

R-98-14

Säkerheten vid transport av inkapslat bränsle

Ann-Mari Ekendahl, Stig Pettersson

Svensk Kärnbränslehantering AB

September 1998

Svensk Kärnbränslehantering AB

Swedish Nuclear Fuel
and Waste Management Co
Box 5864

SE-102 40 Stockholm Sweden

Tel 08-459 84 00
+46 8 459 84 00

Fax 08-661 57 19
+46 8 661 57 19



ISSN 1402-3091

SKB Rapport R-98-14

Säkerheten vid transport av inkapslat bränsle

Ann-Mari Ekendahl, Stig Pettersson

Svensk Kärnbränslehantering AB

September 1998

Förord

Efter granskningen av FUD-program 95 beslutade regeringen bl a följande: ”SKB skall i sitt fortsatta forsknings- och utredningsarbete genomföra en systemanalys av hela slutförvarssystemet (inkapsling, transporter och slutförvar). Denna systemanalys skall medge en samlad säkerhetsbedömning av hela slutförvarssystemet inklusive hur principer för säkerhet och strålskydd praktiskt tillämpas i säkerhetsanalysarbetet.”

I samband med FUD-program 98 redovisar SKB en första sådan systemanalys. Denna rapport utgör ett underlag till den systemanalysen beträffande transporterna.

Innehåll

1. Introduktion	
1.1 Inledning	1-1
1.2 Rapportens syfte och utgångspunkter	1-2
1.3 Ordlista och definitioner	1-3
1.4 Rapportens uppläggning	1-4
2. Tillstånd och föreskrifter	
2.1 Tillstånd för transporter	2-1
2.2 Säkerhetsrapporter	2-2
2.3 Transportbestämmelser	2-3
3. Systemöversikt	
3.1 Transportsystemets komponenter	3-1
3.2 Transport till djupförvaret	3-2
3.3 Erfarenheter av dagens transporter	3-4
4. Transportbehållare	
4.1 Transportbehållare för kapslar	4-1
4.2 Transportbehållare för annat långlivat avfall	4-3
4.3 Licensiering av transportbehållare	4-5
5. Fartyg	
5.1 Huvuddata och klassning	5-1
5.2 Lasthantering och surring	5-2
5.3 Brandskydd och ventilation	5-2
5.4 Maskineri och hjälpsystem	5-3
5.5 Drifterfarenheter	5-4
6. Sjötransport från inkapsling till omlastningshamn	
6.1 Allmänt	6-1
6.2 Hamnar	6-1
7. Terminalutrustning och hanteringsutrustning för transportbehållare	
7.1 Terminalfordon	7-1
7.2 Lyftutrustningar för behållarhantering	7-3
8. Landtransport från hamn till djupförvar	
8.1 Allmänt	8-1
8.2 Transportmedel	8-2

9.	Hanteringsgång för behållartransport	
9.1	Fyllning av behållare vid inkapslingsanläggningen	9-1
9.2	Omlastning av fyllda och tömda behållare i hamnen	9-1
9.3	Hantering och tömning av behållare vid djupförvaret	9-4
9.4	Retur av tomma behållare	9-5
9.5	Returtransport av kapsel till inkapslingsanläggningen	9-5
10.	Transportvolym och -tider	10-1
11.	Organisation	
11.1	Organisation och ansvarsfördelning	11-1
11.2	Kvalitetssäkring	11-2
11.3	Miljöfrågor	11-2
11.4	Utbildning	11-2
11.5	Safeguards	11-3
12.	Skydd	
12.1	Behållarnas strålskärmsegenskaper	12-1
12.2	Strålskydd för transportpersonal	12-3
12.3	Erfarenheter av dagens fartygstransporter från strålskyddssynpunkt	12-4
12.4	Brandskydd	12-5
12.5	Fysiskt skydd	12-5
12.6	Bevakning och kommunikation	12-6
12.7	Olycksberedskap	12-7
13.	Säkerhet mot missöden och olyckor under transport	
13.1	Transportsystem och gods	13-1
13.2	Transportbehållarens säkerhetsegenskaper	13-2
13.3	Säkerhet mot fartygsolyckor	13-3
13.4	Säkerhet mot olyckor under landtransport	13-4
13.5	Operatörsfel	13-5
13.6	Åtgärder i händelse av transportmissöden	13-6
14.	Extrema händelser	
14.1	Inledning	14-1
14.2	Barriärer mot utsläpp	14-1
14.3	Extrema fall under sjötransport	14-2
14.4	Extrema fall under landtransport	14-4
14.5	Resultatsammanfattning	14-7
14.6	Slutsats	14-8

