av metan, som initieras, ge upphov till en koldammsexplosion över hela gruvan, om inte adekvata skyddsåtgärder vidtagits (se s 24-26). Uppenbart är dock att metanhalten i gruvluften och i anläggningar ovan jord i Ranstad måste hållas avsevärt under 2 volymprocent. I arbetarskyddsstyrelsens berganvisningar (nr 67/1969) anges att åtgärder för att bortskaffa metan skall vidtas, om halten överstiger 0,25 volymprocent i luften. Dessutom bör gruvan utrymmas i samband med sprängning, och skottlossning bör sålunda ske ovan jord.

För uranutvinning i Ranstad avser Projekt Ranstad 1975 framlägga tre alternativ av huvudsakligen följande innehåll:

Alt. 1	Malmbrytning, milj. ton/år	6
	Därav, i dagbrott	2
	, i gruva u j	4
	Produktion, uran, ton/år	1 275
Alt..2	Malmbrytning, milj. ton/år	3
	Därav, i dagbrott	2
	, i gruva u j	1
	Produktion, uran, ton/år	625
Alt. 3	Malmbrytning, milj. ton/år	1
	Därav, i dagbrott	1
	Produktion, uran, ton/år	200

Dessutom beräknas som biprodukter erhållas vissa kvantiteter näringsalter, molybdtrioxid, natriumsulfat och kalkstensmjöl.

Dagbrytningen omfattar i huvudsak jordavrymning med släpskopermaskiner, sprängning och avrymning av överlagrande berg samt sprängning av malm och lastning och transport av denna med grävskopor och truckar. Dagbrottet fylls sedan successivt med lakresterna, dvs det fasta avfallet från lakningsprocessen, sedan dessa uppblandats med finmalen kalksten för att neutralisera svavelsyrarester och hindra bildning av järnsulfat ur kvarvarande pyrit. Avfallet packas successivt under utläggningen och täcks med packade lager av kalksten och morän samt däröver matjord som besås.

Underjordsbrytningen avses ske i enheter av 200·200 m i ett ort-

pelarsystem med i huvudsak 5·5 m pelare, och ortbredd och ort-höjd 5 resp 3,6 m. Varje brytningsenhet förses med en 9,7 m bred transportort, som även fungerar som tilluftsort, samt en 8 m bred fränluftsort. Dimensioneringen har skett med ledning av resultat av omfattande provningar av malmens och sidostenens hållfasthet och med ledning därav utförda bergmekaniska beräkningar. Vidare har kontrollerats att fria utrymmet i orterna, med hänsyn till använda lastmaskiner, och transportfordon, uppfyller kraven i arbetarskyddsstyrelsens berganvisningar. Normalt anses endast breda orter med lång livslängd behöva förstärkas, vilket avses ske med bergbultning och/eller sprutbetong. Borrning avses ske med hydrauldrivna aggregat, som förbättrar arbetsmiljön främst genom minskat buller från bormaskinerna. På grund av förekomsten av metan kommer bl a sprängkapslar med kopparhylsor, i stället för aluminiumhylsor att användas, och all skottlösning avses ske från skjutstationer ovan jord sedan gruvan utrymts. Lastning och transport avses ske med dieseldrivna hjullastare och truckar. Gruvan har f n en transportled mellan dagbrott och grovkrossstation under jord. Denna led utgörs av två parallella, nästan horisontella tunnlar, 5,6 m breda och 6 m höga, skilda av en 6 m bred pelare med genomslag på var 100:de meter och med ett par ventilationsschakt till dagen. Dessutom finns en snedbana mot verket. Fyra snedbanor för tilluft och fyra vertikala ventilationsschakt avses successivt ytterligare anläggas. Härigenom torde även behovet av utrymningsvägar komma att bli tillgodosett. - Från uranextraktionen erhålls som avfall ett neutraliserat slam med ca 35 % fasta beståndsdelar, vilka huvudsakligen utgörs av gips och järn(III)hydroxidoxid. Detta slam avses pumpas in i utbrutna områden i gruvan för deponering.

Malmbehandlingen avses i huvudsak bli följande, enligt en beskrivning av Anderesson och Olsson (74). Efter grovkrossning i en spindelkross under jord och bandtransport till ficka ovan jord sovrans malmen i en s k sjunkflytanläggning med magnetit-vattensuspension och befrias då från den kalksten som finns i orstenen. Flytprodukten (den anrikade malmen) krossas i hammarkvarnar och slagkrossar och siktas till gods finare än 2 mm, som trumlas med svavelsyra. Även damm från krossning och siktning, som fålls ut på elektrofilter, ca 10 % av totala produktionen, tas tillvara. Det får passera en vindsikt och det grova dammet (>60 µm) från denna trumlas också med svavelsyra; det fina dammet agglomereras på rulltallrikar till ca 10 mm kulor med svavelsyra som bindemedel och dessa kulor matas in i huvudflödet efter syratrumlingen. Malmen är nu preparerad för lakning och lagras i ett öppet lager. Uranet utvinns sedan ur malmen genom motströms perkolationslakning med utspädd svavelsyra vid en temperatur av 60°C, lakningstid 6 dygn. Detta sker i stora laksumpar, placerade utomhus med övre delen i markhöjd, och täckta med hjulförsedda luckor. Uranet extraheras sedan ur laklösningen med hjälp av en organisk vätska, som utgör en blandning av en tertiär amin (R_3N , där $R = C_nH_{2n+1}$ och $n = 8-10$), dodekanol (eller isopropanol) och en speciell fotogen med hög flampunkt (högre än 60°C). Genom tillsats av natriumkarbonat till den organiska vätskan överförs uranet därefter åter till vattenlösning som ett karbonatkomplex. Genom tillsats av natriumhydroxid till urankarbonatlösningen fålls sedan natriumuranat ut, vilket utgör slutprodukten. - Förbrukningen av svavelsyra avses bli tillgodosedd genom en svavelsyraanläggning på platsen, där tillverkningen avses ske genom förbränning av elementärt svavel.

Vid malmbehandlingen måste speciellt vissa kemiska miljöfaktorer uppmärksammas. Krossning, siktning och sovring måste sålunda ske under sådana betingelser att explosiva luftblandningar med metan eller metan och damm inte uppstår eller initieras. Skyddsåtgärder mot olycksfall och ohälsa måste vidtas vid hantering av frätande och/eller toxiska ämnen såsom svavelsyra, natriumhydroxid, den tertiära aminen och natriumuranat. Bl a bör märkas att uranatdamm torde vara starkt toxiskt. The American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) anger i sin TLV-lista 1975 som hygieniskt gränsvärde för lösliga och olösliga föreningar av uran, $0,2 \text{ mg/m}^3$, räknat som uran. I svavelsyraanläggningen måste skyddsåtgärder vidtas mot uppkomst och initiering av explosiva svaveldammluftblandningar.

Uranutvinning i Ranstad kan i sammanfattning väntas ge en rätt gynnsam arbetsmiljö jämfört med andra urangruvor och torde till stor del komma att likna den arbetsmiljö som förekommer vid svenska malmgruvor. Detta gäller särskilt brytning, krossning, siktning och sovring. Laknings- och extraktionsprocesserna finns ingen direkt motsvarighet till, men även vid t ex flotationsanrikning används åtskilliga kemikalier. Även serviceverksamheten, t ex verkstadsarbetet, torde bli rätt likartad. Yrkeskadebelastningen kan därför väntas bli ungefär densamma som vid svenska malmgruvor. Mot denna bakgrund uppskattas här de förväntade yrkesskadorna vid Ranstad för de tre förut nämnda utvinningsalternativen enligt följande.

Som utgångspunkt har använts mottagna uppgifter från Projekt Ranstad 1975 i fråga om personalsammansättning och mantimmar per år för de tre alternativen, sammanfattade i tabell 7.2:1.

Uppskattningen av yrkesskador har sedan baserats på, vad gäller driftskedet, inom Svenska Gruvföreningen utarbetad yrkesskadestatistik vid svenska malmgruvor för åren 1973-1975 (75) samt, vad gäller anläggningsskedet, av riksförsäkringsverket i publikationen Yrkesskador 1973 (3) lämnade uppgifter om yrkesskador inom byggnadsindustrin detta år. Använda data från Gruvföreningens yrkesskadestatistik har sammanställts i tabell 7.2:2.

Av riksförsäkringsverkets nämnda statistik framgår, att under 1973 var, inom byggnadsindustrin och räknat per en miljon arbetstimmar, antalet yrkesskador 28,3, antalet invaliditetsfall 0,61 och antalet dödsfall 0,06. Med hjälp av dessa data och uppgifterna i tabellerna 7.2:1 och 7.2:2 har antalet yrkesskador per år för de tre utvinningsalternativen beräknats. Med ledning av uran-utvinningen per år för de olika alternativen och med antagandet, att för ett 1 GWe kraftverk per år krävs 160 ton naturligt uran har yrkesskadorna för ett sådant kraftverk beräknats. Se tabell 7.2:3.

Som jämförelse kan nämnas, att Comar och Sagan (22) vid genomgång av fyra litteraturkällor funnit följande lägsta och högsta värden för yrkesskador vid uranutvinning, räknat för ett 1 GWe kraftverk och per år:

Yrkesskador	1,8 -10,0
Därav, dödsfall	0,05- 0,2

Tabell 7.2:1 Personal och mantimmar för tre uranutvinningsalternativ vid Ranstad

Personal och mantimmar	Alt. 1	Alt. 2	Alt. 3
per år för företag och	Malmbrytning, milj, ton/år		
entreprenörer under	6(2 oj+4 uj)	3(2 oj+1 uj)	1 (oj)
anläggningsskedet	Uranproduktion, ton/år		
och driftsskedet ¹⁾	1275	625	200
<u>Anläggningsskede</u>			
(ca 3 år, enbart			
entreprenörer)			
Personal ²⁾	2200	1200	300
Milj. mantim./år	4,063	2,216	0,554

<u>Driftsskede</u>			
(25 år, företag och			
entreprenörer)			
<u>Företag</u>			
Personal ³⁾	902	601	269
Därav, gruva uj	178	60	-
gruva oj	160	160	68
mineralberedning	211	158	97
service o under-			
håll	337	207	74
forskn. o ut-			
veckl.	16	16	30
Milj. mantim./år, oj	1,337	1,001	0,497
, uj	0,288	0,097	-
<u>Entreprenörer</u>			
Personal ²⁾	100	60	30
Milj. mantim./år, oj	0,185	0,111	0,055
<u>Företag och entreprenörer</u>			
Personal	1002	661	299
Milj. mantim./år, oj	1,522	1,112	0,552
, uj	0,288	0,097	-

1) Inbegriper arbetsledare och tjänstemän

2) 1- och 2-skift à 1847 h/år.

3) 1- och 2-skift à 1847 h/år. I gruva uj dock 2-skift à 1616 h/år och för viss del av mineralberedning kontinuerlig 3-skift à 1616 h/år.

Tabell 7.2:2 Yrkesskador vid svenska malmgruvor under åren 1973-1975. Från (75)

Totalt för perioden 1973-1975 ¹⁾	Yrkesskador		Milj. arbets-timmar		Yrkesskador per milj. arb. tim	
	ovan jord	under jord	ovan jord	under jord	ovan jord	under jord
Samtliga	1629	2381	39,767	26,547	40,96	89,69
Därav dödsfall	7	9			0,18	0,34
2) ,invaliditetsfall	52	127			1,56	4,78
3) därav yrkessjukd.	41 ⁴⁾	80 ⁵⁾			1,03	3,01

Antal sjukdagar per olycksfall: oj 16,8; uj 23,4

- 1) Inbegriper arbetsledare och tjänstemän; men ej entreprenörer
- 2) Avser under perioden fastställda invaliditetsfall
- 3) Flertalet ådragna genom flera decenniers exposition
- 4) Därav 40 hörselskador
- 5) Därav 64 hörselskador, 10 stendamlunga och 5 lungcancer (radon); sistnämnda uppskattade för perioden med ledning av viss eftergranskning av tidigare inträffade fall.

Beräkningen för Ranstad torde vara säkrare underbyggd och synes mer relevant. I sammanfattningen över kärnkraftens risker och yrkesskador (avsnitt 7.8) har därför tabell 7.2:3 utnyttjats och värdena för Alt. 1 valts.

Som tidigare nämnts avses förutom uran, många andra produkter samtidigt utvinns. Av det totala produktvärdet har uranvärdet preliminärt bedömts utgöra ungefär 1/3. Uranutvinningen borde därför egentligen belastas med endast ca 1/3 av de yrkesskador, som uppskattats enligt tabell 7.2:3. Eftersom nämnda relationstal är osäkert, har dock här uranutvinningen antagits belasta hela verksamheten.

Tabell 7.2:3 Yrkesskador för tre uranutvinningsalternativ vid Ranstad

Underlag: tabellerna 7.2:1 och 7.2:2; samt för anläggningsskedet, frekvenser för byggnadsindustrin enligt riksförsäkringsverket, se text	Alt. 1	Alt. 2	Alt. 3
	<u>Malmbrytning, milj. ton/år</u>		
	6(2 oj+4 uj)	3(2 oj+1 uj)	1 (oj)
	<u>Uranproduktion, ton/år</u>		
	1275	625	200
<u>Yrkesskador/år</u>			
<u>Anläggningsskede¹⁾</u>			
Samtliga	13,80	7,53	1,88
Därav, dödsfall	0,03	0,02	0,00
, invaliditetsfall	0,30	0,16	0,04
<u>Driftsskede²⁾</u>			
Samtliga	88,17	54,25	22,61
Därav, dödsfall	0,37	0,23	0,10
, invaliditetsfall	3,75	2,19	0,86
<u>Anläggningsskede+driftsskede³⁾</u>			
Samtliga	101,97	61,78	24,49
Därav, dödsfall	0,40	0,25	0,10
, invaliditetsfall	4,05	2,35	0,90

<u>Yrkesskador per 1 GWe</u>			
<u>Kraftverk och år⁴⁾</u>			
Samtliga	13	16	20
Därav, dödsfall	0,05	0,06	0,08
, invaliditetsfall	0,51	0,60	0,72

1) Beräkningsexempel, fallet samtliga, Alt. 1:
 $(3 \cdot 28,3 + 4,063) : 25 = 13,80$

2) Beräkningsexempel, fallet samtliga, Alt. 1:
 $1,522 \cdot 40,96 + 0,288 \cdot 89,69 = 88,17$

3) Beräkningsexempel, fallet samtliga, Alt. 1:
 $13,80 + 88,17 = 101,97$

4) Beräkningsexempel, fallet samtliga, Alt. 1:
 $101,97 \cdot (160:1275) = 13$. - För Alt. 2 och 3 blir omräkningsfaktorn $(160:625)$ resp $(160:200)$

7.3 ANRIKNING

Med anrikning av uran avses en isotopanrikning, där det naturliga uranets halt av uran-235 (ca 0,7 %) ökas. En tryckvattenreaktor kräver en halt av 3,2 % uran-235 och en kokarreaktor 2,6 %. Anrikningen av det från gruvan utvunna urankoncentratet omfattar flera steg och har i huvudsak följande förlopp.

(1) Koncentratet befrias från föroreningar, t ex bor och kadmium och element som kan bilda flyktiga fluorider, och överförs till urantrioxid. - Detta sker genom upplösning i salpetersyra, filtrering av erhållen uranyl-nitratlösning, extraktion med en lösning av tributylfosfat i fotogen och termisk spjälkning av uranyl-nitratet vid 300-350°C, varvid urantrioxid erhålles.

(2) Urantrioxiden omvandlas till urantetrafluorid. - Detta sker i två etapper. Först reduceras trioxiden till dioxid vid 500°C i en väte/kvävgasblandning. Sedan får dioxiden reagera med fluorvätesyra, vilket ger urantetrafluorid.

(3) Urantetrafluoriden omvandlas till uranhexafluorid. - Detta sker med hjälp av fluor. Reaktionen är starkt exotermisk och processen utförs i en inert bädd av kalciumfluoridpulver och hålls genom kylning vid en konstant temperatur (450-475°C). Fluor tillverkas ofta på platsen genom elektrolys av en smälta av ett kalciumfluorvätesalt.

(4) Uranhexafluoriden anrikas på uran-235. - Detta sker genom diffusion eller centrifugering av förgasad fluorid. Molekyler med uran-235 är lättare än molekyler med uran-238 och har därför högre diffusionshastighet och påverkas mindre av centrifugalkraften. - Den på uran-235 utarmade fraktionen lagras tills vidare för eventuell användning i framtida brytare.

Anrikning av uran förekommer ej i Sverige. Anrikad uranhexafluorid importerar man från Förenta Staterna. Med centrifugemetoden anses en anrikningsanläggning med kapacitet anpassad till svenskt behov ekonomiskt genomförbar.

Vid de processer (1) - (4) ovan, som är knutna till anrikning av uran, anses strålriskerna vara obetydliga. Arbetsmiljön kommer därför, liksom vid annan kemisk industri, främst att påverkas av kemiska faktorer. Skyddsåtgärder måste sålunda vidtas mot kontakt med frätande och/eller toxiska ämnen såsom fluor, fluorväte, fluorider, salpetersyra och tributylfosfat samt särskilt de aktuella uranföreningarna, dvs fluoriderna, nitratet och oxiderna. Processkärl etc måste vara korrosionsbeständiga vid process-temperaturerna för de aktuella starkt reaktiva ämnen som förekommer, särskilt fluor, fluorväte och uranhexafluorid. Hexafluoriden får inte heller komma i kontakt med vatten eller fuktig luft, som den reagerar häftigt med.

Processerna för anrikning av uran är dock i huvudsak slutna och till stor del fjärrstyrda, vilket torde begränsa riskerna för yrkesskador till främst sådana tillfällen då ingrepp måste göras i processutrustning för kontroll, besiktning, underhåll och reparation.

Yrkesskador vid anrikning av uran kan här endast bedömas med led-

ning av undersökningar i utlandet. Yrkesskadorna vid detta processled är i tillgänglig litteratur endast preciserade i Wash-1250 (16). De är relaterade till ett 1 GWe kärnkraftverk och räknade per år. Yrkesskadorna vid omvandlingen (till hexafluorid) och själva isotopanrikningen är åtskilda. De är även åtskilda för kraftverk baserat på tryckvattenreaktor och kokarreaktor, men värdena för dessa skiljer sig obetydligt från varandra, varför nedan endast medelvärdet angetts. Se tabell 7.3:1.

Tabell 7.3:1 Yrkesskador vid anrikning av uran, relaterade till ett 1 GWe kraftverk och räknade per år. Från (16)

Verksamhet	Antal yrkesskador		
	Dödsfall	Övriga	Summa
Omvandl. till uranhexafluorid	0,0003	0,027	0,027
Isotopanrikning, separat	0,001	0,17	0,171
-----	-----	-----	-----
Summa	0,001	0,197	0,198

I avrundade siffror kan sålunda anrikning av uran, totalt, väntas medföra 0,2 yrkesskador, varav 0,001 dödsfall, räknat per 1 GWe kraftverk och per år.

7.4 KÄRNBRÄNSLETILLVERKNING

Här redogörs för tillverkning av bränsleelement med sådant kärnbränsle, som används i lättvattenreaktorer, dvs i Sverige aktuella reaktorer. Kärnbränsle och bränsleelement för lättvattenreaktorer tillverkas i Sverige av AB ASEA-ATOM vid en anläggning i Västerås. Bränsleråvaran utgörs av anrikningsprodukten, uranhexafluorid. Tillverkningen omfattar flera steg och har i huvudsak följande förlopp.

(1) Omvandling av uranhexafluorid till urandioxid. - Mottagna transportbehållare med fluorid förs in i tryckkärl och ansluts med rörledning till ett reaktionskärl med vatten. Behållaren i tryckkärlet upphettas med vattenånga, varvid fluoriden förgasas och överförs vid ca 100°C till reaktionskärlet, som samtidigt försätts med koldioxid och ammoniak. Under intim blandning av dessa gaser i vattnet utfälls ammoniumuranylkarbonat och samtidigt bildas i vattnet löst ammoniumfluorid. Efter filtrering på roterande filter tvättas fällningen med en karbonatlösning och torkas med metanol. Det torkade ammoniumuranylkarbonatet får sedan, upphettad i svävbäddsugn, reagera med väte, kväve och vattenånga, varvid urandioxid bildas som ett fint pulver. Detta överförs i ännu ett kärl, där urandioxiden stabiliseras med hjälp av kvävgas och luft. Från olika tillverkningssatser utvunnen urandioxid homogeniseras sedan.

(2) Tillverkning av kutsar av urandioxid. - Det fina pulvret av urandioxid pressas vid ett tryck av 300-500 MPa till kutsar, dvs

små cylindrar. Dessa sintras i ugn med vätgasatmosfär vid en temperatur av ca 1 700°C. De sintrade kutsarna slipas till avsedd dimension (diameter och höjd ca en cm), varefter de rengörs, torkas och kontrolleras med avseende på dimension, vikt och fuktinnehåll.

(3) Tillverkning av bränslestavar. - En bränslestav består av ett förslutet rör av en zirkoniumlegering (zirkaloy), som innehåller kutsar hoppressade av en fjäder i ena änden och med resterande tomrum fyllt av helium. Den tillverkas under omfattande, successiv materialkontroll i huvudsak enligt följande: en bottenplugg svetsas till röret; detta fylls med kutsar och förses med fjäder; en toppplugg svetsas till röret; det förslutna röret evakueras genom ett hål i topppluggen, återfylls med torr heliumgas och hålet tätas.

(4) Hopsättning av bränsleelement. - Bränslestavar sammanfogas i grupper om 64 stavar till bränsleelement (bränslepatroner) med hjälp av förbindningsdetaljer, som tillverkats genom maskinbearbetning, svetsning m m.

Vid anläggningen i Västerås tillverkas av en zirkoniumlegering (zirkaloy-4) även boxar till kokarreaktorernas bränsleelement. Vid montering av reaktorkärnen förs bränsleelementen ned i dessa boxar, som har till uppgift att styra vattencirkulationen i kärnen. Vidare tillverkas styrestavar och drivanordningar till dessa. En styrestav består av fyra korsformigt hopsvetsade plattor av rostfritt stål. Plattorna är uppborrade med en serie tätt placerade, horisontella hål, som fyllts med borkarbid. - Styrestavarna används för långsiktig styrning av neutronflödestätheten i reaktorn. Genom höjning och sänkning av stavarna absorberar borkarbidet varierande mängd neutroner. Drivanordningen till en styrestav utgörs huvudsakligen av en elmotor, som via en mutter och en lång skruv överför rörelsen till staven. För snabbavstängning av reaktorn har styrestavarna dessutom ett av skruvmekanism oberoende hydrauliskt rörelsesystem.

Av ovanstående beskrivning framgår, att tillverkningen av bränsleelement och tillhörande detaljer till stor del utgörs av maskinell bearbetning och svetsning m m av konventionell art. I processerna för tillverkning av urandioxiden och för tillverkning av kutsarna måste dock speciella slag av skyddsåtgärder vidtas med avseende på hanteringen av uranföreningarna (hexafluoriden, karbonatet och dioxiden). Dessa åtgärder rör, förutom kriticitetskydd och strålskydd, även skydd mot ohälsa genom kemisk påverkan, eftersom ämnena även anses vara starkt toxiska (jämför s 130). De gäller bl a skydd mot inandning av urandioxidamm vid kutstillverkningen, t ex vid slipning av kutsarna. Även andra hälsofarliga ämnen, som är knutna till urandioxidtillverkningen, t ex ammoniak och metanol, måste hållas under kontroll. Vidare krävs skyddsåtgärder mot uppkomst av explosiva väteluftblandningar vid de processer där vätgas används, dvs vid framställningen av urandioxiden och sintringen av kutsarna.

Från AB ASEA-ATOM har mottagits uppgifter om vid bränslefabriken i Västerås inträffade yrkesskador under åren 1974, 1975 och 1976 samt under samma år levererade kvantiteter reaktorbränsle räknat som uran. Dessa uppgifter har sammanställts för perioden i fråga i tabell 7.4:1, där dock, liksom för andra energikällor, färd-

olycksfall ej medtagits. Med ledning därav har även antal yrkesskador per 1 GWe kraftverk och per år beräknats, varvid antagits att ett sådant verk per år kräver en bränsleförsörjning av 30 ton, räknat som uran. Se tabellen.

Tabell 7.4:1 Yrkesskador vid kärnbränsletillverkning. Beräknade med ledning av uppgifter från AB ASEA-ATOM för bränslefabriken i Västerås och perioden 1973-1975. Färdolycksfall ej inräknade.

Yrkesskador, totalt	23
Därav, dödsfall	0
, invaliditetsfall	0
, strålskador	0

Arbetade timmar	755090
Förlorade arbetstimmar	3043
Yrkesskador per milj. arbetstimmar	30 ¹⁾
Förlorade arbetsdagar per yrkesskada	17 ²⁾

Levererat reaktorbränsle, ton uran	222
Yrkesskador per 1 GWe kraftverk och år	
Totalt	3 ³⁾
Därav, dödsfall	0,00
, invaliditetsfall	0,00

$$1) (23 \cdot 10^6) : 755090 = 30$$

$$2) 3043 : (8 \cdot 23) = 17$$

$$3) (23 \cdot 30) : 222 = 3$$

Som jämförelse kan nämnas att i Wash-1250 (16) uppges vid kärnbränsletillverkning antal yrkesskador för ett 1 GWe kraftverk och per år vara 0,3, varav 0,0005 dödsfall.

I sammanfattningen över kärnkraftens risker och yrkesskador (avsnitt 7.8) har värdena i tabell 7.4:1 utnyttjats, eftersom de anger förhållandena för Sverige och torde vara säkrare underbyggda.

7.5 ELPRODUKTION

I Statens strålskyddsinstitutets rapport till energi- och miljökommittén om kärnkraftens hälso- och miljöeffekter beskrivs processerna vid elproduktion, miljöfaktorer, som kan ge upphov till yrkesskador, främst strålskador, samt katastrofrisker. Här kompletteras bilden av arbetsmiljön. Vidare berörs vissa likheter och skillnader mellan kärnkraftverk och fossilbränsleeldade kraftverk. Därefter följer en uppskattning av förväntade yrkesskador vid elproduktion för ett kärnkraftverk.

Den mest påtagliga skillnaden mellan ett kärnkraftverk och ett fossileldat kraftverk är bränslets art och därmed sättet för ångproduktion. Den mest påtagliga likheten är att elproduktionen baseras på ånga för drift av generatorer via ångturbiner, med lågtrycksdel och kondensator som sista steg. I fråga om bränslet observeras främst skillnaden mellan hantering av å ena sidan relativt små kvantiteter radioaktivt bränsle, som kan ge upphov till strålskador, å andra sidan mycket stora kvantiteter fossilt bränsle, som kan ge upphov till brand och/eller explosion (se avsnitten 2.4, 3.6 och 4.4). I en reaktor bildas dock genom radiolys av vattnet knallgas (väte och syre), som vid läckage skulle kunna medföra explosionsrisk. För att undanröja denna risk i reaktorinneslutningen är denna under normal drift fylld med kvävgas. Även ett kärnkraftverk måste dessutom ha ett effektivt brandförsvaret med hänsyn till de svåra följderna en brand skulle kunna medföra för säkerhetssystem etc.

För ångproduktionen har kärnkraftverket, liksom det fossileldade kraftverket, en stor mängd kärl, rörledningar och annan utrustning, som dock i kärnkraftverket belastas av ett mycket lägre tryck och lägre temperatur från medierna, vatten och ånga (se s 139). Små läckage av ånga eller hetvatten kan medföra svåra brännskador. Om en ångledning, hetvattenledning eller tillhörande utrustning brister, kan arbetstagare skällas till döds eller skadas av kringslungade delar. En sådan olycka, liksom ett haveri av en reaktor, eller ånggenerator, kan dessutom ge följdverkningar av katastrofartad karaktär. Dessa frågor har bl a behandlats i den sk Rasmussenrapporten, Wash-1400 (24), och statens kärnkraftinspektion studerar f n i vilken utsträckning rapportens slutsatser är tillämpliga på svenska förhållanden. Risken för sådana händelser begränsas genom en mängd säkerhetsåtgärder, som gäller anläggningens utförande och funktion, fortlöpande övervakning och regelbundna kontroller av anläggningen.

Vilka krav som ställs i Sverige på tryckkärl och rörledningar av berört slag framgår delvis av vissa av Ingenjörsvetenskapsakademins tryckkärlskommission och svetskommission utgivna normer, som godtagits av arbetarskyddsstyrelsen och därmed jämställts med styrelsens anvisningar. De i detta sammanhang viktigaste normerna är, liksom för fossileldade kraftverk, tryckkärls-, pannsvets- och rörledningsnormerna. I dessa finns detaljerade krav om utförande och besiktning. För tryckkärl, rörledningar etc i kärnkraftverk har emellertid statens kärnkraftinspektion och arbetarskyddsstyrelsen i samverkan, för vissa komponenter ställt högre krav. Dessa grundar sig huvudsakligen på normer för kärnkraftverk i Förenta Staterna, ASME-coden (del III och XI), men i viss mån även på motsvarande bestämmelser i Västtyskland. - Beträffande säkerhetssystem mm mot katastrofer vid kärnkraftverk hänvisas till ovannämnda rapport från strålskyddsinstitutet.

Nedan ges exempel på några olyckor med utströmmande ånga, som inträffat under senare år vid kärnkraftverk i utlandet. Samma slag av olyckor kunde lika illa ha inträffat vid ett fossileldat kraftverk. Jämför s 48 och 95.

Vid funktionsprovning 1971 i USA av en ny tryckvattenreaktoranläggning brast en rörförbindelse (diameter ca 150 mm) mellan en trycksatt huvudångledning och en säkerhetsventil (76, 77). Sju personer, som medverkade vid provning av ventilen, skadades av

den utströmmande ångan. Senare utförda kontrollberäkningar visade, att rörförbindelsen inte var dimensionerad för att motstå den extra belastning (reaktionskraft), som normalt skulle uppstå av utströmmande ånga, när ventilen öppnade. - Förbindelser av liknande slag omkonstruerades.

Vid funktionsprovning 1972 i USA av en tryckvattenreaktoranläggning brast en rörförbindelse (diameter ca 300 mm) mellan en av ånggeneratorernas trycksatta huvudångledning och två säkerhetsventiler (78, 79). Sexton personer skadades av utströmmande ånga och kringkastade brottdelar; för två av de skadade krävdes vård på sjukhus. Liksom i föregående fall, visade senare utförda kontrollberäkningar, att rörförbindelsen inte var dimensionerad för att motstå den extra belastning (reaktionskraft), som normalt skulle uppstå av utströmmande ånga, när ventilerna öppnade. - Förbindelser av liknande slag omkonstruerades.

I en tryckvattenreaktoranläggning i USA, 1973, gav lågt matarvattenflöde till en av ånggeneratorerna upphov till ett vattenslag i ånggeneratorns matarvattenledning, som hade en diameter av ca 450 mm (80). Denna extra påkänning medförde att matarvattenledningen brast innanför reaktorinneslutningen, strax intill inneslutningsväggen som även skadades på insidan. Ingen person skadades. - För att hindra uppkomst av vattenslag, förorsakade av snabbstängning av huvudmatarvattnets reglerventiler under maximalt matarvattenflöde, försågs regulatorerna för huvudmatarvattnet med hydrauliska dämpningsdon. Även andra förebyggande åtgärder vidtogs.

Vid ett kärnkraftverk, Grundremmingen, i Västtyskland hade en kokarreaktor avställt för vissa underhållsarbeten i november 1975 (81). Det primära reningskretsloppet hade då av misstag inte avlastats. När två arbetstagare började byta en skadad packbox till en ventil i detta system, träffades de av utströmmande hetvatten i form av ånga. Båda omkom.

Tidigare har berörts risken för turbinhaveri i fossileldade kraftverk (avsnitt 2.4.3 m fl). Denna risk är mer påtaglig i ett sådant kraftverk, där den producerade ångans tryck och temperatur i regel är 100-200 bar resp 500-565°C, än i ett kärnkraftverk. Där ger kokarreaktorn ånga av tryck ca 70 bar och temperatur ca 285°C, och tryckvattenreaktorns ånggenerator ger ånga av tryck ca 60 bar och temperatur ca 275°C. Ångturbinernas varvtal är även i kärnkraftverket ofta ca 3 000 v/min men kan för stora aggregat vara lägre (1 500 v/min). Det lägre trycket och den lägre temperaturen ger lägre dynamiska påkänningar, som är lättare att bemästra. Mindre turbinskador är dock inte ovanliga. Tack vare en regelbunden och noggrann kontroll är emellertid turbinhaverier sällsynta. Ett sådant haveri har mycket ingående beskrivits av Kalderon (82) och skall här kortfattat beröras. Det inträffade i september 1969 vid kärnkraftverket Hinkley Point i Storbritannien, där två Magnoxreaktorer levererade ånga till sex turbin-generatorer av 87 MW nominell kapacitet, och turbinernas ångdata var för högtrycksturbinerna 43 bar/360°C och för lågtrycksturbinerna 11 bar/346°C. Med frånslaget elnät påbörjades kontroll av överhastighetsskyddet till ett av dessa turbinaggregat, vilket hade ett normalt varvtal av 3 000 varv/min och hade skyddet inställt för utlösning vid 3 280 varv/min. När varvtalet hade nått upp till 3 200 varv/min inträffade haveriet, först genom demoler-

ing av och en mängd kringkastade delar från lågtrycksturbinen, vilket några sekunder senare åtföljdes av en explosion i generatorn. Även smärre oljebränder uppstod i lagren. Lyckligtvis inträffade inga svåra personskador, trots att sju turbinoperatörer befann sig i närheten vid haveriet. Enligt senare utförda undersökningar ansågs huvudorsaken till haveriet vara spänningskorrosion med sprickbildning från en ursprungligen endast några mm djup spricka i ett av lågtrycksturbinens hjul vid dess infästning till turbinaxeln. Demoleringen av detta turbinhjul medförde att angränsande turbinhjul demolerades etc.

Liksom vid fossileldade kraftverk kyls generatorerna ibland helt eller delvis med vätgas. Denna måste lagras, distribueras och användas under regelbunden kontroll av läckage, så att explosioner inte kan inträffa genom utläckande gas.

Med avseende på bullret medför turbiner och generatorer m m i turbinhallen ungefär samma problem i kärnkraftverket som i det fossileldade kraftverket. Även i övrigt torde bullerproblemen vara rätt lika. Jämför bl a s 96-97.

Även de kemiska miljöfaktorerna torde vara rätt lika i de båda fallen. För rening av processvatten används delvis samma slag av kemikalier såsom natriumhydroxid och svavelsyra eller saltsyra vid regenerering av jonbytarmassor. Kylvattnet till lågtrycksturbinernas kondensorer försätts i vissa fall med klor för att hämma tillväxten av musslor i kondensorererna. Klorgas verkar kraftigt irriterande på andningsvägarnas och ögonens slemhinnor. Den reagerar även häftigt med många ämnen, bl a med olja, och ger explosiva blandningar med brännbara ämnen i form av gas, ånga, dimma eller rök. Däremot är den ej brännbar eller explosiv i blandning med luft. För hantering av klor krävs omfattande skyddsåtgärder. Se arbetarskyddsstyrelsens anvisningar om klor, nr 112/1976.

I fråga om hantering av utbränt bränsle och avfall hänvisas till den nämnda rapporten från strålskyddsinstitutet. Det mest påtagliga problemet med kärnkraftverkets avfall är dess radioaktivitet. Som framgår av avsnitten 2.4.4 och 3.6 innehåller dock även avfall från kol- och oljeeldade kraftverk skadliga ämnen, som kan skapa arbetsmiljöproblem. Dessutom bör observeras den stora mängd avfall som måste hanteras framför allt vid ett koleldat kraftverk, se avsnitt 2.4.4. Vid ett naturgaseldat kraftverk blir förhållandena betydligt gynnsammare i båda avseendena, se avsnitt 4.4.

Uppgifter om yrkesskador vid de svenska kärnkraftverken har erhållits för Ringhals och Forsmark från statens vattenfallsverk, för Barsebäck från Sydsvenska Värmekraftaktiebolaget och för Oskarshamn från Oskarshamnsværkets Kraftgrupp Aktiebolag. Erhållna uppgifter har nedan sammanfattats med uppdelning på anläggningsskede och driftsskede och för resp verk, varvid samtidigt vissa beräkningar utförts för uppskattning av yrkesskadorna per 1 GWe kraftverk och år.

Anläggningsskede:

Ringhals Vattenfallsverkets personal utför endast byggnadsarbetena för vilka uppgetts 427 yrkesskador, varav 1 dödsfall och 0

invaliditetsfall; 4,801 milj. arbetstim och 9 350 sjukdagar. Detta ger 89,0 skador/milj. arb. tim och 21,9 sjukdagar/skada. Anläggningsarbetena omfattar emellertid förutom byggnadsarbeten även montage av mekanisk och elektrisk utrustning, som utförs av entreprenörer. Verket har ej yrkesskadestatistik för dessa. Av anläggningskostnaderna faller ca 25 % på byggnadsarbeten och ca 75 % på mekanisk och elektrisk utrustning, vari montagearbetena för dessa ingår. Montaget medför mycket stor arbetsinsats, som torde uppgå till minst hälften av den som byggnadsarbetena medför. Antal yrkesskador vid montagearbetena uppskattas därför här, lågt räknat, till ungefär hälften av dem som härrör från byggnadsarbetena. Totala antalet yrkesskador skulle i så fall röra sig om ca 650, varav 1,5 dödsfall. - Ringhals 1 och 2 togs i drift 1975, Ringhals 3 och 4 är planerade att tas i drift 1977 resp 1979. Här angivna yrkesskador torde kunna ungefär anses motsvara färdigställandet av Ringhals 1, 2 och 3 med effekterna 760, 820 resp 900 MWe, dvs totalt 2,48 GWe. Om man antar kraftverkets drifttid vara 25 år, skulle yrkesskadebelastningen från anläggningskedet för ett kraftverk i drift bli per 1 GWe och år

$$\begin{aligned} \text{Antal yrkesskador} & 650:(2,48 \cdot 25) = 10 \\ \text{Därav, dödsfall} & 1,5:(2,48 \cdot 25) = 0,02 \end{aligned}$$

Forsmark Vattenfallsverkets personal utför endast byggnadsarbetena, för vilka uppgetts 310 yrkesskador, varav 1 dödsfall och 0 invaliditetsfall; 3,736 milj. arbetstim och 4 727 sjukdagar. Detta ger 83,0 skador/milj. arb. tim. och 15,2 sjukdagar/skada. I fråga om fördelningen av anläggningsarbetena på företaget och entreprenörer gäller här i princip samma som för Ringhals. Totala antalet yrkesskador skulle då enligt en motsvarande uppskattning röra sig om ca 450, varav 1,5 dödsfall. - Forsmark 1 och 2 beställdes 1971 resp 1973 och är planerade att tas i drift 1978 resp 1980. Här angivna yrkesskador torde kunna ungefär anses motsvara färdigställandet av det ena av aggregaten som vardera avses få effekterna 900 MWe, dvs 0,90 GWe. Om man som förut antar kraftverkets drifttid vara 25 år, skulle yrkesskadebelastningen från anläggningskedet för ett kraftverk i drift bli per 1 GWe och år

$$\begin{aligned} \text{Antal yrkesskador} & 450:(0,90 \cdot 25) = 20 \\ \text{Därav, dödsfall} & 1,5:(0,90 \cdot 25) = 0,07 \end{aligned}$$

Barsebäck Anläggningsarbetena utfördes huvudsakligen av ett stort antal entreprenörer men delvis även av företagets egen personal. För den egna personalen anges 15 yrkesskador; och för entreprenörerna 68, med reservation för att ett antal smärre yrkesskador inte rapporterats till företaget. I beskrivningen av entreprenadpersonalens yrkesskador nämns ytterligare 14 ej specificerade yrkesskador. Det torde därför vara rimligt att anta att under anläggningstiden inträffat ungefär, totalt 100 yrkesskador. Inga dödsfall eller invaliditetsfall uppges ha inträffat. Fyra av yrkesskadorna var rätt svåra och föranledde ca 4 resp ca 2,5, 2 och 2 månaders sjukskrivning. De vanligaste skadeorsakerna, med även svåraste följder, var fall till lägre nivå från ställning eller stege eller ned i öppning. Andra vanliga skador härrörde från fallande föremål eller var knutna till bearbetning med handhållna maskiner eller till svetsning. - Barsebäck 1 togs i drift 1975 och för aggregat 2 var anläggningsarbe-

tena avslutade ungefär med utgången av 1976. De angivna yrkesskadorna kan därför anses representera anläggningsskedena för båda aggregaten, som vardera har en effekt av 580 MWe, dvs totalt 1,16 GWe. Med förut antagen drifttid, 25 år, blir yrkesskadebelastningen från anläggningsskedet för ett kraftverk i drift per 1 GWe och år

$$\begin{aligned} \text{Antal yrkesskador } 100:(1,16 \cdot 25) &= 3 \\ \text{Därför, dödsfall } 0,0:(1,16 \cdot 25) &= 0,00 \end{aligned}$$

Oskarshamn. Uppgifter saknas om antalet yrkesskador. Dock inträffade under anläggningsskedet inget dödsfall vid Oskarshamn 1 och 1 dödsfall vid Oskarshamn 2. Dessa aggregats effekt är 450 resp 580 MWe, dvs totalt 1,03 GWe. Med förut antagen drifttid, 25 år, blir yrkesskadebelastningen, i form av dödsfall, från anläggningsskedet för ett kraftverk i drift, per 1 GWe och år

$$\text{Dödsfall } 1:(1,03 \cdot 25) = 0,04$$

Medelvärde. Medelvärdet av yrkesskadebelastningen från anläggningsskedet kan för ovan nämnda kraftverk överfört till ett kraftverk i drift uppskattas till, per 1 GWe och år

$$\begin{aligned} \text{Antal yrkesskador } (10+20+3):3 &= 11 \\ \text{Därför, dödsfall } (0,02+0,07+0,00+0,04):4 &= 0,03 \end{aligned}$$

Frågan om dessa yrkesskador härrörande från anläggningsskedet bör medräknas - i yrkesskadorna för elproduktion vid kärnkraftverk, i sammanfattningen över kärnkraftens yrkesskador och vid jämförelse med yrkesskadorna från övriga energikällor - kan diskuteras. För övriga energikällor med elproduktion baserade på ångkraftverk har yrkesskador från anläggningsskedet för detta processled i regel inte kunnat uppskattas. Anläggningsarbetena för en sådan typ av kraftverk torde dock inte vara så omfattande. För det oljebaserade kraftverket har emellertid yrkesskadorna från anläggandet av bergrum för oljelagring sökt uppskattas, och de har medtagits, eftersom yrkesskadebelastningen från detta arbete förväntades vara av särskild betydelse (se s 94 och 99). - I de följande sammanfattningarna över yrkesskador vid kärnkraftverk har, av dessa skäl, ovan beräknade yrkesskador från anläggningsskedet med viss tvekan medtagits.