Referenser

Kapitel 1 Introduktion

1.1 Inledning

Denna rapport behandlar transporter av inkapslat bränsle och avfall från inkapslingsanläggning till djupförvar. Beskrivningen förutsätter att det transportsystem som SKB driver idag, kompletterat med bl a nya transportbehållare, används för dessa transporter.

Kapitelindelningen är vald så, att i huvudsak samma disposition skall kunna användas i en framtid när lokaliseringen av djupförvaret är bestämd, och en mer definitiv rapport skall framställas. Det innebär att de avsnitt som skall beskriva lokala förhållanden nu är mycket summariska.

Använt kärnbränsle och radioaktivt avfall från driften av de svenska kärnkraftverken transporteras idag sjövägen till SKB:s anläggningar. Transportsystemet omfattar fartyget M/S Sigyn, transportbehållare för bränsle respektive avfall, samt terminalfordon som används mellan anläggningarna och deras hamnar. Transportbehållarna är konstruerade efter den typ av avfall de skall frakta. De tål stora påfrestningar, och förblir intakta och behåller sin skyddsfunktion även vid eventuella olyckshändelser. Säkerheten garanteras således i första hand av behållarna, inte av fartyget.

Det låg- och medelaktiva avfallet transporteras till SFR i Forsmark. Det högaktiva använda bränslet transporteras till mellanlagret CLAB i Simpevarp (Oskarshamn).

Det använda bränslet kommer efter mellanlagring i CLAB i omkring 30-40 år att kapslas in i kopparkapslar avsedda för deponering i djupförvar. I denna rapport förutsätts att inkapslingsanläggningen placeras i direkt anslutning till CLAB.

Uppgiften för transportsystemet blir att förflytta kapslarna från denna anläggning till djupförvaret. Transporten kommer att ske med fartyg, järnväg och/eller på landsväg, beroende på var i Sverige djupförvaret blir placerat.

Kapslarna består av ett cylindriskt ytterhölje av koppar och en solid gjutjärnsinsats med kanaler för bränsleelementen. Kapseldiametern är ca 1 meter, längden ca 5 meter och vikten ca 25 ton. De färdiga kapslarna är helt täta och någon frigörelse av radioaktiva ämnen från intakta kapslar kan ej ske.

Under bränslets mellanlagring i CLAB har både strålning och värmeavgivning minskat betydligt; endast omkring 10 % återstår jämfört med när bränslet anlände till CLAB. Kapslarnas värmeavgivning, som måste beaktas när man planerar deponeringen i berget, har från transportsynpunkt ingen betydelse.

Strålningen från de färdiga kapslarna är mycket mindre än från ej inkapslade bränsleelement, men ändå betydande. Transportbehållarna tillverkas i stål av sådan tjocklek att strålningen dämpas till en så låg nivå, att man kan hantera behållarna utan ytterligare strålskärning. Varje transportbehållare rymmer en kapsel.

Även visst annat långlivat avfall (härdkomponenter och avfall från inkapslingsanläggningen) skall transporteras till djupförvaret. En transportbehållare för sådant avfall rymmer antingen en lång kokill med härdkomponenter eller fyra standardkokiller med ingjutet annat avfall. Vikten av en fylld transportbehållare blir mellan 70 och 80 ton, vilket är mindre än de idag använda avfallstransportbehållarnas vikt.

1.2 Rapportens syfte och utgångspunkter

Rapporten utgör en del i beskrivningen SKB:s system för hantering och slutförvaring av använt kärnbränsle och annat långlivat avfall, och ingår i underlaget för systemredovisningen för KBS-3. Denna rapport behandlar transportmomentet, dvs från och med uttransport från inkapslingsanläggningen till ankomsten till djupförvarets mottagningsdel. Anslutande anläggningar behandlas i separata rapporter.