Driftsskede:

Ringhals. För vattenfallsverkets personal har uppgetts totalt 11 yrkesskador och 327 frånvarodagar, dvs 29,7 frånvarodagar/skada; inga dödsfall eller invaliditetsfall. Uppgifterna gäller för åren 1973-1976. Under denna tid var elproduktionen, som obetydligt började 1974, totalt 11,4 TWh. För yrkesskador bland entreprenadpersonal under driftsskedet saknas uppgifter. Å andra sidan inträffade en del av ovan angivna yrkesskador innan elproduktionen begynte, hänförde sig alltså till igångsättningen och borde fördelas på en längre tidsperiod. Här antas, att de två nämnda omständigheterna utjämnar varandra och att angivna skador sålunda ungefär representerar totala antalet skador, dvs med entreprenadskadorna inbegripna. - Ett 1 GWe kraftverk producerar under normal drift (omfattande 75 % fulldrifttid) 6,6 TWh per år. Yrkesskadorna från driftsskedet blir då per 1 GWe och år

Antal yrkesskador (11·6,6):11,4 =	6
Därav, dödsfall (0,0·6,6):11,4 =	0,00

Forsmark. Kraftverket ej taget i drift.

Barsebäck. För driftsskedet anges, med entreprenörerna inbegripna, totalt 14 yrkesskador ha inträffat, dock med reservation för att ett antal smärre yrkesskador inte rapporterats till företaget. Här bortses från detta, eftersom det i driftsskedet endast kan ha rört sig om något enstaka fall. Inga dödsfall eller invaliditetsfall uppges ha inträffat. Två av yrkesskadorna var rätt svåra och föranledde 2 resp 1 månads sjukskrivning. De vanligaste skadeorsakerna, med även svåraste följder, var fall till lägre nivå. Andra skador hänförde sig exempelvis till hantering av kemikalier och till svetsning. - Barsebäck 2 har ännu ej tagits i drift. Barsebäck 1 började förberedas för drift vid början av 1974 med kalla prov, varma prov, låglastprov etc och nådde full effekt vid halvårsskiftet 1975. Det torde vara rimligt att anta att ovan nämnda yrkesskador ungefär motsvarar 2 års normaldrift för Barsebäck 1, vars effekt är 0,58 GWe. Yrkesskadorna från driftsskedet blir då per 1 GWe och år

Antal yrkesskador 14:(0,58·2) =	12
Därav, dödsfall 0,0:(0,58·2) =	0,00

Oskarshamn. För år 1975 och 1976, då båda aggregaten 1 och 2 var i drift, har för företagets egen personal uppgetts totalt 28 yrkesskador, varav inga dödsfall eller invaliditetsfall. Dessa yrkesskador medförde tillhoppa ca 3 månaders sjukskrivning. Yrkesskador för entreprenörpersonal saknas uppgift om. De torde ha varit jämförelsevis få och har här inte kunnat tas hänsyn till. Effekten av aggregat 1 och 2 är 450 resp 580 MWe, dvs tillhoppa 1,03 GWe. Yrkesskador från driftsskedet uppskattas till per 1 GWe och år

Antal yrkesskador 28:(1,03·2) =	14
Därav, dödsfall 0,0:(1,03·2) =	0,00

Medelvärde. Medelvärdet av yrkesskadebelastningen från driftsskedet kan för ovan nämnda kraftverk uppskattas till per 1 GWe och år

Antal yrkesskador (6+12+14):3 =	11
Därav, dödsfall (3·0,00):3 =	0,00

Anläggningsskede och driftsskede:

För nämnda kraftverk uppskattas yrkesskadorna härrörande från både anläggningsskede och driftsskede sålunda till följande, räknat per 1 GWe och år

Antal yrkesskador, anläggningsskede	11
, driftsskede	11
, totalt	22
Därav, dödsfall, anläggningsskede	0,03
, driftsskede	0,00
, totalt	0,03

Som jämförelse kan nämnas, att i Wash-1250 (16) och Wash-1224 (17) uppges vid elproduktion antalet yrkesskador för ett 1 GWe kärnkraftverk och per år vara 1,3, varav 0,01 dödsfall. Comar och Sagan (22) uppper motsvarande yrkesskador vid elproduktion också till 1,3, varav dock 0,034 dödsfall. I intet av dessa fall torde yrkesskador från anläggningskedet vara inräknade.

I sammanfattningen över kärnkraftens risker och yrkesskador (avsnitt 7.8) har de ovan angivna svenska värdena utnyttjats, eftersom de anger förhållanden för Sverige och torde vara säkrare underbyggda.

7.6 UPPARBETNING AV ANVÄNT KÄRNBRÄNSLE

I redogörelsen för energi- och miljökommittén om kärnkraftens hälso- och miljöeffekter har strålskyddsinstitutet gett bakgrunden till upparbetning av använt kärnbränsle. Här ges kompletterande synpunkter på arbetsmiljön till den del den rör lättvattenreaktorns kärnbränsle (urandioxid), dvs det för Sverige aktuella fallet. Efter en kort processbeskrivning berörs främst faran av plutonium (och dess föreningar) i arbetsmiljön och förutsättningarna att vidta adekvata skyddsåtgärder mot denna fara. Därefter följer en uppskattning av förväntade yrkesskador vid en upparbetning.

Det använda kärnbränslet består av 95 % uran-238, 0,8 % uran-235, 0,6 % klyvbart plutonium, samt resterande egentligt avfall med 2,9 % högaktiva klyvningsprodukter, ca 0,4 % icke klyvbart plutonium och s k transuraner. Vid upparbetningen utvinns uran och plutonium åtskilda, och ett resterande avfall erhålls, som är mer lämpat för slutlig förvaring. Utvunnet uran kan efter omvandling till uranhexafluorid anrikas på nytt med avseende på uran-235, varigenom det totala behovet av natururan minskar. Dessutom går uran-238, dvs huvudparten av uraninnehållet, ej förlopad för en eventuell framtida användning som bränsle till bldreaktor. Utvunnen plutonium kan återföras som bränsle, vilket minskar behovet av såväl natururan som anrikningsarbetet. Upparbetningsprocessen har beskrivits av AKA-utredningen (1). Den omfattar i huvudsak följande.

(1) Förbehandling. - Inkommande bränsleelement förvaras kylda och strålskyddade i djupa vattenbassänger. Efter en lång svalningstid (kanske flera år) tas elementen från bassängerna, var efter de demonteras och bränslestavarna kapas till 5-8 cm långa bitar.

(2) Upplösning. - Det kapade materialet överförs i en korg till en upplösare, där urandioxiden med klyvningsprodukterna och transuranerna löses i kokande salpetersyra. Kapslingsskrotet blir olöst och överförs till behållare för lagring som medelaktivt avfall. Detta innehåller i zirkaloykapslingen bildad aktivitet och spår av bränslerester. Gasformiga klyvningsprodukter, i första hand jod, krypton och tritium, det senare som vattenånga, avgår till avgasen. Från denna separeras joden med alkalisk tvätt och speciella filter. Även separation av krypton från avgasen kan bli aktuell. Det sker i så fall genom extraktion med

fluorkolväten, lågtemperaturadsorption på aktivt kol eller kondensation i flytande kväve åtföljd av fraktionerad destillation.

(3) Extraktion av uran och plutonium samt separation av plutonium. - Ur den salpetersura bränslelösningen extraheras uran och plutonium med hjälp av ett organiskt lösningsmedel, tributylfosfat, i flera steg. Redan efter första steget justeras dock betingelserna i den organiska fasen så att plutonius överförs till en kemisk form, som är i stort sett olöslig i denna fas, medan uranets löslighet är oförändrad. Uran och plutonium separeras då från varandra. Genom ytterligare steg renas såväl uranet som plutoniet.

(4) Efterbehandling av plutonium. - Plutoniet omvandlas till plutoniumnitratlösning och förvaras i denna form. Innan det skall användas för bränsletillverkning överförs det till plutoniumoxid.

(5) Efterbehandling av uran. - Uranet i den organiska fasen överförs till uranylnitratlösning. Denna kalcineras (upphettas under lufttillträde), varvid urantrioxid erhålles som slutprodukt. I denna form transporteras uranet till anrikningsanläggning, där det efter omvandling till uranhexafluorid anrikas på nytt med avseende på uran-235.

(6) Avfallsbehandling. - Den från extraktionssystemet erhållna vattenfasen innehåller det högaktiva avfallet. Lösningen innehåller 0,1 % av den ursprungliga uranmängden, 0,5 % av ursprunglig plutoniummängd samt den totala mängden av klyvningsprodukter och transuraner. Lösningen indunstas till ett flytande koncentrat, som vanligen förvaras en tid i kylda och övervakade tankar och därefter överförs till fast form. - En ny metod för överföring av avfallet i fast form har försöksvis utprovats, vilken bl a skulle innebära, att indunstning ej skulle behövas. Se rapport (83) av Forberg och Olsson om fixering av högaktivt avfall.

(7) Hjälpsystem. - För huvudprocessen finns hjälpsystem, som bl a omfattar behandling av det organiska lösningsmedlet för återanvändning, återvinning av salpetersyra och viss avfallsbehandling utöver den som ovan nämnts.

Av processbeskrivningen framgår, att upparbetningen medför många och svåra arbetsmiljöproblem, som rör såväl strålskyddet som skyddet mot kemiska miljöfaktorer. Med hjälp av slutna, fjärrstyrda och väl kontrollerade processer torde dessa problem kunna bemästras under normal drift. Med tillförlitliga skyddsåtgärder måste även kunna vidtas vid ingripanden av typ inspektioner, underhåll, reparationer och större revisioner. För många moment i upparbetningsprocessen kan dock skyddserfarenheter utnyttjas från liknande processer i kärnkraftcykeln och för t ex avfallsbehandlingen, moment (6), kan ändrade metoder komma att förbättra arbetsbetingelserna. De svåraste momenten med avseende på arbetsmiljön torde vara separation av plutonium och efterbehandling av plutonium, se moment (3) och (4) ovan, såvida plutonium då inte kan hanteras i utspädd form.

Internationella strålskyddskommissionen (ICRP, Publ. 2) godtar som olöslig substans i lungorna en exposition, 40 timmar per vecka, av högst $4 \cdot 10^{-11}$ $\mu\text{Ci}/\text{cm}^3$ för plutonium-239, vilket motsvarar $6 \cdot 10^{-7}$ mg/m^3 luft. Som jämförelse kan nämnas, att för

uran-235 är motsvarande värden 10^{-10} $\mu\text{Ci}/\text{cm}^3$ resp $0,05$ mg/m^3 och för uran-238 10^{-10} $\mu\text{Ci}/\text{m}^3$ resp $0,3$ mg/m^3 . Exceptionella skyddsåtgärder måste tydligen vidtas mot inandning av olösligt damm av plutonium, t ex plutoniumoxid, och särskilt gäller detta när plutonium förekommer i koncentrerad form.

Yrkesskador vid upparbetning av använt kärnbränsle kan här endast bedömas med ledning av undersökningar i utlandet. Yrkesskadorna vid detta processled är i tillgänglig litteratur endast preciserad i Wash-1250 (16). De är åtskilda för kraftverk baserat på tryckvattenreaktor och kokarreaktor, men värdena för dessa skiljer sig obetydligt från varandra, varför nedan endast medelvärdet anges. Följande skador har sålunda uppgetts, relaterade till ett 1 GWe kraftverk och räknat per år.

Antal yrkesskador	0,09
Därav, dödsfall	0,0001

I sammanfattningen för kärnkraftcykeln (avsnitt 7.8) har dessa yrkesskador medtagits, trots att, om upparbetning sker, för processleden utvinning och anrikning lägre yrkesskadebelastning då skulle erhållas. Om upparbetning sker, torde man snarast kunna vänta sig en sänkning av den totala yrkesskadebelastningen från hela kärnkraftcykeln. Då behöver nämligen bl a mindre uran utvinnas. Detta kanske minskar yrkesskadorna från utvinningen mer än vad tillskottet från upparbetningen medför.

7.7 SLUTLIG FÖRVARING AV RADIOAKTIVT AVFALL

Denna fråga behandlas i strålskyddsinstitutets rapport för energi- och miljökommittén om kärnkraftens hälso- och miljöeffekter, mot bakgrund av bl a AKA-utredningens betänkande (1). AKA-utredningen föreslog bl a,

att slutlig förvaring av radioaktivt avfall, såväl högaktivt som låg- och medelaktivt avfall, sker i urberg,

att slutlig lagringsplats för låg- och medelaktivt avfall samordnas med lagringsanläggning för högaktivt avfall och projekteras samtidigt med denna,

att geologiska detaljstudier av platser för lämplig slutförvaring omgående påbörjas och

att i fråga om FOU-arbete, detta bl a borde innefatta arbeten på processer för överföring av flytande högaktivt avfall i fast form.

Utredningens förslag har lett till ytterligare undersökningar om behandling och slutlig förvaring av det radioaktiva avfallet, vilka ännu pågår. Eftersom sättet för den slutliga förvaringen av det radioaktiva avfallet ännu inte har specificerats, ges här endast några allmänna synpunkter på arbetsmiljön mot bakgrund av utredningens förslag.

En samordnad förvaring av låg- och medelaktivt avfall med högaktivt avfall synes lämplig. Den torde främja en effektiv kategoriuppdelning vid avfallsbehandlingen. Den torde även underlätta

genomförandet av effektiva skyddsåtgärder, eftersom resurserna med avseende på personal och utrustning samlas, vilket torde ge bättre överblick och erfarenhet.

Av AKA-utredningen framgår, att många skäl talar för en slutlig förvaring i någon bergrumsanläggning i urberg. En förläggning under jord jämfört med en sådan ovan jord medför visserligen större arbetsmiljöproblem, närmast härrörande från anläggnings-skedet, men detta blir av underordnad betydelse sett mot den ökade förvarings säkerhet som kan uppnås.

De yrkesskador som kan förväntas härröra från slutlig förvaring av radioaktivt avfall är i detta skede svåra att uppskatta. En grov bedömning kan dock göras genom jämförelser med vissa andra verksamheter. Detta har här skett, varvid följande antagits beträffande förvaringen. Såväl låg- och medelaktivt som högaktivt avfall förvaras i bergrum; det högaktiva avfallet ca 300 m¹) under jord (i borrhål), resten eventuellt närmare dagen. Avfallet upptar i färdigt skick för slutlig förvaring en total volym av ca 200 m³ räknat för ett kärnkraftverk på 1 GWe och per år, varvid även inräknats det avfall som skulle härröra från en upp- arbetningsanläggning (jämför AKA-utredningen). Anläggningen för slutlig förvaring antas betjäna ca 10 kärnkraftverk, vilket, särskilt om nordiskt samarbete kunde förverkligas, torde vara lågt räknat. Fördelat på anläggnings-skede, driftsskede (deponering) och slutskede (igensättning) kan den ungefärliga bedömningen ske enligt följande.

Anläggnings-skede. - I avsnitt 3.4.1 uppskattades uppförandet av en bergrumsanläggning för råolja medföra 96,9 olycksfall per 1 miljon arbetstimmar, varav 1,4 dödsfall (s 75), och kräva ca 0,2 arbetstimmar per m³ (s 75). En bergrumsanläggning för slutlig förvaring av radioaktivt avfall från 10 kärnkraftverk à 1 GWe (inbegripet avfall från upp- arbetningsanläggning) skulle vid en antagen deponeringstid av 25 år kräva ett förvaringsutrymme av ca 10·25·200 = 50 000 m³. Dessutom tillkommer tillträdesvägar (schakt, örter) m m. Denna volym uppskattas till högst 50 000 m³, vilket totalt ger ca 100 000 m³. Arbetsinsatsen per m³ berg blir större för avfallsanläggningen beroende på mindre areor, ogymsammare sprängnings-, lastnings- och transportförhållanden m m. Här antas i genomsnitt en fördubblad arbetsinsats, dvs 0,4 arb.tim/m³. Vidare antas antalet yrkesskador i avrundad siffra vara 100 per 1 milj. arbetstimmar. Antal yrkesskador härrörande från anläggnings-skedet av en bergrumsanläggning för radioaktivt avfall kan då bedömas bli ungefär, relaterat till ett kärnkraft- verk på 1 GWe och räknat per år.

$$\text{Antal yrkesskador} \quad (100 \cdot 10^{-6} \cdot 0,4 \cdot 100000) : (10 \cdot 25) = 0,02$$

$$\text{därav, dödsfall} \quad (1,4 \cdot 10^{-6} \cdot 0,4 \cdot 100000) : (10 \cdot 25) = 0,0002$$

Driftsskede. - Vilka yrkesskador, som driftsskedet kan bedömas medföra torde främst bero på vilken slutlig behandling de olika slagen av avfall kommer att underkastas, och därmed också om upp- arbetning avses ske eller ej. Det låg- och medelaktiva avfallet underkastas redan nu en viss förberedande slutlig behandling vid

1) Utredning om lämpligt djup är ännu ej avslutad.

kraftverken, och i uppdrägningsalternativet ingår även en viss förberedande slutlig behandling. Om man jämför alla de processmoment, som uppdrägningsningen omfattar, med dem som kan väntas behövas för behandling av avfallet till slutligt förvaringsskick, torde uppdrägningsningen medföra större arbetsmiljöproblem. Detta skulle innebära, att yrkesskadorna från avfallsbehandlings driftsskede skulle kunna bli (jfr avsnitt 7.6, s 146) högst 0,09, varav högst 0,0001 dödsfall, räknat för ett 1 GWe kraftverk och per år.

Slutskede. - Den arbetsinsats som skulle krävas för en igensättning och t ex en betongförsegling av berggrunsanläggningen torde vara obetydlig jämförd med den som krävs under anläggningskedet. Dessutom kan färre yrkesskador per nedlagd tidsenhet förväntas.

Totalt. - Förväntade yrkesskador från anläggningssskede och driftsskede skulle alltså tillhoppa kunna röra sig om $0,02+0,09 = 0,11$, varav $0,0002+0,0001 = 0,0003$ dödsfall. Om man tar viss hänsyn även till slutskedet och avrundar förstnämnda siffra, bedöms antalet yrkesskador härrörande från slutförvaring av radioaktivt avfall kunna för ett 1 GWe kraftverk och per år röra sig om storleksordning 0,2, varav 0,0003 dödsfall.

7.8 KÄRNKRAFTENS RISKER OCH YRKESKADOR

Vid användning av kärnkraft som energikälla för elproduktion präglas risker och därav föranledda skyddsåtgärder i första hand av de utnyttjade ämnens radioaktiva egenskaper. Detta gäller alla processled, men i varierande grad och på olika sätt. Det faktum att radioaktiva material utsänder strålning innebär en potentiell ökning av riskerna i arbetsmiljön jämfört med riskerna vid motsvarande arbete med icke radioaktiva ämnen. Rigorösa skyddsåtgärder har dock sedan länge vidtagits mot dessa risker, och åtgärdernas effektivitet kan relativt enkelt kontrolleras genom att relativt enkla och säkra mätmetoder finns för de farliga agensen. Skador förorsakade av de radioaktiva ämnen har därför kunnat hållas på en mycket låg nivå. De skyddsåtgärder, som vidtas mot skador härrörande från radioaktiva ämnen torde även begränsa risken för skador genom kemiska miljöfaktorer i vissa processled.

En annan faktor som karakteriserar kärnkraftcykeln är bränslets höga energiinnehåll, som ger ringa transportmängder redan från utvinningsledet, eftersom då redan lagningsprocessen ger en koncentrerad produkt. Denna omständighet begränsar i hög grad risken för trafikolycksfall.

Några av kärnkraftcykelns processled är delvis rätt lika motsvarande processled för vissa andra energikällor. Detta gäller främst elproduktionen, som delvis liknar de fossila bränslenas elproduktion. Uranutvinning är närmast jämförbar med annan malmutvinning och ej med kolutvinning.

Kärnkraftcykelns yrkesskador uppdelade på utvinning, anrikning, kärnbränsletillverkning, elproduktion, uppdrägningsning av använt kärnbränsle, slutlig förvaring av radioaktivt avfall samt alla

transporter och hämtade från avsnitten 7.2-7.7 resp 7.1 har nedan sammanfattats. I fråga om detaljer hänvisas till berörda avsnitt. Yrkesskadorna är framräknade för ett kondenskraftverk baserat på lättvattenreaktor, med effekt 1 GWe och galler per år. Kraftverket, som under normal drift (omfattande 75 % fulldrifttid) producerar 6,6 TWh per år, har antagits förbruka 160 ton naturligt uran motsvarande 30 ton uran kärnbränsle i form av urandioxid. Hänsyn har inte tagits till den minskade yrkesskadebelastning, som kan komma att uppnås för processleden utvinning och anrikning genom återföring av uran och plutonium från upparbetning. Utvinning av uran har antagits ske i Sverige, Ranstad, och har till en tredjedel antagits ske ovan jord i dagbrott till två tredjedelar under jord i gruva. Uranutvinningen har antagits belastas hela verksamheten, trots att många andra produkter avses utvinnas samtidigt.

Yrkesskador per år för ett kondenskraftverk baserat på kärnkraft med en effekt av 1 GWe.

Utvinning	
Yrkesskador	13
Därav, dödsfall	0,05
Anrikning	
Yrkesskador	0,2
Därav, dödsfall	0,001
Kärnbränsletillverkning	
Yrkesskador	3
Därav, dödsfall	0,00
Elproduktion	
Yrkesskador	22
Därav, dödsfall	0,03
Upparbetning av använt kärnbränsle	
Yrkesskador	0,09
Därav, dödsfall	0,0001
Slutlig förvaring av radioaktivt avfall	
Yrkesskador	0,2
Därav, dödsfall	0,0003
Alla transporter	
Yrkesskador	0,045
Därav, dödsfall	0,002
<u>Kärnkraftcykeln, totalt</u>	
Yrkesskador	39
Därav, dödsfall	0,08

I ovanstående yrkesskador är ej inräknade de framtida strålskador i form av cancer, som arbetstagarna kan komma att drabbas av. Av strålskyddsinstitutets rapport till energi- och miljökommittén om kärnkraftens hälso- och miljöeffekter framgår, att sådana strålskador bland arbetstagarna i hela kärnkraftcykeln väntas medföra ungefär 0,1 dödsfall per år för ett kärnkraftverk med effekt 1 GWe.

Med angivna förutsättningar drabbar yrkesskadorna till helt dominerande del (mer än 99 %) arbetstagare i Sverige.

8 V A T T E N K R A F T

8.1 ALLMÄNT

Vattenkraften grundar sig på det hydrologiska kretsloppet, avdunstning-nederbörd-ytvatten-avrinning, och är sålunda en kontinuerlig energikälla, som härrör från solenergin. Värme kraftverkens energikällor (se avsnitten 2-7) är baserade på råvaror, som måste utvinnas, transporteras och bearbetas etc. Dessa processled bortfaller för vattenkraftcykeln. Däremot krävs en speciellt stor arbetsinsats för anläggandet av ett vattenkraftverk. Anläggningsskedet behandlas därför nedan i ett särskilt avsnitt. Vattenkraftcykeln omfattar i övrigt endast ett processled, elproduktion.

Vattenkraften är en inhemsk energikälla. Dess utnyttjande begränsas dock av en mängd faktorer, som behandlats av olika utredningar. Se främst (84) och (85), även (29).

Vattenkraften kan enligt (85) i princip fylla tre uppgifter. Den kan ge baskraft, dvs sådan energi som behövs kontinuerligt oberoende av variationerna i förbrukningen. Den kan ge toppkraft, dvs sådan energi som utöver baskraften behövs under dagtid, speciellt under vintern. Den kan täcka snabba variationer i förbrukningen och kan utgöra reserv vid driftstörningar i andra kraftanläggningar. På sikt avses vattenkraften i ökad utsträckning komma att utnyttjas för de två sistnämnda uppgifterna. I första hand avses vattenkraft komma att ersätta oljekraft och inte kärnkraft.

I ett vattenkraftverk utnyttjas vattnets lägesenergi med hjälp av en vattenturbin, som driver en generator. Energiproduktionen är direkt proportionell mot den vattenmängd och den fallhöjd som utnyttjas. Fallhöjden samlas till kraftstationen på så sätt, att fallsträckan uppströms anläggningen och fallsträckan nedströms anläggningen uttas genom tunnel, kanal och/eller rensning av den naturliga älvens fåra. Utbyggnadssättet varierar med lokala förhållanden såsom fallsträckans längd, höjd och branthet, grundens beskaffenhet och älvdalens topografi.

Utbyggnad av små fallhöjder sker ofta genom indämning av rensning. Damm och kraftstation kan ibland sammanbyggas. Vid val av läget eftersträvas bergparti med goda förutsättningar för grundläggning. Maskinstationen kan omfatta flera vertikalt monterade turbin/generatoraggregat. Vattenturbinen kan utgöras av en Kaplanturbin med reglerbara löphjulsskovlar.

När stora fallhöjder byggs ut samlas vanligen fallhöjden via bergtunnlar till kraftstationen. Utbyggnaden kan gälla en längre

fallsträcka mellan två sjöar. I det naturliga utloppet från den övre sjön anläggs en damm, med vilken sjöns vattenstånd däms upp. Från sjön leds vattnet via en tilloppstunnel och en tilloppstub till maskinstationen, som förläggs i berg under jord. Från stationen avleds vattnet via en utloppstunnel (avloppstunnel) till den nedre sjön. Tunnelarna kan ha en längd av flera kilometer och en area av flera hundra kvadratmeter. Även maskinstationens bergrum har ofta ansenliga dimensioner. Spännvidden (bredden) och höjden kan röra sig om 20-30 m. och längden om ca 100 m eller mer. Maskinstationen kan omfatta flera, vertikalt monterade, turbin/generatoraggregat. Vattenturbinen kan utgöras av en Francisturbin med fasta löphjulsskovlar.

Det naturliga vattenflödet i ett vattendrag varierar med årstiderna. Detta gäller särskilt de norrländska vattendragen. Därifrån produceras den helt övervägande delen av vattenkraftens elenergi. Den låga vattenföringen under vintern innebär, att den naturliga tillgången på energi är lägst, då förbrukningen är störst. För att bättre anpassa vattentillgången till efterfrågan regleras vattendragen. Detta innebär, att överskottsvatten samlas i magasin under tider med god tillrinning och/eller liten efterfrågan på elkraft och tappas ur då efterfrågan är hög. Denna reglering av vattentillgången, som föranleds av vattenflödets variation med årstiderna, kallas årsreglering. Dessutom förekommer flerårsreglering, som föranleds av variationer av vattenflödet från år till år. Ett regleringsmagasin betjänar i regel flera kraftstationer, ibland alla kraftstationerna i ett vattendrag.

Behovet av toppkraft, t ex under dagtid, speciellt vintertid, medför behov av korttidsreglering. Detta tillgodoses genom att kraftverket ges en relativt hög utbyggnad. Därmed avses förhållandet mellan utbyggnadsvattenföring och medelvattenföring. En utbyggnad av ett kraftverk till hög utbyggnadsgrad, t ex genom insättande av ytterligare ett aggregat i stationen, kallas effektivutbyggnad. Ett annat exempel på effektutbyggnad är pumpkraftverket, som dock inte producerar energi utan, med vissa förluster, lagrar den på sådant sätt, att hög effekt kan tas ut då efterfrågan är stor. Ett pumpkraftverk har två magasin med i regel stor nivåskillnad, upp till flera hundra meter. Under dagtid då kraftbehovet är stort töms det övre magasinet. Under nätter och helger då elenergi finns i överskott, pumpas vattnet tillbaka till det övre magasinet. I kraftstationen används då generatorn som motor och turbinen får arbeta som pump. Ett pumpkraftverk behöver inte vara knutet till en viss kraftstation. I princip eftersträvar man att anlägga pumpkraftverk så nära förbrukningsorterna som möjligt.

Under 1975 producerade vattenkraftverken i Sverige 58 TWh. Den utbyggnadsvärda vattenkraft, som återstår i Sverige har uppskattats motsvara 34 TWh per år (84). Av dessa anses dock endast omkring fem TWh utbyggbara med förhållandevis måttliga skador på yttre miljön. Av (84) och (85) framgår att det största vattenkraftverket, Harsprånget, har en effekt av 480 MW och att den största effektutbyggnad som föreslagits för någon kraftstation (Harsprånget) avser en effekt av 440 MW. Flertalet stora, föreslagna utbyggnader rör befintliga kraftstationer. Den största nya, ifrågasatta kraftstationen skulle kunna få en effekt av 400 MW. För de enskilda utbyggnaderna rör det sig alltså om läg-

re effekter än 1 GWe, dvs den effekt, till vilken yrkesskadorna vid värmekraftverken relaterats i denna redogörelse. För ett sådant kraftverk har normal drift antagits omfatta 75 % fulldriftstid, vilket ger 6,6 TWh/år. Av det tidigare sagda framgår att vattenkraftverken i stor utsträckning utnyttjas för produktion av toppkraft. Detta innebär att de utnyttjas kortare tid av året i full drift. Vattenkraftsverkets normala drift motsvarar därför i genomsnitt endast ca 4 600 h/år, dvs 52,5 % fulldriftstid. För ett vattenkraftverk med en fiktiv effekt av 1 GWe innebär detta en elproduktion av $4600 \cdot 10^{-3} = 4,6$ TWh per år. I avsnitt 8.2 om anläggningsskedet relateras yrkesskadorna därför till nämnda elproduktion, 4,6 TWh per år. I avsnitt 8.3, som rör en känd elproduktion (under driftsskedet) relateras yrkesskadorna däremot till 4,8 TWh per år, vilket motsvarar ca 55 % fulldriftstid för ett 1 GWe kraftverk. Denna energiproduktion har nämligen i det fallet uppnåtts. Se avsnitt 8.3. Det bör observeras, att båda fallen ger en ofördelaktig uppskattning av vattenkraftverkens funktion. Ty, när vattenkraftverken producerar toppkraft eller inträder som reserv vid driftstörningar eller revisioner av värmekraftverk, bidrar de till elkraftsystemets helhetsfunktion.

Från statens vattenfallsverk har erhållits uppgifter om elproduktionen vid verkets vattenkraftstationer under åren 1971-1975. Den var under denna period i genomsnitt per år 28,5 TWh, dvs ungefär hälften av elproduktionen vid landets samtliga vattenkraftverk 1975, 58 TWh. Från vattenfallsverket har även erhållits yrkesskadestatistik m m, se avsnitten 8.2 och 8.3. Uppgifterna i denna redogörelse om yrkesskador vid vattenkraftverk har baserats på nämnda statistik.

8.2 ANLÄGGNINGSSKEDE

Ett kraftverksbygge föregås av projekteringsarbeten av olika slag, bl a byggnadsgeologiska undersökningar. Dessa syftar till att utvärdera lämplig placering, sträckning och utformning av dammar, maskinstation, kanaler, bergrum och tunnlar etc. De omfattar geologiska rekognoser och detaljstudier, geofysiska mätningar och provborrningar m m. Med hjälp härav får man data om bergarterna och bergets sprickighet och om större diskontinuiteter i berggrunden i form av förkastningar, krosszoner etc. Kännedom om bergets hållfasthet och vattenföring m m utgör ett viktigt underlag för planering av en framtida säker arbetsplats.

Ett kraftverksbygge med maskinstation placerad ovan jord omfattar i huvudsak följande slag av arbeten: fångdammbyggen, dammbygge, maskinstationsbygge och kanalbygge. Ett dammbygge utförs ofta som jorddamm med betonggjutna intag och utskov. En jorddamm består ofta av en kärna av tät morän, omgiven av filter m m och ytterst sprängsten. Arbetena vid ett ovanjordsbygge utgörs till stor del av sprängningsarbeten, lastning och transporter av berg och jordmassor, betonggjutningar och mekaniskt och elektriskt montage. För detta krävs bl a service verkstäder och betongstationer.

Ett kraftverksbygge med maskinstation placerad under jord omfattar i huvudsak följande slag av arbeten: fångdammbyggen, damm-

bygge, bergrumsbyggen med maskinstation och tunnelbyggen. Sprängningsarbetena dominerar ofta genom de omfattande underjordsarbetena, som är av speciell karaktär. Ovanjordsarbetena och vissa andra arbeten är av liknande slag som i föregående fall. Sprängningsarbetena för ett underjordsbygge omfattar i regel följande: tilloppstunnel; tilloppstuber, ibland med luckschakt; svallgalleri; bergrum för maskinsal med personhisschakt; transformatorrum med ledningsschakt; samt avloppstunnel. För arbetenas utförande krävs även tillfartstunnlar, samt för avledning av vattnet under arbetstiden, i regel även omloppstunnel. Långa tillopps- och avloppstunnlar drivs i regel från flera fronter. För detta krävs särskilda tillfarter i regel utförda som tunnlar, ibland som schakt. Höga bergrum och tunnlar drivs i regel etappvis först som takort, varefter resten uttas genom pallsprängning. Genom detta förfarande underlättas bergkontroll och berförstärkning. För schaktsänkning och stigortsdrivning kan olika metoder komma i fråga, som skiftar med objektens areor, längd och lutning.

Med ovanjordsarbetet följer risker för yrkesskador av bl a följande slag. Svåra olycksfall kan inträffa genom stenkastning vid sprängning, påkörning eller nedkörning från slänter av lastmaskiner och transportfordon, ras från bergväggar och slänter samt fall från ställningar m m. Samma gäller om fångdamsbrott, som dock torde vara rätt sällsynta. Statens vattenfallsverk har från sin verksamhet omnämnt endast ett fångdamsbrott. Det inträffade i Satsjaure 1964, men medförde ej någon personskada. I maj 1977 inträffade dock ytterligare ett fångdamsbrott vid vattenfallsverkets kraftverksbygge i Näs i närheten av Avesta. På grund av högt vattenstånd (vårfloden) byggdes fångdammen på. När detta pågick söndagen 1977-05-15, med tre man sysselsatta för förstärkning av dammen, uppstod en sättning i fångdammen på grundaste stället, där dammen alltså sjönk ned. Ingen skadades, men en av arbetstagarna befann sig i utsatt läge och hann nätt och jämt sätta sig i säkerhet. Genom dammbrottet översvämmades det ca 50 meter nedanför fångdammen belägna kraftstationsbygget av vattenmassorna. Om dammbrottet hade skett under normal arbetstid, skulle ett 30-tal arbetstagare vid bygget ha utsatts för stor skaderisk. En kommitté inom vattenfallsverket utreder nu orsakerna m m till dammbrottet.

Vissa miljöfaktorer kan ge upphov till yrkessjukdomar i samband med borrhning, sprängning, lastning, transport och arbete i betongstationer och serviceverkstäder m m. Exempel på sådana faktorer är luftföroreningar i form av kvartshaltigt stendamm, spränggaser, avgaser från lastmaskiner och transportfordon, svetsgaser, samt buller och vibrationer.

Underjordsarbetet är i regel mer riskfyllt. Svåra olycksfall kan inträffa främst genom stenfall eller större bergras från tak och väggar, men även genom stenkastning vid sprängning, påkörning av lastmaskiner och transportfordon, fall från ställningar och mobilplattformar och fall i stigorter och schakt m m. Risken för uppkomst av yrkessjukdomar genom luftföroreningar i form av kvartshaltigt damm, spränggaser, avgaser från lastmaskiner och transportfordon, oljedimma, svetsgaser m m samt genom buller och vibrationer är även mer påtaglig än ovan jord. De ständigt föränderliga arbetsplatserna gör det svårt att uppnå effektiv kontroll, skrotning och förstärkning av tak och väggar, effektiv ventila-

tion och effektiv belysning. Trånga utrymmen försvårar säker trafik.

För att bemästra riskerna inom särskilt bergsprängningstekniken har stora insatser gjorts för säkrare utrustningar och arbetsmetoder och för effektiv personalutbildning. De har bl a gett följande resultat.

(1) Säkrare sprängämnen. - M a p oavsedd initiering vid t ex laddning och eventuell påborrning.

(2) Mindre hälsovådliga sprängämnen. - M a p nitroglycerinhalt och spränggasernas sammansättning.

(3) Säkrare tändmedel. - M a p oavsedd initiering genom främmande energikällor.

(4) Säkrare laddningsutrustning. - M a p oavsedd initiering.

(5) Noggrannare metoder för laddningsberäkningar. - Möjliggör säkrare reglering av farligt område för stenkastning resp markskakningar, som bl a kan leda till berglossning och stenfall.

(6) Borrutrustning för bättre ansättning, inriktning, rakhållning och snabbare indrift av borrhål. - Preciserar språngeffekt (kastlängd). - Möjliggör kontursprängning, som skonar berget och minskar stenfall. - Underlättar sonderingsborrning vid tunneldrivning.

(7) Borrmaskiner som avger mindre stendamm och buller. - Dammutsugning från borrmaskiner med luftspolning. - Hydrauldrivna borrmaskiner håller på att införas.

(8) Bättre utrustning för bergkontroll, skrotning. - Mobilplattformar gör tak och väggar mer lättåtkomliga för avsyning och skrotning. - Mekaniserad skrotning prövas. - Bergras kan i viss mån förutses genom mikroseismiska mätningar m m.

(9) Bättre metoder för bergförstärkning. - Systematisk förstärkning genom bergförankring, nätning och betongsprutning. - Omedelbar förstärkning efter sprängning genom betongsprutning från säker uppehållsplats. - Förstärkning genom förinjicering.

(10) Bättre lastmaskiner och transportfordon. - M a p avgasrening och bullerdämpning. - Hytter som skyddar föraren mot stenfall, buller och luftföroreningar.

(11) Utrustning som medger säkrare stigortsdrivning och schakt-sänkning. - Pinnstångsburna och linburna stigortshissar, som ger säkrare transporter och arbetsplatser vid stigortsdrivning. - Linburna schakthängställningar och speciella lastutrustningar som ger säkrare uppehållsplatser vid borring och lastning i schakt och vid förstärkning och inbyggnad av schakt.

(12) Utrustningar för fullfrontsborrning. - Sådan utrustning används alltmer även i Sverige för drivning av schakt och stigrorter med små areor. - Drivningsarbetet underlättas väsentligt. Berget skonas, vilket minskar risken för stenfall.

Arbetsmiljön vid ett kraftverksbygge regleras av många bestämmelser, bl a följande. I explosivvaruförordningen med Kommerskollegii tillämpningskungörelse är föreskrivet om bl a förvärv, innehav, förvaring, utlämning och transport av explosiva varor. Av arbetarskyddsstyrelsens anvisningar rör några på ett särskilt sätt arbeten vid kraftverksbygge. Detta gäller främst spränganvisningar (nr 3), berganvisningar (nr 67), gruvhissanvisningar (nr 14), radonanvisningar (nr 82), anvisningar nr 33 om bergrums bestånd, stenkrossanvisningar (nr 83) och bygganvisningar (nr 32). Spränganvisningarna gäller för sprängningsarbete såväl ovan som under jord. De innehåller allmänna bestämmelser om kompetenskrav och skyldigheter för arbetsgivare och arbetstagare samt föreskrifter och rekommendationer om metoder, utrustning och arbetets utförande i detalj. Berganvisningarna innehåller bestämmelser om vissa skyddsåtgärder under jord i gruva, stenbrott och bergbygge. Där behandlas utrymningsvägar, bergkontroll, belysning, luftkontroll, brandförsvaret och räddningstjänst, schakt och stigorter, lastplatser och transportvägar, lastmaskiner och transportfordon, ställningar och mobilplattformar för skrotningsarbete m m, gasol-utrustning under jord samt räddningshiss som ersättning för stegväg vid schaktsänkning. Gruvhissanvisningarna innehåller bestämmelser om gruvhissar och vissa andra lyftanordningar under jord i gruva, stenbrott och bergbygge. Nämligen: räddningshissar, linburna stigortshissar, pinn- eller kuggstångsburna stigortshissar och etagehissar samt linburna schakthängställningar. Där är föreskrivet om dessa anordningars utförande, beskaffenhet, besiktning och fortlöpande tillsyn m m. De innehåller även bruksföreskrifter. - Anvisningarna har varit vägledande vid utbildning av personal.

Från statens vattenfallsverk har erhållits vissa tekniska data och uppgifter om yrkesskador vid byggnadsarbeten för anläggandet av verkets vattenkraftstationer under tiden 1970-1976. Erhållna tekniska data har efter omräkning av effekter och energi till GW resp TWh/år sammanställts i tabell 8.2:1. Yrkesskadeuppgifterna avser verkets egen personal. De har efter omräkning av frekvenser till 1 miljon arbetstimmar och efter beräkning av antalet sjukdagar per olycksfall sammanställts i tabell 8.2:2.