Nedan uppräknas några av de förutsättningar som antaganden som denna rapport utgår från:

Förutsett transportsystem

- Organisation som idag
- Utrustning som idag utom själva transportbehållarna
- Avsändningshamn Simpevarp
- Omlastningshamn okänd, ca 1 dygns fartygstransport från Simpevarp antas
- Landtransport: Med järnväg från omlastningshamn till djupförvar, antaget avstånd ca 30 mil. Alternativt med landsvägstransport om sträckan är kortare
- Djupförvar: Okänd ort (Ovanstående förutsättningar täcker nästan hela Sverige. Med en lokalisering långt norr ut blir fartygstransporten längre; detta har ingen avgörande betydelse)
- Nedtransport i djupförvaret: Behållaren transporteras ned med fordon i ramp.

Transport av kapslar

- Det finns ingen avgörande skillnad mellan kapseltransporterna och de transporter som sker idag till CLAB.
- Under alla moment i transporten är kapslar eller kokiller inneslutna i en transportbehållare. De hanteras aldrig utan denna utanför inkapslingsanläggningen respektive djupförvaret.
- Transportbehållarna kommer att vara typ B-behållare, varigenom kraven på deras säkerhet i händelse av transportolycka tillgodoses.
- Innehållet är täta kapslar, som inte kan avge någon radioaktivitet i alla rimliga fall. Aktivitetsinnehållet är lägre per behållare än för en bränsletransportbehållare.
- Dosraten utanpå transportbehållarna uppfyller IAEA:s transportbestämmelser, vilket innebär att de kan hanteras utan strålskärning.
- Dosraten utanpå en oskärmad kapsel är högre än t ex för merparten av de kokiller som idag transporteras till SFR. Kapslarna kommer ej att hanteras utan strålskärning.

Transport av övrigt långlivat avfall

- Det finns ingen viktig skillnad mellan transport av annat långlivat avfall till djupförvaret och transport av kapslar dit. Beskrivningen görs därför med kapslar i fokus, och det övriga avfallet (kokillerna) nämns när det behövs för sammanhanget.
- Kokilltransporterna påbörjas först flera år efter att kapseldeponeringen börjar i djupförvaret
- Det finns ingen viktig skillnad mellan kokillerna till djupförvaret och kokillerna till SFR, som har betydelse för transportsäkerheten.
- Behållarna för annat långlivat avfall till djupförvaret förutsätts, liksom kapselbehållarna, vara typ B-behållare, och kan således jämföras med ATB 8K. Det innebär ingen viktig skillnad vid transporten jämfört med övriga typer av ATB.
- Det finns flera alternativa förslag till utformning av kokillbehållare till djupförvaret. Definitivt val kan anstå åtskilliga år.

1.3 Ordlista och definitioner

Avfallskolli

Enhet med behandlat radioaktivt avfall, t ex betongkokill med cementingjutet avfall. Kollina finns av flera olika typer med standardiserad form (både geometrisk och fysikalisk/kemisk).

CLAB

Centralt mellanlager för använt bränsle i Simpevarp. I drift sedan 1985.

Djupförvar

Förvar för radioaktivt avfall på flera hundra meters djup i berget, avsett som slutförvar. Benämningen omfattar hela anläggningen, även ytor och byggnader i marknivå.

Inkapslingsanläggning

Anläggning för fyllning och tillslutning av kapslar med använda bränsleelement. De tomma kapslarna tillverkas på annan plats. Inkapslingsanläggningen förutsätts i denna rapport vara ihopbyggd med CLAB.

Kapsel (kopparkapsel)

En höghållfast och beständig behållare avsedd att hålla tätt under mycket lång tid i djupförvaret. Kapseln i KBS-3 består av ett tätsvetsat kopparrör med en insats i form av en gjutjärnscylinder med fack för bränsleelementen.

Licens, licensiering

Tillstånd respektive tillståndsprocedur för transportbehållare.

M/S Sigyn

SKB:s fartyg, som används för transporter till CLAB och SFR.