Av de åtta kraftstationerna är fyra underjordsstationer, bl a de tre största, Vietas, Akkats och Bastusel, samt dessutom Rebnis. Jämför tabell 8.2:1. Randi har tillloppstunnel och maskinsalen nedsänkt i berg och kan alltså sägas delvis vara en underjordsstation. Övriga kraftstationer, Boden, Parki och Vittjärn, är ovanjordsstationer.

De åtta kraftstationernas sammanlagda installerade effekt är 0,859 GW och medelårsproduktionen 3,960 TWh/år, se tabell 8.2:1. Effektens utnyttjningstid blir således $3,960 : (0,859 \cdot 10^{-3}) = 4600$ h/år. Detta har sagts motsvara den totala inom landet installerade vattenkrafteffektens utnyttjningstid vid utgången av år 1975. Detta motsvarar i sin tur en årsandel fulldriftstid av $(4600 \cdot 100) : (24 \cdot 365) = 52,5$ %. För ett 1 GWe kraftverk ger detta (se s 153) en eldproduktion av 4,6 TWh/år. I de följande beräkningarna ställs därför ovannämnda medelårsproduktion, 3,96 TWh/år i relation till 4,6 TWh/år.

Tabell 8.2:1 Tekniska data för statens vattenfallsverks vattenkraftstationer, anlagda 1970-1976

Bygge	Effekt GW	Energi TWh/år	I drifttagning
Akkats	0,146	0,585	73-10
Bastusel	0,108	0,610	73-03
Boden	0,074	0,490	72-01
Parki	0,20	0,100	70-10
Randi	0,090	0,230	76-09
Rebnis	0,065	0,220	74-01
Vietas	0,320	1,360	72-01
Vittjärv	0,036	0,210	75-01
Summa	0,859	3,805 ¹⁾	

1) Senare uppgiven medelårsproduktion: 3,960 TW/år

Tabell 8.2:2 Yrkesskador vid byggnadsarbeten för anläggandet av statens vattenfallsverks vattenkraftstationer 1970-1976. Avser verkets egen personal.

Bygge	Antal yrkesskador ¹⁾			Antal milj. arb.- tim.	Antal skador per 1 milj. arb.- tim.	Antal sjuk- dagar	Antal sjuk- dagar per skada
	Totalt	Därav					
		döds- fall	invali- ditets- fall				
Akkats	86	2	1	1,4137	60,8	1287	15
Bastusel	156	1		2,4755	63,0	5659	36
Boden	56	1		1,014	55,2	1754	31
Parki	22			0,4125	53,3	460	21
Randi	53			0,9775	54,2	1060	20
Rebnis	22			0,4223	52,1	354	16
Vietas	347	2	2	6,7828	51,2	8494	24
Vittjärn	54			0,962	56,1	942	17
Summa resp genomsnitts- frekvens	796	6	3 ²⁾	14,4603	55,0	20010	25

1) Färdskadorna till och från arbetet ej inräknade.

2) Det låga värdet antyder bl a få yrkessjukdomar.

När yrkesskadebelastningen från anläggningsskedet skall överföras på kraftverk i bruk måste man anta en livslängd för dessa. Vattenkraftverken har visat sig ha en avsevärt större livslängd än värmekraftverk och vattenfallsverket anser, att man i detta sammanhang bör kunna anta 50 år för vattenkraftverken.

De i tabell 8.2:2 angivna skadorna innefattar även förundersökningsarbeten för kraftverksbyggena. Däremot är som vanligt färdskador till och från arbetsplats ej inräknade. Av tabell 8.2:2 framgår, att uppgivna yrkesskador endast avser vattenfallsverkets egen personal och att dess arbetsinsats var ca 14,5 miljoner arbetstimmar. Dessutom har byggnadsentreprenörer anlitats. Vattenfallsverket har uppskattat den totala arbetsinsatsen till ca 16 miljoner arbetstimmar. Om man antar att yrkesskadefrekvensen för entreprenadpersonalen är ungefär densamma som för verkets egen personal, bör alltså i tabell 8.2:2 angivna antal yrkesskador multipliceras med en faktor $16:14,5 = 1,10$. Med yrkesskador från entrepnadpersonal inbegripna kan dessa alltså uppskattas totalt till

Antal yrkesskador	$1,10 \cdot 796 =$	876
Därav, dödsfall	$1,10 \cdot 6 =$	6,6
, invaliditetsfall	$1,10 \cdot 3 =$	3,3

Med ledning av ovannämnda data kan yrkesskadebelastningen från anläggningsskedet för ett vattenkraftverk med en fiktiv effekt av 1 GWe och en elproduktion av 4,6 TWh per år uppskattas bli, hänförd till driftsskedet och per år:

Antal yrkesskador	$(4,6 \cdot 876) : (3,96 \cdot 50) =$	20,4
Därav, dödsfall	$(4,6 \cdot 6,6) : (3,96 \cdot 50) =$	0,15
, invaliditetsfall	$(4,6 \cdot 3,3) : (3,96 \cdot 50) =$	0,08

De uppskattade totala antalen yrkesskador och dödsfall har medtagits i sammanfattningen över vattenkraftens risker och yrkesskador (avsnitt 8.4).

8.3 ELPRODUKTION

Detta avsnitt inleds med några uppgifter om dammar till vattenkraftverk, eftersom ett dammbrott skulle kunna få svåra följder även för arbetstagarna vid ett kraftverk. Därefter redogörs för elproduktionen och därav förväntade yrkesskador under driftsskedet.

Enligt uppgift från statens vattenfallsverk har energikommisjonen nyligen gett verket i uppdrag att belysa säkerhetsfrågan för dammanläggningar vid vattenkraftverk. Eftersom frågan har ett sammanhang med arbetsmiljön berörs den här. Det sker kortfattat, i huvudsak mot bakgrund av vissa uppgifter och litteraturutdrag m m, som erhållits från vattenfallsverket.

I (86) har International Commission on large dams sammanställt rapporter från 43 nationer om tillbud och olyckor med dammar från år 1800 t o m 1965. Denna källa innehåller beskrivningar av

tekniska omständigheter kring händelserna, men inga uppgifter om verkningarna i form av person- och egendomsskador. Det är dock känt att en del av där beskrivna dammbrott m m medfört mycket svåra skador.

I (87) ger Nylander ett kort referat om katastrofen vid Teton-dammen i Idaho, USA, i juni 1976. Dammen är placerad i en kanjon med branta bergsidor och en ganska bred och flat botten bestående av älvsediment. Den är en kombinerad jord- och stenfyllnadsdamm med höjd 93 m och krönlängd 930 m. Dammen var före dammbrottet i det närmaste färdigbyggd och endast smärre uppsnyggningsarbeten återstod. Det 26 km långa magasinet var nästan helt fyllt och innehöll ca 350 miljoner m³ vatten. Den 3 juni upptäcktes ett mindre läckage, som ansågs sakna betydelse. Den 5 juni ökade läckaget och ca 3 1/2 timme efter denna upptäckt inträffade totalt genombrott. Omkring 40 % av dammkroppen spolades bort. Tio personer omkom. Materiella skador vållades för minst 1 miljard dollar. Genom att befolkningen i hotade områden hann larma i tid, kunde 30 000 personer evakueras. - En undersökningskommision utreder fallet.

Från Sven Nylander, statens vattenfallsverk, har även mottagits några uppgifter om ett dammbrott som inträffade i närheten av Lillehammer i Norge i maj 1976. Det gällde en regleringsdamm för en ny kraftstation, Ropptjerndammen, belägen ca 30 km nordväst Lillehammer. Dammen är en 8 m hög jorddamm, grundlagd på tät morän och med tåtkärna av samma material. Före dammbrottet hade vattenytan under den första dämningen nått 5 cm över kanten på högvattenutskoyet motsvarande en uppskattad magasinvolym av 3,2 miljoner m³. Dammbrottet skedde i anslutning till bottenutskoyet och det uppstod en 30-40 m bred öppning i dammen. Flera byggnader spolades bort av vattenmassorna. Ingen människa kom till skada. - Utredning om dammbrottet pågår.

Även i Sverige har dammbrott och tillbud till sådana inträffat enligt följande uppgifter erhållna från statens vattenfallsverk. I Oxsjö, Selsfors och Ljusne förekom 1932, 1943 resp 1949 tillbud till dammbrott under första dämningen, vilka ej medförde personskador. I Senningsjö inträffade ett dammbrott 1953 och i Satisjaure inträffade 1964 det i avsnitt 8.2 redan nämnda fångdammsbrottet. Dessa medförde dock inte heller personskador. I Stornorrfors brast en utskovslucka 1971, varvid en person omkom nedströms dammen. I Sysseleback inträffade ett dammbrott efter skyfall 1973. Då omkom en person och avsevärda egendomsskador uppstod. Därutöver tillkommer det i avsnitt 8.2 redan omnämnda fångdammbrottet, som i år inträffade i Näs.

I (88) redogör Scherman och Nylander för i Sverige gällande bestämmelser för dammar och för de regler statens vattenfallsverk tillämpar för tillsyn av dem. Enligt vattenlagen krävs tillstånd av myndighet (vattendomstolen) för påbörjande av ett dammbygge och efter avslutat bygge skall dammen inspekteras och godkännas av myndigheten, innan den tas i bruk. Dammens ägare är ansvarig för dess underhåll så länge den är i bruk. Av vattenfallsverkets dammar inspekteras sedan 20 år alla större dammar (ca 200) regelbundet av verkets personal enligt instruktioner om inspektionsförfarandet som uppgjorts för varje enskild damm. Inspektionsuppgifterna har fördelats mellan driftpersonal och särskilda specialister med hänsyn till olika kunskapsområden m m. Säker-

heten bedöms bl a med hjälp av kvalificerade mätningar av t ex läckage, jordtryck och sättningar. De anordningar, som behövs för detta, inbyggs i dammen från början. Svenska Kraftverksföreningens Stiftelse för Tekniskt Utvecklingsarbete (VAST) har utgett rekommendationer för tillsynen av de dammar (ca 200) som hör till de enskilda kraftverksföretagen. Enligt vattenfallsverket liknar dessa rekommendationer verkets egna regler.

I Sverige ligger bebyggelsen i allmänhet långt nedströms dammarna. Om ett dammbrott eventuellt skulle inträffa bromsas flodvågen upp genom olika sjösystem. Personer i farozonen kan därigenom hinna varnas och sätta sig i säkerhet. Vid ett kraftverksbygge kan dock ett fångdammsbrott medföra betydande risk för arbetstagarna. Se avsnitt 8.2.

För drift av en vattenkraftstation krävs en jämförelsevis låg arbetsinsats. Åtskilliga stationer är fjärrstyrda från i vissa fall gemensam central. Statens vattenfallsverks driftspersonal består av maskinister och ett antal tillsynsgrupper med olika arbetsuppgifter samt personal, som sköter transportererna för tillsynspersonalen. Tillsynen omfattar även underhåll och kan gälla maskiner, elanläggningar, lyftanordningar, tryckkärl, dammar och byggnader etc. För underjordsstationer tillkommer även tillsyn av berggrummens bestånd. Under 1975 hade vattenfallsverket 791 personer sysselsatta med driften av verkets vattenkraftstationer. Från vattenfallsverket har erhållits vissa tekniska data för perioden 1971-1975 om verkets vattenkraftstationer. Se tabell 8.3:1. Vidare har erhållits uppgifter om inträffade yrkesskador vid driften av dessa kraftstationer under samma period. Se tabell 8.3:2.

Tabell 8.3:1 Tekniska data för statens vattenfallsverks vattenkraftstationer under 1971-1975

År	Antal stationer	Energiproduktion, TWh	Installerad effekt, GW
1971	45	26,6	5,417
1972	47	27,4	5,533
1973	49	29,4	6,099
1974	51	29,5	6,125
1975	52	29,7	6,300
Summa			
1971-1975	-	142,6	-
Medelvärde			
1971-1975	49	28,52 ¹⁾	5,8948 ¹⁾

1) Härav $28,52:5,8948 = 4,8$ TWh per 1 GW och år, vilket motsvarar $(100 \cdot 4,8) : (10^{-3} \cdot 24 \cdot 365) = 55\%$ fulldriftstid.

Av tabell 8.3:1 framgår bl a att en vattenkraftstation med en fiktiv effekt av 1 GWe i detta fall bör anses ge en energiproduktion av 4,8 TWh per år (Jämför avsnitt 8.2).

Tabell 8.3:2 Yrnesskador för driftspersonalen vid statens vattenfallsverks vattenkraftstationer under 1971-1975

År	Antal yrnesskador			Antal sjukdagar	Sjukdagar per skada
	Totalt	Därav			
		dödsfall	inval.fall		
1971	47	0	0	822	17
1972	52	0	0	1105	21
1973	40	0	0	730	18
1974	55	0	0	1259	23
1975	27	0	1	557	21
Summa resp genom- snitt	221	0	1	4473	20

Av tabell 8.3:2 (jämförd med 8.3:1) framgår, att driften av en vattenkraftstation medför relativt få och lindriga yrnesskador. Av mottagen rapport (89) från vattenfallsverket framgår, att yrnesskador vid driftarbete främst orsakats av fall på befintlig eller till lägre nivå; eller inträffat vid lyftning, bärning eller liknande hantering; eller vid arbete med handverktyg, redskap e d. - I detta sammanhang kan nämnas, att radon, härrörande från grundvattnet, påvisats vid några maskinstationer i drift. Lokalt har halter överstigande radonanvisningarnas grundvärde (30 pCi/l, radondotterhalt) uppmätts. Även under anläggningsskedet har i ett fall radon överstigande grundvärdet påvisats vid drivning av en avloppstunnel. I anläggningsskedet krävs av andra skäl en mer intensiv ventilation.

Med ledning av de i tabellerna 8.3:1 och 8.3:2 angivna uppgifterna kan yrnesskadorna från driftsskedet för ett vattenkraftverk med en fiktiv effekt av 1 GWe och en elproduktion av 4,8 TWh per år uppskattas bli per år:

Antal yrnesskador	$(4,8 \cdot 221) : 142,6 = 7,4$
Därav, dödsfall	$(4,8 \cdot 0) : 142,6 = 0,00$
, invaliditetsfall	$(4,8 \cdot 1) : 142,6 = 0,03$

De uppskattade totala antalen yrnesskador och dödsfall har medtagits i sammanfattningen över vattenkraftens risker och yrnesskador (avsnitt 8.4).

8.4 VATTENKRAFTENS RISKER OCH YRKESSKADOR

Vattenkraft som energikälla omfattar egentligen endast ett processled, elproduktion. Driftsskedet föregås emellertid av ett anläggningsskede, vattenkraftsbygget. För detta krävs i regel en

mycket stor insats under jämförelsevis svåra arbetsförhållanden. Vid användning av vattenkraft som energikälla präglas därför risker och därav föranledda skyddsåtgärder i första hand av arbetsmiljön under anläggningsskedet. Driftsskedet, elproduktionen, kännetecknas däremot av jämförelsevis låg risk för yrkesskador, i regel av lindrig art. Ett dammbrott skulle dock kunna medföra svåra skador.

En annan faktor som karakteriserar vattenkraften är, att den installerade effekten av olika skäl (se avsnitt 8.1) utnyttjas i jämförelsevis låg grad. Ett vattenkraftverk med fiktiv effekt 1 GWe har för anläggningsskedet antagits producera 4,6 TWh per år (omfattande 52.5 % fulldriftstid) och för driftsskedet producera 4,8 TWh per år (omfattande 55 % fulldriftstid). Skälen till de olika antagandena framgår av avsnitten 8.1-8.3. Det bör observeras att båda fallen ger en ofördelaktig uppskattning av vattenkraftverkens funktion. Ty, när vattenkraftverken producerar toppkraft eller inträder som reserv vid driftstörningar eller revisioner av värmekraftverk, bidrar de till elkraftsystemets helhetsfunktion.

Vidare erinras om att den utbyggnadsvärda vattenkraft, som återstår i Sverige, är rätt begränsad, i synnerhet om man förutsätter måttliga skador på yttre miljön. Förutsättningar för en ny kraftstation med effekt 1 GWe saknas. Den största ifrågasatta enskilda utbyggnaden avser en station med effekt 400 MW, dvs 0,4 GW. När här talas om en vattenkraftstation med effekt 1 GWe avses alltså en fiktiv station. Se avsnitt 8.1.

Vattenkraftcykelns yrkesskador uppdelade på anläggningsskede, dvs kraftverksbygge och elproduktion och hämtade från avsnitten 8.2 och 8.3 har nedan sammanfattats. I fråga om detaljer hänvisas till berörda avsnitt. Yrkesskadorna är framräknade för ett vattenkraftverk med en fiktiv effekt 1 GWe och gäller per år. Anläggningsskedet är relaterat till driftsskedet under antagande av, att kraftverket har 50 års livslängd och att det under normal drift (omfattande 52.5 % fulldriftstid) producerar 4,6 TWh per år. För elproduktionen (driftsskedet) har däremot antagits, att kraftverket under normal drift (omfattande 55 % fulldriftstid) producerar 4,8 TWh per år, eftersom denna elenergi faktiskt producerades, då aktuella yrkesskador inträffade. Se avsnitt 8.3 tabell 8.3:1.

Yrkesskador per år för ett vattenkraftverk med en effekt av 1 GWe

Anläggningsskede	
Yrkesskador	20,4
Därav, dödsfall	0,15
Elproduktion	
Yrkesskador	7,4
Därav, dödsfall	0,00
<u>Vattenkraftcykeln, totalt</u>	
Yrkesskador	28
Därav, dödsfall	0,15

Yrkesskadorna drabbar helt arbetstagare i Sverige.

9 ÖVRIGA ENERGIKÄLLOR

9.1 ALLMÄNT

De bedömningar som här görs om övriga energikällor är i huvudsak grundade på uppgifter i (29) och (90-96). Utöver de energikällor, som behandlats i avsnitten 2-8, skulle vind, sol och jordvärme möjligen kunna utnyttjas för elproduktion i Sverige. För dessa energikällor ges därför några allmänna synpunkter på arbetsmiljön mot bakgrund av de förfaranden som förväntas komma att tillämpas vid deras utnyttjande. Se avsnitten 9.2-9.4. I fråga om andra energislag kan följande framhållas.

För fusionsenergi dras i (93) och (96) vissa allmänna slutsatser om riskerna med joniserande strålning, som dock faller utom ramen för denna redogörelse. Utvecklingen av metoder för utnyttjandet av fusionsenergi har inte nått ett sådant skede, att någon bedömning av arbetsmiljön i övrigt är möjlig.

Av (93), (94) och (96) framgår att många metoder har föreslagits för utnyttjande av vågenergi för elproduktion. Några av dessa är kanske praktiskt genomförbara, men något vågkraftverk har ännu inte konstruerats. Dessutom är förhållandena i Sverige inte särskilt gynnsamma för att utnyttja detta slag av energi. Detta beror bl a på, att våghöjden i svenska farvatten blir relativt liten, eftersom vågorna byggs upp på korta sträckor. Inom nämnden för energiproduktionsforskning pågår en utredning om vågenergi i Sverige. Av det sagda framgår, att arbetsmiljön vid utnyttjande av vågenergi ännu inte kan bedömas. - I detta sammanhang kan nämnas, att i Sverige saknas naturliga förutsättningar för tidvattenkraftverk.

Man har även ifrågasatt utnyttjande av temperaturskillnaden mellan ytvattnet och bottenvattnet i havet (temperaturgradientenergi). I svenska farvatten anses dock temperaturskillnaden vara för låg och för kortvarig för att kraftverk skulle kunna byggas enligt denna princip i Sverige (96).

Saltvatten och sötvatten åtskilda av membran har olika lösningstryck (osmotiskt tryck), som ger upphov till diffusion. Denna kan möjligen styras så att en spänningsskillnad byggs upp (96). Denna skulle eventuellt kunna utnyttjas för elproduktion. (Saltgradientenergi). Något sådant "saltgradientkraftverk" har ännu ej utförts, men den omvända processen, avsaltning av havsvatten tillämpas. Nämnden för energiproduktionsforskning avser att projektera ett saltgradientkraftverk vid utloppet av Nordre älv (avgrening av Göta älv). Någon bedömning av arbetsmiljön kan ännu inte göras för denna eventuellt användbara energikälla.

Andra tänkbara vägar för energiproduktion är produktion av biomassor genom fotosyntes, produktion av vätgas ur vatten med hjälp av vissa enzymer och kvävefixering likaledes med hjälp av vissa enzymer (92). Dessa former för energiproduktion torde vara i ett forskningssskede, som inte medger någon bedömning av arbetsmiljön.

9.2 VIND

Med ledning av uppgifter i (92)-(96) redogörs här först för förutsättningarna för utnyttjande av vind för elproduktion i Sverige. Härvid görs även vissa antaganden om storlek, beskaffenhet, uppförande och drift av vindkraftverken och om energilagring i anslutning till dem. Mot denna bakgrund bedöms arbetsmiljön för vindkraftverk genom vissa jämförelser med vattenkraftverk.

Vinden kan utnyttjas för elproduktion med hjälp av en vindturbin, som driver en generator. Vinden bromsas upp, då den blåser genom den av vindturbinens propeller svepta cirkelytan. Vid förlustfritt energiutbyte mellan luftström och propeller blir den till propellern överförda effekten störst, när vinden efter propellern bromsats till en tredjedel av den ursprungliga. Teoretiskt kan då 59 % av vindens rörelseenergi omvandlas. Den alstrade effekten är proportionell mot den svepta ytan och mot vindhastighetens tredje potens. Sistnämnda innebär, att effekten ökar åttafaldigt om vindhastigheten fördubblas och att den minskar till en åttondel om hastigheten halveras. Vindhastigheten skiftar kraftigt med tiden, från timme till timme, dygn till dygn, månad till månad och år till år. För avstämning med elförbrukningen måste alstrad vindenergi därför lagras i någon form. Vindhastighetens variationer anges i olika hastighetsintervalls frekvenser under året. Medelvindhastigheten för ett år är produktsumman av varje intervallmitt och tillhörande frekvens. Vindhastigheten varierar från plats till plats och med höjden över mark. Sverige har de högsta medelvindhastigheterna i närheten av kusterna. Där kan de röra sig om 6-8 m/s på 10 m höjd, jämfört med 3-4 m/s i inlandet. På grund av markfriktionen ökar vindhastigheten med höjden över marken. I kustterräng är den tillgängliga vindenergin på 100 m höjd i regel drygt dubbelt så stor som på 10 m. Vid konstruktion av vindkraftverk måste den maximala hastigheten i en vindby beaktas. Efter svenska kusten har vindhastigheter, räknade som medelvärde under 10 min, av upp till ca 40 m/s uppmätts.

I utlandet finns vissa erfarenheter från vindkraftverk, som försöksvis brukats men nedlagts p g a bristande lönsamhet, driftstörningar e d. Effekterna har i regel rört sig om 0,1-0,2 MW. Den största effekten, 1,25 MW, hade ett kraftverk i USA, som drevs under början av 40-talet. I Frankrike var ett vindkraftverk med effekt 0,8 MW i drift 1958-1963. Ett annat kraftverk i Frankrike, med effekt 1 MW, var i bruk sju månader (1963-1964), då driften inställdes p g a axelbrott. En försöksanläggning i Ohio, USA, med effekt 0,1 MW togs i drift 1975. I Danmark byggs ett vindkraftverk på Jylland för en effekt av 2 MW. I Sverige byggs en provanläggning vid Älvkarleby, effekt 0,05 MW. Ett stort antal utredningar pågår, som rör olika områden av utnyttjandet av vind för elproduktion.

Södergård har i (95) sökt definiera en vindturbin konstruktion för en vindkraftutbyggnad i Sverige av 4 GW. Han har därvid utgått från en referensturbin med effekt 0,5 MW och använt den som utgångspunkt för beräkningar av bl a större vindturbiner av lika konstruktion. En sådan turbin skulle, sammanfattat, se ut på följande sätt.

Vindturbinen har två propellerblad av t ex kryssfänér eller glasfiberarmerad plast, som är vridbart lagrade runt sin längdaxel i propellernav av stål. I propellernavet finns mekanismer för samordnad vridning av bladen. Omställningskraften kommer från en servomotor i gondolen. Propellern roterar runt en fast, kort rörformig axel, fäst i gondolens plåtskal. Propellerns vridande moment överförs via en lång axel av tunnväggigt stålrör, kuggväxel och friktionskoppling till generatormasten. Masten är ett stålrör med invändiga förstyvningsringar, kombinerade med vilplan för invändig trappa eller stege. Masten transporteras i tre delar till montageplatsen och skruvas samman där. Kuggväxel, generator, nav, propellerblad m fl färdiga huvuddelar transporteras var för sig till montageplatsen. Där utförs monteringen med masten liggande utmed marken, till en så gott som färdig vindturbin. En av staglinorna, två hjälpmaster och en vinsch används för resning av vindturbinen. - Generatormasten utgörs av en med växelriktarutrustning försedd likströmgenerator, som utjämnar snabba effektpulsationer. Vid låg vindhastighet är generatormasten frikopplad från propellern medelst en hydrauliskt manövrerad koppling på generatormasten. Det underlättar för propellern att dra igång i svag vind. När vinden ökar, ansluter kopplingen till generatormasten. Varvtalet anpassas till vindhastigheten genom reglering av generatormastens magnetisering. Vid hård vind har propellern fullt varvtal. Överskottseffekt avvärs genom ändring av propellerbladens stigningsvinkel, som påverkas av avkänningsdon för vindhastighet, varvtal, effekt och generatormasttemperatur. Det finns också gränsvärdesvakter för kraft i staglinor, vibration och oljenivå i kuggväxel. Reglering och gränsvärdesövervakning samordnas i en driftprogrammenhet. Om tillåtna gränsvärden överskrids, blir propellerbladen flöjlande och propellern går ned till lågt varvtal även i storm. Då upphör överbelastningarna.

Enligt (95) ger en optimal 0,5 MW vindturbin full effekt vid en vindhastighet av 10,1 m/s, varvid förutsatts en viss varaktighetskurva för vindhastigheten med årsmedelvärdet 7,1 m/s. Referenskurvan uppges ha valts så, att det skulle finnas tillräckligt många platser för vindturbiner med vindresurser av den klassen vid 4 GW vindkraftutbyggnad.

I (95) anges beräknade data för vindturbiner av ovan angivet slag med effekterna 0,2, 0,5, 1, 2 och 5 MW. Följande tekniska uppgifter utgör utdrag ur dessa data för storlekarna 0,5, 2 och 5 MW:

Effekt, MW	0,5	2	5
Propellerdiameter, m	50	87	125
Navhöjd, m	51	99	142
Full effekt vid vindhast., m/s	10,1	11,1	11,8
Propellerspetsarnas omloppshastighet, m/s	96	105	112

Vikt, exklusive transformator och betongfundament, ton	44	263	863
Medeleffekt under året, %	41	41	41
Energiproduktion, MWh/MW, år	3600	3600	3600

För att producera samma mängd elenergi, som ett värmekraftverk med effekt 1 GW, dvs 6,6 TWh per år, skulle vid ovan angiven medeleffekt (41 %) krävas ett antal vindkraftverk med en sammanlagd installerad effekt av $6,6 : (0,41 \cdot 24 \cdot 365 \cdot 10^{-3}) = \text{ca } 1,8 \text{ GW}$. Antalet vindturbiner av storlekarna 0,5, 2 resp 5 MW, som skulle erfordras härför, skulle då bli 3 600, 900 resp 360.

Av de förutnämnda fem turbinstorlekarna ger enligt (95) 0,5 MW den lägsta produktionskostnaden för elenergi. En turbin med effekt 2 MW resp 5 MW skulle medföra ca 20 % resp drygt 40 % högre kostnad. Med stora turbiner minskar naturintranget och valmöjligheten med avseende på placeringen ökar. Den i (95) föreslagna monteringsprincipen torde vara svår att tillämpa för en vindturbin med effekt 5 MW (navhöjd 142 m, vikt med mast 863 ton). För en sådan turbin skulle masten (tornet) kanske behöva glidformsgjutas, vilket torde medföra större arbetsinsats och svårare arbetsförhållanden. Här antas därför skulle krävas 900 vindturbinaggregat, vardera med en effekt av 2 MW. Eftersom även dessa blir höga (navhöjd 99 m) torde det för deras tillsyn och underhåll vara nödvändigt att de utrustas med en person/materielhiss.

Energilagring erfordras, dels för utjämning mellan årstiderna, dels för utjämning från lördag/söndag till veckans arbetsdagar. Vid en eventuell vindkraftutbyggnad av 4 GW anses förstnämnda behov kunna tillgodoses genom samkörning med landets vattenkraftverk. För korttidslagringen föreslås i (95) ett pumpkraftverk med effekt 0,8 GW, som skulle tillgodose nämnda utbyggnad. En fjärdedel därav belastar en vindkraftutbyggnad, vars elproduktion motsvarar ett 1 GW värmekraftverk.

För en vindkraftutbyggnad, som motsvarar ett 1 GW värmekraftverk med 900 vindturbinaggregat à 2 MW av ovannämnt slag och med ett pumpkraftverk på 200 MW (eller motsvarande effektandel i ett större pumpkraftverk) kan följande synpunkter anläggas på arbetsmiljön.

I detta fall blir verkstadsskedets andel av den totala arbetsinsatsen stor, dvs det arbete som krävs för tillverkning av aktuell utrustning. Detta skede kan väntas medföra ungefär samma risker som normalt verkstadsarbete. För värmekraftverken och vattenkraftverket har i det föregående inte tagits hänsyn till tillverkningskedet. Detta problem har översiktligt berörts i avsnitt 1.1. Av flera skäl torde det knappast vara möjligt att relatera yrkeskadebelastning från verkstadsskede till producerad mängd elenergi. Yrkesskadestatistik, som hänförts till tillverkning av viss enskild produkt skulle behövas; likaså uppgift om den enskilda produktens livslängd. I verkstadsskedet ingår dessutom tillverkning av en serie halvfabrikat för varje enskild produkt etc.

Anläggningskedet för vindkraftverket torde främst inrymma anläggandet av primitiva vägar, transporter av utrustning och material, gjutning av betongfundament, montering av vindturbinag-

gregat och transformatorbygge m m. Dessa arbeten påminner om anläggningsskedet för ett vattenkraftverk, med undantag för monteringen av vindkraftaggregatet, som närmast torde motsvara monteringen av telemaster e d. Anläggandet av pumpkraftverk för energilagring liknar mer kraftverksbygget.

Driftsskedet torde främst karakteriseras av tillsyn och underhåll samt reparationer vid eventuella driftavbrott. Om vindkraftverken, liksom många vattenkraftverk, kan hållas obemannade, torde driftsskedet i huvudsak komma att likna det vid vattenkraftverket. Personaltransporterna torde dock bli mer omfattande p g a det stora antalet vindkraftverk. - Risken för propellerbrott har uppmärksamats. Denna fråga, som i hög grad även rör allmänhetens säkerhet, utreds f n av nämnden för energiproduktionsforskning. En tillförlitlig propellerkonstruktion som begränsar risken för propellerbrott kan behöva kompletteras med möjlighet att utbyta propellerblad för kontroll av utmattningssprickor e d. Vindkraftverket torde därför böra vara utfört så, att sådant utbyte kan ske på ett för arbetstagarna riskfritt sätt. Även skador genom isbildning på propellerbladen måste förebyggas. - Andra miljöfaktorer som måste uppmärksammas är buller, vibrationer och infaljud.

Arbetsinsatsen för anläggandet av vindkraftverk räknat per producerad energimängd torde bli ungefär densamma som för vattenkraftverket. Vissa kostnadsuppgifter ger en antydning härom. Dock tillkommer för vindkraftverken en arbetsinsats för anläggandet av pumpkraftverk för energilagring. Arbetets art kan delvis förväntas bli likartat. Samma gäller, men kanske i högre grad, driftsskedet. De yrkesskador per år som i avsnitt 8.4 uppskattats för vattenkraftverk kan därför förväntas även för vindkraftverk, eventuellt något större antal p g a tillskottet från ovannämnda pumpkraftverk.

9.3 SOL

Solenergi kan utnyttjas för uppvärmning eller för elproduktion. Uppvärmning med hjälp av solfångare eller andra system kan bli en betydelsefull faktor för energisparande. Dessa förfaranden berörs dock ej här. Liksom för andra energikällor berörs här endast solenergi för elproduktion. Vad nedan sägs är i huvudsak grundat på uppgifter i (94) och (96). Beträffande användning av snabbväxande träd som energikälla. se avsnitt 6.1.

I Sverige är förutsättningarna för elproduktion med hjälp av solenergi inte särskilt gynnsamma. Solstrålningens ojämna fördelning över årtiderna nödvändiggör en komplettering från andra energikällor eller långtidslagring av elenergin. Dessutom kommer en stor del av instrålningen i form av diffus strålning, dvs strålar från alla delar av en mulen himmel. Sådan strålning kan inte koncentreras. Utnyttjande av solenergi bör i Sverige därför främst inriktas på plana solfångare, som även förmår ta vara på diffus strålning. För elproduktion via ångsystem krävs hög temperatur och därför någon form av fokuserande solfångare. Förutsättningarna för sådana är dåliga i Sverige p g a den stora andelen diffust ljus. Denna form för elproduktion berörs därför ej

vidare här. För Sverige anses endast direkt omvandling av solenergi till elenergi i halvledarelement (solceller) vara av något intresse. Solcellen är ett halvledarelement, som avger elektrisk ström då det träffas av fotoner (ljus) med en energi, som överstiger ett visst tröskelvärde. Av bl a detta skäl är energiomvandlingen teoretiskt begränsad till en verkningsgrad av i regel högst 25 %. Solceller tillverkas vanligen av enkristaller av kisel. Andra ämnen tillsätts i mycket små mängder för att ge rätta halvledaregenskaper. Kiselceller med verkningsgrader på 13-16 % marknadsförs nu. Solceller av kadmiumsulfid håller på att utvecklas. De ger lägre verkningsgrad men kan möjligen leda till lägre tillverkningskostnader. Priset på kiselceller är ännu alldeles för högt för att de skulle kunna användas i stor skala för elproduktion. En godtagbar prisnivå anses möjligen kunna uppnås inom 10 år.

I (96) förordas utnyttjande av befintliga söderorienterade hus-tak för installation av solceller. Kostnader för ställningar och markområden bortfaller och nära anslutning finns till el- eller värmesystem. Likströmmen från solcellerna förutsätts omformas till växelström för kraftnätet. Vid en verkningsgrad av 20 % upp-ges 100 km² solcellsyta motsvara ca 30 TWh elproduktion per år. Centrala solcellkraftverk skulle även kunna anordnas fristående från byggnader. Om man antar, att ett sådant kraftverk skulle dimensioneras för en årlig elproduktion av 6,6 TWh, dvs den pro-duktion som ett 1 GWe värmekraftverk ger, skulle det krävas en solcellsyta av $(6,6 \cdot 100) : 30 = 22 \text{ km}^2$ (4,7·4,7 km).

Av det sagda framgår bl a, att för att solcellkraftverk med en årlig elproduktion, som motsvarar den för ett 1 GWe värmekraft- verk, dvs 6,6 TWh, skulle krävas en mycket stor arbetsinsats en- bart för tillverkning och montering av solcellerna. Dessutom tillkommer anläggning för långtidslagring av elenergi eller för samordning med andra energikällor.

Arbetsmiljön vid tillverkning och i anläggningsskedet kan förvån- tas likna den som förekommer vid normalt verkstads- resp anlägg- ningsarbete. Under driftsskedet torde tillsyn, underhåll o d kräva en jämförelsevis låg arbetsinsats och medföra låg risk för yrkesskador. - Det bör dock observeras, att, om kadmiumsulfidcel- ler skulle tas i bruk för solcellkraftverk, måste tillförlitliga skyddsåtgärder vidtas mot kadmiumförgitning och risker för ohäl- sa genom inandning av rök av kadmium eller dess oorganiska före- ningar. Rigorösa skyddsåtgärder krävs främst i samband med till- verkning och skrotning. - Den totala yrkesskadebelastningen för ett solcellkraftverk skulle närmast kunna väntas bli jämförbar med den för ett vindkraftverk.

9.4 JORDVÄRME

Jordvärme (geotermisk energi) kan utnyttjas för uppvärmning el- ler elproduktion. Här belyses förutsättningarna för utnyttjande av jordvärme för elproduktion i Sverige och förväntad arbetsmil- jö vid en sådan verksamhet. Det sker mot bakgrund av uppgifter i (90), (91), (93), (94) och (96).

Värmet i jordens inre har bildats i huvudsak genom sönderfall av radioaktiv materia i bergmassorna och delvis genom inre friktion vid formförändringar i jordklotet. Jordvärmets kan enkelt tillgodogöras på rätt få platser, i anslutning till s k jordvärmefält. Sådana finns i områden med geologiskt sett unga formationer, oftast med sentida vulkanism. Temperaturgradienten (temperaturökningen per km) är, t ex i de isländska jordvärmefälten 100-200°C/km, men rör sig normalt om 8-40°C/km. Beroende på hur den geotermiska energin uppträder skiljs mellan tre slag av jordvärmefält:

- (1) Fält med torr ånga (ibland t o m överhettad).
- (2) Våta fält med hett vatten eller en blandning av hett vatten och ånga.
- (3) Fält med het torr bergmassa.

I Sverige torde de geologiska förutsättningarna saknas för att man skulle kunna påträffa jordvärmefält av typ (1) eller (2) på måttligt djup. För varmvattenproduktion skulle dock vissa djupgående sprickzoner (främst en i Skåne) kunna utnyttjas genom åderlätning. Det är vidare tänkbart att den sedimentära berggrunden i södra och sydöstra Sverige på stort djup innehåller varmvattenförande lager av sådan storlek, att de skulle kunna utnyttjas för varmvattenproduktion genom tömning och återinjektering. Utnyttjandet av sådana förekomster behandlas ej här. I det följande berörs därför endast utnyttjandet av fält av typ (3). De karakteriseras av värmeledning i täta bergmassor.

I Svenska Gruvföreningens regi har temperaturmätningar utförts i djupa borrhål vid 24 svenska gruvor. Resultaten från dessa visar en temperaturgradient, som i mellersta och norra Sverige varierar mellan 10 och 20°C. Vid borrhningar för oljeprospektering i kambrosiluriska och yngre bergformationer i södra och östra Sverige har ett sextiotal temperaturmätningar utförts. I Skåne tyder dessa mätningar på en temperaturgradient av 20-25°C/km och på Gotland 30-40°C/km. I enstaka fall har gradienter över 40°C/km påvisats både i Skåne och på Gotland. - Det värme som bildas av radioaktivitet i en bergmassa kan, t ex för vissa graniter, vara av samma storleksordning som det underifrån kommande värmeflödet. Flödet underifrån utgörs av produkten av temperaturgradienten och bergartens värmeledningstal. Det är därför möjligt att delar av den svenska berggrunden, främst vissa granitmassiv, har högre temperaturgradient än de som hittills påvisats enligt ovan.

För utvinning av jordvärme ur tätt, hett berg krävs värmeväxling på konstlād väg genom cirkulation av vatten i berget. Två system för uppspräckning av berget har främst diskuterats, nämligen hydraulisk uppspräckning och uppspräckning genom detonation av stora kärnladdningar. Sistnämnda system är oprövat, anses medföra stora problem och berörs därför ej här. Hydraulisk uppspräckning tillämpas däremot vid utvinning av olja och naturgas. För utvinning av jordvärme har hydraulisk uppspräckning utvecklats vid University of California, Los Alamos Scientific Laboratory. Detta system innebär i huvudsak följande enligt Lindblom (90).

Ett hål borras ned i det heta berget och förses med foderrör av stål. Några hundra meter ovanför hålets botten perforerar man

foderröret genom att avfyra projektiler inifrån hålet. En manschett fästs ovanför det perforerade stället. Utrymmet under manschetten fylls med vatten och vattentrycket ökas mycket kraftigt med högtryckspump. Berget utanför perforeringen spricker så småningom upp och bildar en ellipsformad, vertikal dragspricka, hundratals meter hög. Så småningom uppkommer också vertikala termosprickor, när berget kyls av det cirkulerande vattnet. Sprickorna hålls öppna genom vattentrycket.

Ett nytt hål borrar på ca 50 m avstånd från det första till ett sådant djup, att det når sprickans övre del. Sedan pumpas kallt vatten ned i det första, djupare hålet. Vattnet strömmar genom spricksystemet, värms upp och går genom det grundare hålet till markytan. På markytan passerar vattnet en värmväxlare, fortfarande under mycket högt tryck och leds därifrån ned i det djupare hålet. Vattnet cirkulerar så småningom genom naturlig konvektion.

Med ett tiotal dylika system, vardera med ca 500 m höga sprickor i berg av 270°C, skulle man enligt (90) kunna producera i medeltal 200 MW termisk effekt i minst 10 år. Genom hydraulisk uppspräckning i mindre hett berg skulle stora mängder varmvatten kunna utvinnas för bl a elproduktion i slutna system. Varmvattnet får då i en värmväxlare förångas en sekundär vätska med låg kokpunkt. Ångan driver ett turbin/generatoraggregat och kondenserad vätska återgår till värmväxlaren. System med isobutan som sekundärvätska har utprovats i USA. I Sovjet finns ett kraftverk, där flytande freon värms av naturligt varmvatten av temperatur 83°C, kokar och överhettas till 55°C. Freonångan driver en radialturbin, kondenseras och återanvänds. Kraftverket togs i drift 1967 och hade 1973 en kapacitet av 29 MW.