Omlastningshamn

Under förutsättning att transportererna till djupförvaret sker med först fartyg sedan järnväg eller landtransport: Den plats där omlastning från fartyg sker. Ej bestämd idag eftersom lokaliseringen av djupförvaret är okänd.

SFR

Slutförvar för radioaktivt (låg- och medelaktivt) driftavfall i Forsmark, i bruk sedan 1988. Avfallet är behandlat (t ex ingjutet) och förpackat i avfallskollin.

Transport, omfattning

Från och med utkörning av fylld tillsluten behållare från inkapslingsanläggningen till och med inkörning på mottagningsområdet vid djupförvaret.

Transportbehållare

I denna rapport: Antingen en typ B-behållare för en kapsel eller en typ B-behållare för annat långlivat avfall till djupförvaret. Transportbehållare för bränsle till CLAB nämns även i texten, liksom avfallstransportbehållare, ATB, som används vid transport till SFR.

Transportmeddelande

Förhandsbesked om transport av en eller flera behållare med bränsle/avfall.

1.4 Rapportens uppläggning

Rapporten består av följande delar: Allmänt (Kapitel 1-2), Beskrivningar (kapitel 3-8), Omfattning och genomförande (kapitel 9-11) samt Säkerhet och skydd (kapitel 12-14).

Kapitel 1 Introduktion

Anger de förutsättningar som gäller och utgångspunkter som valts.

Kapitel 2 Tillstånd och föreskrifter

Behandlar regler för transport av radioaktiva ämnen, tillstånd som kommer att behövas, olika redovisningar etc

Kapitel 3 Systemöversikt

En kort översikt över transportsystemet delar, som introduktion till de följande kapitlen.

Kapitel 4 Transportbehållare

Beskriver de planerade behållarna för kapslar respektive annat långlivat avfall, samt ger en översikt över kraven enligt IAEA:s transportrekommendationer som påverkar behållarnas utförande. Detaljerade systembeskrivningar för behållarna kommer i ett senare skede.

Kapitel 5 Fartyg

En kort beskrivning av SKB:s fartyg M/S Sigyn. Om det senare blir aktuellt med ett nytt fartyg, får en mer ingående systembeskrivning lämnas. M/S Sigyn finns utförligare beskriven i tidigare redovisning.

Kapitel 6 Sjötransport från inkapsling till omlastningshamn

Detta kapitel blir intressant först när lokalisering av djupförvaret väljs. Nu beskrivs vilka allmänna överväganden som gäller.

Kapitel 7 Terminalutrustning och hanteringsutrustning för transportbehållare

Redogör översiktligt för vilka faciliteter det behöver finnas bl a i den hamn som skall fungera som omlastningshamn.

Kapitel 8 Landtransport från hamn till djupförvar

Berör vilka möjligheter och begränsningar som järnvägstransporter respektive landsvägs-transporter ger. Jämför kapitel 6 ovan.

Kapitel 9 Hanteringsgång för behållartransport

Ger en steg för steg-beskrivning av hur en transport går till.

Kapitel 10 Transportvolym och tider

Diskuterar tidsåtgång och logistik med utgångspunkt från erfarenheterna av de transporter som bedrivs idag

Kapitel 11 Organisation

Kapitlet beskriver hur en transportorganisation liknande dagens skulle ombesörja transporter till djupförvaret.

Kapitel 12 Skydd

Behandlar olika skyddsaspekter på transporter, som strålskydd och fysiskt skydd, samt kommunikation och olycksberedskap.

Kapitel 13 Säkerhet mot missöden och olyckor under transport

En genomgång av varför och på vilka sätt det tilltänkta transportsystemet skyddar mot risker för skador, radioaktiva utsläpp och exponering för strålning.

Kapitel 14 Extrema händelser

Kapitlet redovisar en beräkning av radiologiska konsekvenser av hypotetiska extrema olyckor.

Kapitel 2 Tillstånd och föreskrifter

2.1 Tillstånd för transporter

Allmänt

Hantering och transport av radioaktiva ämnen regleras i lag. De övergripande bestämmelserna återfinns i kärntekniklagen /2-1/. De tillståndsgivande myndigheterna är SKI (för kärnämne) och SSI (för kärnavfall).