För elproduktion i stor skala med jordvärme som energikälla krävs många, djupa och grova borrhål. I Sverige kan man vänta sig, att håldjup av åtminstone 3-5 km skulle behövas. Foderröret i hålet bör ha en innerdiamter av 0,15-0,35 m. Teknik för borrhoring av så djupa och grova hål i sedimentära bergarter brukas i stor omfattning i samband med oljeutvinning. Se avsnitt 3.2.1. Borrhoring för utvinning av jordvärme i berg med hög temperatur försvårar dock kylning av borrhkronan. Främst bör dock observeras att för borrhoring av så djupa och grova hål i mycket hårda bergarter, granit e d. finns ännu ingen teknik utprövad. Klena hål med bottendiameter 0,06 m har i sådana hårda bergarter i Sverige borrats till ca 4,5 km djup med roterande nötande borrhoring med diamantborrkrona (kärnborrkrona). Ett sådant hål skulle möjligen successivt kunna upprymmas, men skulle säkert dra många gånger högre kostnader än ett motsvarande hål borrar i en sedimentär bergart med den vid oljeborrhoring tillämpade tekniken. Stora ansatser görs dock på att utveckla borrhoringstekniken för bl a hårda bergarter.

Av det sagda framgår att förutsättningarna för elproduktion med jordvärme som energikälla är rätt ogynnsamma och att en sådan eventuell elproduktion sannolikt endast skulle kunna bli av marginell betydelse. Den måste även föregås av en omfattande prospekteringsverksamhet, som fördröjer ett ev produktionskede.

Den arbetsmiljö som kan förväntas från elproduktion baserad på jordvärme är f n svår att bedöma. Någon kvantitativ uppskattning av totala yrkesskadebelastningen kan inte göras. Sannolikt skulle

den yrkesskadebelastning som härrör från anläggningskedet bli dominerande. Borrningen av utvinningshål torde då kräva den största arbetsinsatsen. Borrningsarbetet kan medföra betydande risk för mekaniska skador genom roterande maskindelar, vid hantering av tunga föremål, genom fallande föremål och risk för fall från borrhällningar e d. Maskinbullret kan medföra risk för hörselskador. Hantering av kemikalier, oljor etc kan ge upphov till andra yrkessjukdomar. Driftsskedet kan väntas medföra en jämförelsevis låg risk för yrkesskador. Explosionsrisken vid ev användning av isobutan för turbindrift måste uppmärksammas.

Den allmänna bakgrunden till beskrivningen av arbetsmiljö vid energiproduktion har getts i avsnitt 1. Bakgrunden för den enskilda energikällan har getts i det inledande avsnittet för denna; underrubrik "Allmänt". För energikällans skilda processled har sedan deras bakgrund och processer belysts och beskrivits. Detta har varit nödvändigt som underlag för den därpå följande beskrivningen av processledets arbetsmiljö och uppskattningen av processledets yrkesskador. Energekällans risker och yrkesskador har sedan sammanfattats med hjälp av uppgifterna från dess skilda processled. På så sätt har energikällorna kol, olja, naturgas, torv, ved, kärnkraft och vattenkraft behandlats (avsnitten 2-8). Tonvikten har lagts på kol, olja och kärnkraft. Beträffande sistnämnda har dock även hänvisats till statens strålskyddsinstututs rapport för energi- och miljökommittén om kärnkraftens hälso- och miljöeffekter. Naturgas, torv, ved och vattenkraft har behandlats mer kortfattat; detta av skilda skäl, som framgår av avsnitten 4.1, 5.1, 6.1 och 8.1.

Bland övriga energikällor har av skäl, som anges i 9.1, endast vind, sol och jordvärme närmare berörts. Se 9.2-9.4. För dessa energikällor har vissa tänkbara processer för energiproduktion (elenergi) kort beskrivits och synpunkter givits på arbetsmiljön. I fråga om förväntade yrkesskador har för vindkraft i 9.2 gjorts vissa jämförelser med vattenkraft. Dessa jämförelser ledde till att vindkraften har bedömts ungefär likvärdig med vattenkraften; eventuellt med något ogynnsammare slutsats vad gäller vindkraften. För ett solcellkraftverk har i 9.3 den totala yrkesskadebelastningen bedömts kunna bli jämförbar med den för ett vindkraftverk. Någon bedömning av yrkesskador från energiproduktion med hjälp av jordvärme har inte kunnat göras. Se 9.4.

Det har visat sig svårt att kvantitativt uppskatta yrkesskadorna från olika energikällor. En sådan uppskattning har dock gjorts för de sju energikällorna kol, olja, naturgas, torv, ved, kärnkraft och vattenkraft med de resultat som framgår av avsnitten 2.5, 3.7, 4.5, 5.5, 6.5, 7.8 och 8.4. Resultaten har sammanfattats i tabell 10:1. Noggrannheten för de uppskattade värdena kan röra sig om ungefär $\pm 10-20\%$ under de förutsättningar som antagits gälla i de enskilda fallen. Med hjälp av tabellen jämförs längre fram i detta avsnitt den förväntade yrkesskadebelastningen från de olika energikällorna. Först måste dock förutsättningarna för en sådan jämförelse ytterligare belysas mot bakgrund av gjorda antaganden m m. Förutsättningarna för jämförelsen sammanhänger främst med hur verksamheterna till art, tid och plats har kunnat avgränsas, tillgänglig yrkesskadestatistik i de enskilda fallen samt redovisningssättet.

Verksamheternas avgränsning. - Verksamheterna som statistiska objekt måste avgränsas med avseende på djupet, landet, metoden och tiden.

(1) Verksamhetsdjupet. - Tre skeden medför yrkesskador, nämligen verkstadsskedet, anläggningsskedet och driftsskedet. Med yrkesskadebelastning från verkstadsskedet, avses sådan som härrör från tillverkning av utrustning, som används under anläggningsskedet eller under driftsskedet i anläggningen eller för transporter. Denna belastning har här inte medtagits i något fall, eftersom den är mycket svårfångad. Den kan dock tänkas variera rätt avsevärt för olika energikällor. Man behöver bara jämföra den transportutrustning i form av fartyg och tågsätt etc, som krävs för att furnera ett kol- eller oljekraftverk med bränsle, med den som krävs för drift av ett vattenkraftverk eller ett kärnkraftverk. De förstnämnda kraftverken har en dold yrkesskadebelastning, som gynnar dem vid en okritisk granskning. - Yrkesskadebelastningen från anläggningsskedet är också svårfångad, inte minst om man skulle ta hänsyn till alla processled, vilket hade varit önskvärt. Yrkesskadebelastningen från anläggningsskedet vid utvinning av kol, olja och naturgas torde dock till stor del vara inräknad i den yrkesskadestatistik som här utnyttjats. Vidare har vid utvinning av kärnbränsle (naturligt uran) yrkesskadebelastningen från anläggningsskedet inräknats. För nämnda energikällor har i övriga processled inte tagits hänsyn till yrkesskadebelastningen från anläggningsskedena annat än i fyra speciella fall. De två första fallen berör oljecykeln och gäller bergrumsbygge för lagring av dels råolja vid raffinaderier, dels eldningsolja vid oljekraftverk (se s 75-76 och 94). De två andra fallen berör kärnkraftcykeln och gäller dels anläggandet av kärnkraftverket, dels bergrumsbygge för slutlig förvaring av radioaktivt avfall (se s 140-142 resp 147). För vattenkraftcykeln har däremot tagits hänsyn till yrkesskadebelastningen från alla anläggningsskeden, som för denna cykel endast omfattar ett skede, nämligen kraftverksbygget. Att uppskatta yrkesskadebelastningen från alla processleds anläggningsskeden för alla energikällor har inte varit möjligt här. Ett urval har skett, och belastningen har uppskattats för sådana anläggningsskeden som ansetts vara särskilt viktiga, och samtidigt varit möjliga att belysa. En resterande dold yrkesskadebelastning från anläggningsskeden finns alltså främst för kol, olja och naturgas men även för kärnkraft. Detta gynnar dem, och främst de tre förstnämnda, vid en okritisk jämförelse med vattenkraften. - I fråga om driftsskedet har hänsyn sökt tas till alla processled för alla energikällor.

(2) Verksamhetslandet. - Valet rör endast de energikällor, på vilka värmekraftverk är baserade och för vilka bränslet antingen måste importeras (kol, olja, naturgas) eller rimligen kan importeras (kärnbränsle). Valet påverkar yrkesskadebelastningen från transporten av råvaran, dock i huvudsak endast för kol, olja och naturgas. Se dessutom (3) nedan. - För dessa energikällor har sådana länder valts som förmodats vara gynnsamma som importland. Se berörda avsnitt för dessa energikällor.

(3) Verksamhetsmetoden. - Valet rör främst metoder för utvinning av bränsle i de i (2) angivna fallen. Kol kan utvinnas från dagbrott eller från gruva under jord. Sistnämnda har förutsatts med hänsyn till förmodade importländer. Uranutvinningen, som an-

tagits ske i Sverige, har förutsatts härröra till två tredjedelar från gruva under jord och till en tredjedel från dagbrott. Utvinning av olja och naturgas kan vara havsbaserad eller landbaserad. Uppskattade yrkesskador härrör till dominerande del från landbaserad utvinning. - Alla dessa omständigheter påverkar yrkesskadebelastningen; i ogynnsam riktning med avseende på främst utvinningen av kol, men även i någon mån uran; i gynnsam riktning med avseende på utvinning av olja och naturgas.

(4) Verksamhetstiden. - Vid fördelning av yrkesskadebelastningen från anläggningsskedet till driftsskedet måste vissa antaganden göras för anläggningens livslängd. Jämför (1) ovan och se avsnitten för berörda processled.

Underlaget för yrkesskadestatistiken. - Statistikens allmänna begränsningar har belysts i avsnitt 1.1.

Här skall endast några kommentarer ges. Det har inte visat sig möjligt att precisera yrkesskadorna för energikällorna i sin helhet på annat sätt än att ange totala antalet yrkesskador och antalet dödsfall av dessa. Detta är en brist, som dock delvis upphävs av att för många enskilda processled har yrkesskadornas svårighetsgrad på olika sätt kunnat närmare preciseras. Detta gäller även för starkt yrkesskadebelastade processled. Exempel: kolutvinning. Se i övrigt de enskilda energikällorna. - Det har varit svårt att överföra de normalt tillgängliga frekvenserna i form av skador per nedlagd arbetstid till skador per producerad eller transporterad mängd bränsle, där detta varit nödvändigt. Detta gäller särskilt de från transporter av kol, olja och naturgas härrörande yrkesskadorna. Se berörda avsnitt. - Stora ansträngningar har gjorts för att söka infånga yrkesskador härrörande från entreprenadverksamhet i olika processled. De tyngsta posterna därifrån torde i huvudsak här ha kommit med.

Redovisningssättet. - Yrkesskadorna har hänförts till ett 1 GWe kraftverk och har räknats per år (verkdraftsår). De sex värmekraftverken har förutsatts vara kondenskraftverk. Skälen härtill är följande. Effektenheten, 1 GWe, har valts därför att i all tillgänglig utländsk litteratur, där motsvarande jämförelser gjorts mellan några av de berörda energikällorna, har denna enhet använts. Denna litteratur har här delvis utnyttjats. Valet har alltså i någon mån underlättat beräkningarna. Användning av en energienhet som relationstal vore i princip att föredrag men spelar för värmekraftverken ingen roll, eftersom de alla ansetts kunna producera samma energimängd, 6,6 TWh per år. För vattenkraftverket har en omräkning skett till den lägre energimängd per år som detta ansetts kunna producera. Som framgår av avsnitt 8.1 kan denna fråga diskuteras, men är inte av någon större betydelse vid jämförelsen. - Kondenskraftverket har valts som jämförelseobjekt därför att detta, till skillnad från kraftvärmeverket, ger en entydig bild av energiproduktionen (elenergi).

Av redogörelsen för de enskilda energikällorna framgår, att ett kraftverk med så hög effekt som 1 GWe inte skulle bli aktuellt, om det baseras på vattenkraft, och knappast heller om det baseras på torv eller ved. För dessa energikällor skulle snarast ett kraftverk av storleksordningen 0,1 GWe komma i fråga. För vattenkraftverket medför detta ingen felbedömning, eftersom yrkesskadestatistiken för detta grundar sig på kraftverk av ungefär sist-

nämnda storlek. Jämför avsnitten 8.2 och 8.3 (tabellerna 8.2:1 resp 8.3:1). Hur yrkesskadebelastningen skulle utfalla för tio 0,1 GWe kraftverk baserade på torv eller ved, jämförda med den för ett fiktivt 1GWe kraftverk är svårare att säga. Utvinningen av bränsle borde dock medföra lika antal yrkesskador i de båda fallen. Bränsletransporterna torde medföra färre antal skador i fallet tio 0,1 GWe kraftverk p g a kortare transportsträckor. Elproduktionen torde i samma fall däremot medföra ett större antal skador, eftersom ett större antal personer skulle krävas för kraftverkens drift. Dessa förhållanden kan tänkas uppväga varandra och medföra ungefär lika totalt antal yrkesskador i de båda fallen.

Med hjälp av tabell 10:1 och mot ovan angivna bakgrund kan yrkesskadebelastningen från de olika energikällorna jämföras. I tveksamma fall kan det då vara lämpligt att söka vika dödsfallen i förhållande till övriga skador. Som förut nämnts (avsnitt 1.2) antar riksförsäkringsverket vid beräkning av svårhetstal, att ett dödsfall motsvarar 7 500 förlorade arbetsdagar. Om man här dessutom antar att övriga skador i genomsnitt medför 25 förlorade arbetsdagar, kan $7500:25 = 300$ användas som ungefärligt omräkningstal. Om man främst jämför kol, olja, naturgas, kärnkraft och vattenkraft, finner man följande. Vattenkraft har lägsta yrkesskadebelastningen. Kärnkraften blir något ogynnsammare, om man tar hänsyn till en resterande dold yrkesskadebelastning från vissa anläggningsskeden. Naturgasen ligger tydligt sämre till, om man tar hänsyn till en ännu större andel resterande dold yrkesskadebelastning från anläggningsskeden. Därtill kommer en avsevärt ökad yrkesskadebelastning, om man skulle försätta havsbaserad utvinning. Motsvarande höjda värden kan väntas för oljan, som får en tydlig fjärdeplacering. Kolet är tydligt ogynnsammast, särskilt om man betänker att utvinningen kännetecknas av många och svåra skador (se avsnitt 2.2.3, tabell 2.2.3:11). Säkrare arbetsmetoder kan speciellt förväntas vid kolutvinningen, men ändå kommer en uppenbar skillnad att kvarstå mellan olja och kol. Detta skulle även gälla, om kol utvanns i dagbrott. Också skillnaden mellan kärnkraft och olja är tydlig. För de två återstående energikällorna framgår, att torven hamnar mellan kol och olja och att veden torde vara något ogynnsammare än kol. De sju energikällorna kan sålunda med avseende på yrkesskadebelastningen placeras i följande rangordning, om den lägst belastade placeras först.

VATTENKRAFT

KÄRNKRAFT

NATURGAS

OLJA

TORV

KOL

VED

Hänsyn har här inte tagits till var yrkesskadorna inträffar, i utlandet eller i Sverige. För de energikällor, där någon andel av yrkesskadorna hänförs till utlandet, nämligen kol, olja, naturgas och kärnkraft, har denna andel uppskattats till ca 99, 75, 85 resp mindre än 1 %.

Tabell 10:1 Yrkesskador för olika slag av energikällor och deras processled, hänfödda till ett 1 GWe kraftverk¹⁾ och räknade per år (verkdraftsår).

P = Processled. Y = Antal yrkesskador

Övre siffra = Totala antalet yrkesskador

Under siffra = Antal dödsfall av dessa

Kol		Olja		Naturgas		Torv		Ved		Kärnkraft		Vattenkraft	
P	Y	P	Y	P	Y	P	Y	P	Y	P	Y	P	Y
Utvinning	734 3,6	Utvinning	21 0,2	Utvinning	21 0,2	Utvinning	20 0,0	Utvinning	1296 3,1	Utvinning	13 0,05	Anläggningsskede	20,4 0,15
Transport	237 0,8	Transport råolja	15 0,3	Transport	1 0,02	Transport	230 0,7	Transport	230 0,7	Anrikning	0,2 0,001	Elproduktion	7,4 0,00
Elproduktion	4 0,05	Raffinering	5 0,02	Omvandling NG-LNG-NG	1 0,01	Elproduktion	4 0,05	Elproduktion	4 0,05	Kärnbränsletillverkn.	3 0,00		
		Transport eldn.olja	2 0,04	Elproduktion	2 0,04					Elproduktion	22 0,03		
		Elproduktion	4 0,03							Upparbetn. av använt kb	0,09 0,0001		
										Slutl.förv. av rad.avf.	0,2 0,0003		
										Alla transporter	0,045 0,002		
Summa	975 4,5	Summa	47 0,6	Summa	25 0,3	Summa	254 0,8	Summa	1530 3,9	Summa	39 0,08 ²⁾	Summa	28 0,15

1) För de sex värmekraftverken avses kondenskraftverk.

2) Framtida strålskador i form av cancer väntas medföra ytterligare ungefär 0,1 dödsfall per år. Se avsnitt 7.8.

11 R E F E R E N S E R

- 1 AKA-utredningen. Använt kärnbränsle och radioaktivt avfall
SOU 1976:30 och 31.
- 2 Nordiske naturgasutredningar. Nordisk utredningsserie 1976:1
- 3 Riksförsäkringsverket. Yrkesskador 1971, 1972 resp 1973.
Sveriges officiella statistik. Stockholm 1974, 1975 resp
1976.
- 4 Yrkesskadestatistikutredningen. Skador i arbetet. SOU 1976:17.
- 5 Bygghälsan. Byggbranschens yrkesskadestatistik 1971, 1972,
1973, 1974 resp 1975. Byggförlaget. Stockholm.
- 6 Sjöfartsverket. Redogörelser för yrkesskadefall inom sjömans-
yrket under åren 1970, 1971, 1972, 1973 resp 1974. Sjöfarts-
verkets meddelanden Serie C Nr 3 1971, Nr 2 1972, Nr 2 1973,
Nr 1 1974 resp Nr 1 1975.
- 7 Sjöfartsverket. Redogörelser för åren 1971, 1972 resp 1973
till sjöfartsverket inrapporterade sjöolyckor med svenska
handels- och fiskefartyg. Sjöfartsverkets meddelanden Serie
C Nr 4 1972, Nr 4 1973 resp Nr 2 1974.
- 8 Statens industriverk, Energibyran. Elektriska olycksfall år
1971, 1972, 1973, 1974 resp 1975 (Stenciler).
- 9 Närförläggningensutredningen. Närförläggning av kärnkraftverk.
SOU 1974:56.
- 10 Bo Lindell/Sven Löfveberg. Kärnkraften, människan och säker-
heten. Liber Förlag, Stockholm. Andra, omarbetade upplagan,
1975.
- 11 Jörgen Thunell. Kol, Olja, Kärnkraft - en jämförelse. CDL
och Ingenjörsvetenskapsakademien, Stockholm. 1975.
- 12 Ingenjörsvetenskapsakademien. Arne Kaijser. Riskanalys. IVA-
Rapport 83. Stockholm 1976.
- 13 Clas-Otto Wene. Arbetsmiljö och energi. Projektgruppen
"Energi och samhälle". Sekretariatet för framtidsstudier.
Lund 1976.
- 14 Economic Commission for Europe. Desulphurization Policies
Affecting the Production of Electric Power. United Nations
Economic and Social Council. EP/GE.4/R.13/Rev.1. 30 July 1976.

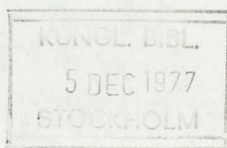
- 15 C. Starr and M.A. Greenfield. Public Health Risks of Thermal Power Plants. A Report Prepared for the Resources Agency of California. Sacramento California. UCLA-ENG-7242 May 1972. Reprinted September 1972.
- 16 U S Atomic Energy Commission. 1973. The Safety of Nuclear Power Reactors (Light Water-Cooled) and Related Facilities. Wash-1250. Washington DC: U S A E C.
- 17 US Atomic Energy Commission Comparative Risk-Cost-Benefite, Study of Alternative Sources of Electrical Energy. December 1974. Wash-1224. US Government Printing Office. Washington DC. 20402.
- 18 L B Lave and L C Freeburg. Health Effects of Electricity Generation from Coal, Oil and Nuclear Fuel. Nuclear Safety. Vol. 14 No 5. September-October 1973.
- 19 L D Hamilton and S C Morris. Health Effects of Fossil Fuel Power Plants. Biomedical and Environmental Assessment Group. Departments of Medicine and Applied Science. Brookhaven National Laboratory. Upton, New York 11973. BNL-19265. Reprinted 1974.
- 20 L D Hamilton. The Health and Environmental Effects of Electricity Generation. Biomedical and Environmental Assessment Group. Brookhaven National Laboratory. Upton, New York. 30 July 1974. Preliminary Report.
- 21 J L Weeks. The biological Costs of Industrial Activity. Föredrag i Brighton September 1975. Weeks: Director, Health and Safety Division. Atomic Energy of Canada Limited. Whiteshell Nuclear Research Establishment Pinawa. Manitoba.
- 22 C L Comar and L A Sagan. Health Effects of Energy Production and Conversion. Annual Review of Energy. Vol. 1 1976 (utgiven i Californien).
- 23 Robert J Budnitz and John P Holdren. Social and Environmental Costs of Energy Systems. Annual Review of Energy Vol. 1 1976.
- 24 Nuclear Regulatory Commission. Reactor Safety Study: An Assessment of Accident Risks in U S Commercial Nuclear Power Plants. October 1975. Wash-1400.
- 25 H Helmuth Freytag. Handbuch der Raumexplosionen. Verlag Chemie GMBH. Weinheim/Bergstr 1965.
- 26 K Nabert und G Schön. Sicherheitstechnische Kennzahlen brennbarer Gase und Dämpfe. Deutscher Eichverlag GmbH. Braunschweig 1970.
- 27 K N Palmer. Dust Explosions and Fires. Chapman and Hall Ltd. London 1973.
- 28 C H Fritsche. Bergbaukunde. Erster Band/Zweiter Band. Springer Verlag. Berlin/Göthingen/Heidelberg. 1955 resp 1958.