De tillstånd som behövs för att transportera kärnämne eller kärnavfall är av två huvudtyper:

- tillstånd för att med det aktuella transportsystemet (dvs utrustning och organisation) utföra transporter av kärnämne/kärnavfall.
- godkännande av att ett visst slags gods, t ex transportbehållare för viss avfallstyp, får transporteras.

Med tillstånden följer olika villkor som t ex:

- att gällande transportbestämmelser skall följas
- att förhandsrapportering av planerade transporter sker
- att data för avfallet som transporteras ligger inom vissa gränser.

Tillstånd att transportera kärnämne / kärnavfall

Tillstånden för transport av kärnämne/kärnavfall har en giltighet på ca 5 år. De grundas på systembeskrivningar/säkerhetsanalyser av aktuellt transportsystem samt på redovisade planer för de närmaste åren. Man söker tillstånd för transport av sådant gods som förväntas bli aktuellt. Om något nytt godsslag tillkommer, får ett förnyat tillstånd sökas.

Om det vore aktuellt idag att börja transportera kapslar, skulle SKB således söka tillstånd för att med befintligt transportsystem hantera ytterligare godsslag (kapseltransportbehållare) utöver dem för vilka dagens tillstånd gäller (transportbehållare för använt bränsle, för hårdkomponenter, för avfall till SFR (olika typer) samt för uranhexafluorid). Tillstånden för SKB:s transportverksamhet kommer att hinna förnyas flera gånger, innan det blir dags att inkludera kapseltransporterna.

Viktigt för transporterarnas genomförande, och därmed för myndigheternas bedömning, är - utöver fartyg, fordon och utrustning - vilken organisation (dvs bemanning, rapporteringsrutiner, kvalitetskontroll etc) som tillämpas. Detta redovisas till myndigheten av den som söker tillstånd.

En viktig egenskap hos det svenska systemet, är att transporterarna genomförs med egen personal, med fastställd ansvarsfördelning och rutiner vid olika transportsteg.

För transporterarna finns ett etablerat system för övervakning och fysiskt skydd, redovisat till och godkänt av SKI. Bland systemets uppgifter ingår att förhindra eller försvåra angrepp, hot och

dylikt mot transporterna. Detta åstadkoms med en kombination av tekniska och administrativa åtgärder.

Olika slag av radioaktivt avfall

Man skiljer i tillståndssammanhang mellan kärnämne och kärnavfall. Det har emellertid främst betydelse för just tillståndsproceduren. Hantering och säkerhet blir likvärdig oavsett hur avfallet klassificeras.

Ur transportsynpunkt är alla kapslar likvärdiga, medan annat långlivat avfall kommer att finnas av flera olika slag (med olika format på kollin).

2.2 Säkerhetsrapporter

Kärntekniska anläggningar

När lokalisering av inkapslingsanläggningen och djupförvaret är bestämd kommer bland annat tillstånd från SKI och SSI att erfordras för att påbörja mark- och anläggningsarbeten. Till grund för sådana tillstånd kommer att ligga preliminära säkerhetsrapporter (PSR), som även inkluderar systembeskrivningar för olika anläggningsdelar.

När en anläggning så småningom börjar bli färdigbyggd utformas en slutlig säkerhetsrapport, SSR (eller enbart säkerhetsrapport) vari anläggningens definitiva utförande redovisas tillsammans med uppdaterade säkerhetsanalyser. Denna rapport inlämnas för myndighetsgranskning i lagom tid för att tillstånd för drift skall kunna föreligga när anläggningen är färdig. Redovisning av resultat av provdrift ligger till grund för tillstånd för rutinmässig drift. De ändringar och kompletteringar som senare införs i anläggningen medför revideringar av säkerhetsrapporten.

Transportsystem

För transporterna finns ett fungerande sjötransportsystem i drift som utan nämnvärda ändringar skulle kunna ta hand om uppgiften att även transportera kapslarna. Det befintliga systemet beskrivs i /2-2/.

Transportbehållare licensieras separat, och tillstånd utfärdas normalt på grundval av en utförlig säkerhetsrapport utfärdad i ursprungslandet.

Med tanke på den långa tiden fram till tilltänkt start av djupförvaret, kan fartyg och fordon som idag ingår i sjötransportsystemet vara utbytta under mellantiden. Likaså kan ytterligare typer av transportbehållare för bränsle respektive avfall tillkomma. Nya komponenter kommer att redovisas i systembeskrivningar enligt gängse metod, men systemet som sådant ändras inte.

För transporterna till djupförvaret behövs en komplettering av transportsystemet med utrustning för landtransporter/järnvägstransporter.

2.3 Transportbestämmelser

Det finns såväl internationella rekommendationer och överenskommelser som nationella lagar och bestämmelser för transport av farligt gods, dit radioaktiva ämnen räknas.

Bestämmelserna täcker många olika ämnen och föremål, olika slags transportmedel, och såväl transport inom landet som mellan och genom olika länder. De är utformade för transporter på allmänna marknaden dvs med vanliga lastbilar, tåg, fartyg etc. Bestämmelserna omfattar, utöver krav på transportemballage, transportdokumentation mm, även föreskrifter för godsets hantering och för åtgärder vid olyckor.

Huvudpunkterna vid transport av radioaktivt material är:

- Minimikrav på transportbehållartyp beroende på godsets beskaffenhet, dvs fysikaliska form, kemiska sammansättning samt mängd ingående radioaktiva ämnen
- Regler beträffande högsta tillåtna strålningsnivåer på behållarnas ytor och på visst avstånd (1 eller 2 meter) från behållare eller fordon
- Märkning och klassificering med avseende på strålningsnivå
- Regler för hantering, stuvning och samlastning med annat gods
- Checklistor för åtgärder i händelse av olycka (för transport och räddningspersonal)
- Krav på innehåll i transporthandlingar. Bland annat skall anges eventuella särskilda myndighetstillstånd och uppgifter om komplett last/vagnslast, dvs om hela bilen/vagnen lastas och lossas av egen personal och ingen samlastning med främmande gods förekommer.

IAEA:s transportrekommendationer

FN:s internationella atomenergiorgan, IAEA, har utfärdat transportrekommendationer, vilka utvecklats i samråd med och godkänts av medlemsländerna, däribland Sverige. Senaste utgåva är "Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material, 1985 Edition, as amended 1990" /2-3/. Däri behandlas bland annat de ovan nämnda punkterna.

IAEA:s rekommendationer har sedan legat till grund för de internationella bestämmelserna för transporter till sjöss, till lands, med järnväg och med flyg, samt deras svenska versioner.

Transportbehållare

Kapslar med bränsle och kokiller med annat långlivat avfall skall, på grund av mängden ingående radioaktiva ämnen, transporteras i så kallade typ B-behållare enligt IAEA. Behållare av denna typ kan motstå stora påkänningar utan att förlora sin strålskärmande förmåga eller täthet.

Behållarens konstruktion granskas av ansvarig myndighet som utfärdar ett tillstånd, behållarlicens, där bland annat anges vad behållaren får innehålla. Tillstånd för användning i Sverige utärdas av Statens kärnkraftinspektion, SKI, eller av Statens strålskyddsinstitut, SSI.

Strålningsnivåer

När behållare transporteras i fordon eller järnvägsagnar, som endast används för denna last, och som lastas och lossas enligt användarens anvisningar, tillämpas reglerna för ”komplett last” / ”vagnslast”. Vid sjötransport motsvaras detta av ”exclusive use”.

Regeln vid transport är då att dosraten på två meters avstånd från fordonet inte får överstiga 0,1 mSv/h. På fordonets yta får den inte överstiga 2 mSv/h. Vid dimensionering av behållare utgår man dock från att kraven skall uppfyllas för strålningsnivåerna på och från själva behållaren.

Internationella och svenska transportbestämmelser

Följande internationella och svenska föreskrifter är tillämpliga:

- IMDG Code - International Maritime Dangerous Goods Code (Internationella regelverket för sjötransport av farligt gods). Svensk ansvarig myndighet är sjöfartsverket.
- ADR - Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par route (Europeisk överenskommelse om internationell transport av farligt gods på väg).
- ADR-S - Statens räddningsverks föreskrifter för inrikes väg- och terrängtransport av farligt gods.
- RID - Règlement concernant le transport international des marchandises dangereuses par chemin de fer (Regelverk för internationell järnvägstransport av farligt gods).
- RID-S - Statens räddningsverks föreskrifter för inrikes järnvägstransport av farligt gods.