- 29 Energiprognosutredningen. Energi 1985 2000. SOU 1974:64.
- 30 Nils H Magnusson, G Lundquist, Gerhard Regnell. Sveriges geologi. Svenska Bokförlaget/Norstedts. Stockholm 1963.
- 31 Energikommittén. Sveriges Energiförsörjning. SOU 1970:13.
- 32 Commission of the European Communities. Eleventh Report of the Mines Safety and Health Commission. Year 1973. May 1974.- Twelfth Report of the Mines Safety and Health Commission. Year 1974. Luxembourg, 11 July 1975.
- 33 H L Willet. Fifty Years Experience of Mine Explosions and their Avoidance. Colliery Guardian Annual Review, August 1975.
- 34 The American National Standards Institute. The American National Standard Method of Recording and Measuring Work Injury Experience. ANSI - 216.1 - 1967.
- 35 Bureau of Mines U S Department of the Interior. Coal Mine Injuries and Worktime. Annual Summary 1973. - Mineral Industry Surveys. Washington DC 20240.
- 36 A Sharkey. A British View of Coal mining Safety in the United States of America. - The Mining Engineer. October 1975.
- 37 Mining Enforcement and Safety Administration. U S Department of the Interior. Coal Mining Industry Fatalities in 1974. - MESA Safety Reviews. Washington DC 20240.
- 38 Mining Enforcement and Safety Administration. U S Department of the Interior. Coal Mine Injuries and Worktime Annual Summary 1975. - MESA Safety Reviews. Washington DC 20240.
- 39 Department of Energy. Report of H M Chief Inspector of Mines and Quarries for 1974. London: Her Majesty's Stationary Office.
- 40 Statistiska Centralbyrån. Utrikeshandel 1973 resp 1974. Del 1 Sveriges införsel och utförsel fördelade på varor enligt Brysselnomenklaturen och på länder. Sveriges officiella statistik. Stockholm 1974 resp 1975.
- 41 Bergbau-Berufsgenossenschaft-Geschäftsbericht der Bergbau-Berufsgenossenschaft 1975. (Föreningens adress: Hunscheidtstrasse 18, 4630 Bochum, Västtyskland).
- 42 Health of Safety Executive. Health and Safety. Mines and Quarries 1975. London: Her Majesty's Stationary Office.
- 43 International Labour Office (ILO). Occupational Health and Safety. Volume 1 and 2. Geneva 1971.
- 44 Statens Naturvårdsverk. Miljövård vid koleldning. Publikationer 1976 - - (Ännu ej publicerad. Arbetsexemplar aug 1976).
- 45 Tekniska Nomenklaturcentralen. Petroleumteknisk ordlista. TNC 48, Stockholm 1960.

- 46 Svenska BP Oljeaktiebolag. Om olja. Stockholm 1969.
- 47 AB Svenska Shell. Havsteknologi för Nordsjön. Fakta. Nr 35 Oktober 1975.
- 48 H F Grorud och C Bøe. Hazards of Offshore Operations. Appraisal and Control. - Föredrag vid seminarium i Bergen i juni 1976 om "Automation in Offshore Oil Field Operation". (Stencil)
- 49 Department of Energy. Development of the oil and gas resources of the United Kingdom. A report to Parliament by the Secretary of State for Energy. April 1976. London: Her Majesty's Stationary Office.
- 50 Stig Lundquist, K G Lövstrand och Owe Fredholm. Statisk elektricitet som orsak till tankexplosioner. Maskinbefälet nr 6 1972.
- 51 R Sinclair. Raffinaderiet utformning ur brandförsvårssynpunkt. BP Skölden nr 1-2. 1972.
- 52 Sten-Åke Bergstrand. Säkerhetsanordningar inom raffinaderiets tankanläggning. BP Skölden nr 1-2. 1972.
- 53 D Karlsch. Die Explosionskatastrophe in der Erdöhlraffinerie der Shell-A.G. in Rotterdam am 20.1.1968 VFDB Zeitschrift 17 (1968):2 p 47-53.
- 54 Utredning om rörtransport av olja och gas. Naturgas i Sverige. SOU 1972:25.
- 55 Svenska Gasföreningen. Naturgas. Stockholm 1974.
- 56 AB Svenska Shell. Naturgas. Fakta Nr 19. Juli 1973.
- 57 AB Svenska Shell. Naturgas. Fakta Nr 29. Mars 1975.
- 58 Economic Commission for Europe. ECE/EP/8. Problems in the design and operation of thermal power stations. Volume XV Study of problems of air and water pollution, noise etc caused by thermal power stations. United Nations. New York, 1975.
- 59 Economic Commission for Europe. ECE/EP/8. Problems in the design and operation of thermal power stations. Volume XVI United Nations. New York. 1976.
- 60 Claes Lindgren. Svensk gasförsörjning. Bilaga till Gasnytt nr 2/76. Svenska Gasföreningen, Stockholm.
- 61 Måns Lönnroth, Thomas B Johansson, Peter Steen. Energi och handlingsfrihet. Projektgruppen "Energi och samhälle". Sekretariatet för framtidsstudier. Stockholm 1976.
- 62 Mårten Norgren. LNG-hanteringen är inte riskfri. Teknisk Tidskrift 1977:11.
- 63 Olof Salmgren m.fl. Torv som energikälla. Geografiska Institutionen. Umeå Universitet. Meddelande nr 16. Umeå 1974.

- 64 S Bengtsson. Konferens om torveldning i Kuopio, Finland 23-26 september 1975. Reserapport. Statens Vattenfallsverk. SKP3. 1975-10-22.
- 65 Antero Jahkola. Tekniska Högskolan, Helsingfors. Torvenergi. Elkraft 75 - Elförsörjningen och alternativa energislag. Stockholm 1975-11-27.
- 66 David A A Arthursson och Hans Österberg. Fjärrvärmeproduktion i fluidiserad bädd. VVS.12.1976.
- 67 Gunnar Holme. Barkförbränningsteknik. Ångpanneföreningen. Skogsindustriella avdelningen. Särtryck ur SPCI-meddelande nr 18. 1972.
- 68 Föreningen Skogsbrukets Arbetarskydd (FSA). Säkerhet. Yrkes-skador i skogsarbete 1973, 1974 resp 1975. Nr 2 1974, Nr 2 1975 resp Nr 2 1976.
- 69 Våtmarken - en framtida oljekälla? Skogsägaren nr 11/1976.
- 70 Energiskog. Skogen. Årgång 63.14.76.
- 71 LKAB. Till Industridepartementet. LKAB med yttrande över AKA-utredningen. SOU 1976:30, 31. Stockholm den 15 oktober 1976.
- 72 LKAB. Rapport från Radon- och Radondottermätningar i Ranstads u.j. anläggningar 4-5 maj 1976. Nr RS 19-76. 1976-06-18.
- 73 Montan-Consulting GMBH (MC). Gutachten zur Frage der Weiterverwendbarkeit von Gesteinsprengstoff bei der Hereingewinnung von Uranschiefer auf der Grube Ranstad, Schweden. Oktober 1975.
- 74 Åke Andersson och Gunnar Olsson. Svensk uranförsörjning kan tryggas för 200 år. Teknisk Tidskrift 1975:5.
- 75 Svenska Gruvföreningen. Yrkeskadestatistik vid svenska malmgruvor år 1973, 1974 och 1975. Meddelande nr 139, 142 resp 145. Volym 9.
- 76 United States Atomic Energy Commission (US, AEC). Pipe Break in Steam Safety Valve Nozzle Attachment. Power Reactors. Instruction Experience. RCE: 71-1 March 19, 1971.
- 77 US, AEC. Rupture of Main Steam Safety Valve Pipe Nozzle. Reactor Safety. Operating Experiences. ROE No. 71-12. July 28, 1971.
- 78 US, AEC. Safety Valve Header Failure at PWR. Power reactors. Construction Experience. RCE 72-4.
- 79 US, AEC. Failure of Safety-Valve Header at a PWR. Reactor Safety. Operating Experiences. ROE 72-15. September 8, 1972.
- 80 US, AEC. Water Hammer Causes Feedwater-Line Rupture. Reactor Safety. Operating Experiences. ROE 74-17. June 14, 1974.

- 81 Notiser i Nachrichten des Monats, atomwirtschaft-atomtechnik, Januari 1976 och Juni 1976 samt i Nucleonics Week, July 15, 1976.
- 82 D Calderon. Steam Turbine Failure at Hinkley Point "A". The Institution of Mechanical Engineers. Steam Plant Group. Proceedings 1972. Volume 186 31/72.
- 83 Sevald Forberg och Per-Inge Olsson. Fixering av högaktivt avfall. Titanat-jonbytare. STU-rapport 74-4721. Institutionen för Kärnkemi. Kungl. Tekniska Högskolan, 100 44 Stockholm 70. September 1976.
- 84 Utredningen rörande vattenkraftutbyggnader i södra Norrland och norra Svealand. Vattenkraft och miljö. SOU 1974:22.
- 85 Utredningen rörande vattenkraftutbyggnad i norra Norrland. Vattenkraft och miljö 3. SOU 1976:28.
- 86 International Commission on large dams. Lessons from dam incidents. Paris 1974.
- 87 Sven Nylander. Katastrofen vid Teton-dammen i USA. Väg- och vattenbyggaren 8-9 1976.
- 88 K A Scherman och S Nylander. Supervision of Dams at the Swedish State Power Board. Commission Internationale des Grands Barrages. Dixième Congrès des Grands Barrages. Montréal, 1970.
- 89 Statens vattenfallsverk. Yrkesskador inom D. 1976-02-09. DAS-Cr/GJ-03383.
- 90 Ulf Lindblom. Geotermisk energi. Rapport från Hagconsult AB till Centrala Driftledningen (CDL). Stockholm i januari 1975.
- 91 Ulf Lindblom. Kan vi dra nytta av jordvärmen? Teknisk Tidsskrift 1975. Nr 5.
- 92 Energy. Report from a conference organised by the Royal Swedish Academy of Sciences in co-operation with the Swedish Natural Science Research Council (NFR) and the Swedish Atomic Research Council (AFR). October 27-31, 1975, in Lerum, Sweden. Stockholm 1976.
- 93 Elkraft '75 -elförsörjningen och alternativa energislag. Konferens 75-11-27. Föredrag. Centrala Driftledningen. Svenska Kraftverksföreningen. Ingenjörsvetenskapsakademien.
- 94 Ångpanneföreningen (ÅF). Bestående energikällor. Utnyttjande av solen, jorden, vågorna och vinden för energiproduktion. Lägesrapport från ÅF till Nordisk Industrifond. 1976.
- 95 Bengt Södergård. Vindkraftboken. 2:a upplagan. Ingenjörsläroverket. Stockholm 1977.
- 96 Staffan Engström. Hälso- och miljöeffekter av övriga energislag. Sammanställning utarbetad för Energi- och miljökommittén. Preliminär rapport 1976-12-29.



Kronologisk förteckning

1. Totalförsvaret 1977-82. Fö.
 2. Bilarbetstid. K.
 3. Utbygd regional näringspolitik. A.
 4. Sjukvårdsavfall. Jo.
 5. Kvinnlig tronföljd. Ju.
 6. Översyn av det skatteadministrativa sanktionssystemet 1. B.
 7. Rätten till vapenfri tjänst. Fö.
 8. Folkhögskolan 2. U.
 9. Betygen i skolan. U.
 10. Utrikeshandelsstatistiken. E.
 11. Forskning om massmedier. U.
 12. Kommunal och enskild väghållning. K.
 13. Sveriges samarbete med u-länderna. Ud.
 14. Sveriges samarbete med u-länderna. Bilagor. Ud.
 15. Handelstålsindustrin inför 1980-talet. I.
 16. Handelstålsindustrin inför 1980-talet. Bilagor. I.
 17. Översyn av jordbrukspolitiken. Jo.
 18. Inflationsskyddad skatteskala. B.
 19. Radio och tv 1978-1985. U.
 20. Kommunernas ekonomi 1975-1985. B.
 21. Svensk undervisning i utlandet. U.
 22. Arbete med näringshjälp. A.
 23. Psykiskt störda lagöverträdare. Ju.
 24. Näringsidkares avbetalningsköp m. m. Ju.
 25. Båtliv 2. Registerfrågan. Jo.
 26. Kvinnan och försvarets yrken. Fö.
 27. Revision av vattenlagen. Del 4. Förslag till ny vattenlag. Ju.
 28. Kortare väntetider i utlänningsärenden. A.
 29. Konkursförvaltning. Ju.
 30. Elektronmusik i Sverige. U.
 31. Studiestöd. U.
 32. Konsumentskydd vid köp av begagnad personbil. Ju.
 33. Allmänflygplats-Stockholm. K.
 34. Inrikesflygplats-Stockholm. K.
 35. Inrikesflygplats-Stockholm. Bilagor. K.
 36. Ersättning för brottsskador. Ju.
 37. Underhåll till barn och frånskilda. Ju.
 38. Folkbildningen i framtiden. U.
 39. Företagsdemokrati i kommuner och landstingskommuner. Kn.
 40. Socialtjänst och socialförsäkringstillägg. S.
 41. Socialtjänst och socialförsäkringstillägg. Sammanfattning. S.
 42. Kronofogdemyndigheterna. Kn.
 43. Koncentrationstendenser inom byggnadsmaterialindustrin. I.
 44. Skyddad verkstad-halvskyddad verksamhet. A.
 45. Information vid kriser. H.
 46. Pensionsfrågor m. m. S.
 47. Billingen. I.
 48. Översyn av de speciella statsbidragen till kommunerna. B.
 49. Översyn av rättshjälpssystemet. Ju.
 50. Häktning och anhållande. Ju.
 51. Fusioner och förvärv i svenskt näringsliv 1969-73. H.
 52. Forskningspolitik. U.
 53. Sektorsanknuten forskning och utveckling. Expertbilaga 1. U.
 54. Information om pågående forskning. Expertbilaga 2. U.
 55. Forskning i kontakt med samhället. Expertbilaga 3. U.
 56. Energi - program för forskning, utveckling, demonstration. I.
 57. Energi - program för forskning, utveckling, demonstration. Bilaga A. I.
 58. Energi - program för forskning, utveckling, demonstration. Bilaga B. I.
 59. Energi - program för forskning, utveckling, demonstration. Bilaga C. I.
 60. Energi - program för forskning, utveckling, demonstration. Bilaga D. I.
 61. Energi - program för forskning, utveckling, demonstration. Bilaga E. I.
 62. Energi - program för forskning, utveckling, demonstration. Bilaga F. I.
 63. Fortsatt högskoleutbildning. U.
 64. STUs stöd till teknisk forskning och innovation. I.
 65. Kommunernas gatuhållning. Bo.
 66. Patienten i sjukvården - kontakt och information. S.
 67. Energi, hälsa, miljö. Jo.
 68. Energi, hälsa, miljö: Hälsa- och miljöverknningar vid användning av fossila bränslen. Jo
 69. Energi, hälsa, miljö: Hälsa- och miljöverknningar vid användning av kärnkraft. Jo.
 70. Energi, hälsa, miljö: Arbetsmiljö vid energiproduktion. Jo.
-

Systematisk förteckning

Justitiedepartementet

Kvinnlig tronföljd. [5]
Psykiiskt störda lagöverträdare. [23]
Näringsidkares avbetalningsköp m. m. [24]
Revision av vattenlagen. Del 4. Förslag till ny vattenlag. [27]
Konkursförvaltning. [29]
Konsumentskydd vid köp av begagnad personbil. [32]
Ersättning för brottskador. [36]
Underhåll till barn och frånskilda. [37]
Översyn av rättshjälpssystemet. [49]
Häktning och anhållande. [50]

Utrikesdepartementet

Biståndspolitiska utredningen. 1. Sveriges samarbete med u-länderna. [13] 2. Sveriges samarbete med u-länderna. Bilagor. [14]

Försvarsdepartementet

Totalförsvaret 1977-82. [1]
Rätten till vapenfri tjänst. [7]
Kvinnan och försvarets yrken. [26]

Socialdepartementet

Socialutredningen. 1. Socialtjänst och socialförsäkringstillägg. [40]
2. Socialtjänst och socialförsäkringstillägg. Sammanfattning. [41]
Pensionsfrågor m. m. [46]
Patienten i sjukvården - kontakt och information. [66]

Kommunikationsdepartementet

Bilarbetstid. [2]
Kommunal och enskild vägghållning. [12]
Allmänflygplats-Stockholm. [33]
Bromsautredningen. 1. Inrikesflygplats-Stockholm. [34] 2. Inrikesflygplats-Stockholm. Bilagor. [35]

Ekonomidepartementet

Utrikeshandelstatistiken. [10]

Budgetdepartementet

Översyn av det skatteadministrativa sanktionssystemet 1. [6]
Inflationsskyddad skatteskala. [18]
Kommunernas ekonomi 1975-1985. [20]
Översyn av de speciella statsbidragen till kommunerna. [48]

Utbildningsdepartementet

Folkhögskolan 2. [8]
Betygen i skolan. [9]
Forskning om massmedier. [11]
Radio och tv 1978-1985. [19]
Svensk undervisning i utlandet. [21]
Elektronmusik i Sverige. [30]
Studiestöd. [31]
Folkbildningen i framtiden. [38]
Forskningsrådsutredningen. 1. Forskningspolitik. [52] 2. Sektorsanknuten forskning och utveckling. Expertbilaga 1. [53] 3. Information om pågående forskning. Expertbilaga 2. [54] 4. Forskning i kontakt med samhället. Expertbilaga 3. [55]
Fortsatt högskoleutbildning. [63]

Jordbruksdepartementet

Sjukvårdsavfall. [4]
Översyn av jordbrukspolitiken. [17]

Båtliv 2. Registerfrågan. [25]

Energi- och miljökommittén. 1. Energi, hälsa, miljö. [67] 2. Energi, hälsa, miljö: Hälso- och miljöverknings vid användning av fossila bränslen. [68] 3. Energi, hälsa, miljö: Hälso- och miljöverknings vid användning av kärnkraft. [69] 4. Energi, hälsa, miljö: Arbetsmiljö vid energiproduktion. [70]

Handelsdepartementet

Information vid kriser. [45]
Fusioner och förvärv i svenskt näringsliv 1969-73. [51]

Arbetsmarknadsdepartementet

Utbyggd regional näringspolitik. [3]
Arbete med näringshjälp. [22]
Kortare väntetider i utlänningsärenden. [28]
Skyddad verkstad-halvskyddad verksamhet. [44]

Bostadsdepartementet

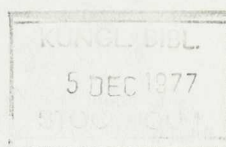
Kommunernas gatuhållning. [65]

Industridepartementet

Handelsstålsutredningen. 1. Handelsstålsindustrin inför 1980-talet. [15] 2. Handelsstålsindustrin inför 1980-talet. Bilagor. [16]
Koncentrationstendenser inom byggnadsmaterialindustrin. [43]
Billigen. [47]
Delegationen för energiforskning. 1. Energi - program för forskning, utveckling, demonstration. [56] 2. Energi - program för forskning, utveckling, demonstration. Bilaga A. [57] 3. Energi - program för forskning, utveckling, demonstration. Bilaga B. [58] 4. Energi - program för forskning, utveckling, demonstration. Bilaga C. [59] 5. Energi - program för forskning, utveckling, demonstration. Bilaga D. [60] 6. Energi - program för forskning, utveckling, demonstration. Bilaga E. [61] 7. Energi - program för forskning, utveckling, demonstration. Bilaga F. [62]
STUs stöd till teknisk forskning och innovation. [64]

Kommundepartementet

Företagsdemokrati i kommuner och landstingskommuner. [39]
Kronofogdemyndigheterna. [42]



Energi- och miljökommitténs sammanfattande slutbetänkande Energi, Hälsa, Miljö (SOU 1977:67) bygger på ett omfattande tekniskt och vetenskapligt underlag vars huvuddel redovisas i detalj i tre bilagor om fossila bränslen (SOU 1977:68), kärnkraft (SOU 1977:69) och arbetsmiljö (SOU 1977:70).



LiberFörlag
Allmänna Förlaget

ISBN 91-38-03729-7
ISSN 0375-250X