Dessa regelverk omfattar olika typer av farligt gods, varav radioaktiva ämnen utgör en liten del. För sådant gods bygger föreskrifterna på IAEA-rekommendationerna, och är i stort sett desamma i alla regelverken.

Tillämpning

Gällande transportregler skall givetvis uppfyllas för behållartransporterna från inkapslingsanläggningen till djupförvaret. Det förenklas av att hela transporten sker i egen regi. Egna hanteringsinstruktioner och standardiserade transportdokument och datafiler kommer att föreligga.

Väsentligt är det faktum att alla kapslar ur transportsynpunkt är likvärdiga. Detta innebär att specifikationen av innehållet är detsamma för alla kapslar, dvs dimensionerande aktivitetsmängd, enahanda fysisk form etc. Den mer detaljerade dokumentationen över varje kapsels innehålls historia finns noga registrerad, men saknar intresse under transporten. I transportdokumentationen anges kapselns unika identitetsnummer, vilket bokförs vid mottagning och deponering.

För transporter av kärnämne och kärnavfall erfordras tillstånd enligt kärntekniklagen. Dessa tillstånd ersätter inte transportreglerna enligt ovan, utan avser transportverksamheten som sådan, medan transportbestämmelserna preciserar vad som skall iakttas när transporten genomförs.

Kapitel 3 Systemöversikt

3.1 Transportsystemets komponenter

Transportsystemets uppgift är att förflytta inkapslat använt kärnbränsle och annat långlivat avfall från den inkapslingsanläggning som planeras i anslutning till CLAB i Simpevarp, till ett djupförvar, lokaliserat någonstans i Sverige. I denna rapport antas att djupförvaret blir placerat på relativt långt avstånd från inkapslingsanläggningen, så att det blir aktuellt att transportera avfallet först med fartyg och sedan med järnväg.

Nedan nämnda enheter, vilka beskrivs närmare i senare kapitel, ingår i transportsystemet. Om alternativet landsvägstransport väljs istället för järnväg ersätts järnvägsvagnarna med landsvägsfordon.

Transportbehållare och lastbärare

Två typer av transportbehållare kommer att finnas: en för inkapslat bränsle och en för annat långlivat avfall. Lastkapaciteten är en kapsel per behållare. För avfall finns olika lastkombinationer beroende på kollinas storlek. Kapselbehållarens vikt är ca 40 ton tom, 65 ton med last av kapsel, och ca 75 ton inklusive lastbärare. Behållaren för annat avfall är ytterligare något tyngre; den väger ca 80 ton lastad, inklusive lastbärare.

Lastbäraren är en plattform med ben, avsedd för hantering med terminalfordonet och surring vid fartygsdäcket. Lastbäraren är försedd med upplag där behållaren vilar fixerad under transport.

Behållaren utgör det primära skyddet för godset under transport och avskärmar den strålning som avges från kapslarna till ofarliga nivåer på utsidan av behållaren.

Fartyg

Ett fartyg av ungefär samma storlek som SKB:s fartyg M/S Sigyn förutsätts för transportererna. Nuvarande fartyg är lämpligt för ändamålet, men det kan vara ersatt med ett nyare vid tiden för de här behandlade transportererna. Här antas att M/S Sigyn används för sjötransporterna.

M/S Sigyn är byggd speciellt för transport av radioaktivt gods. Lastförmågan är ca 1400 ton. Fartyget är 90 meter långt, 18 meter brett och har 4 meters djupgående. Det är försett med strålskärmar runt lastrummet och har dubbelskrov och dubbel botten. (IMO Typ I-fartyg). Även framdrivningsmaskineri, elsystem mm är dubblerade. Fartyget är av svensk-finsk isklass 1A, och kan själv bryta is av omkring 30 cm tjocklek. För användning vintertid till norrlandshamnar behövs isbrytarassistans.

Fartyget är byggt för roll on/roll off-hantering via akterramp, alternativt lastning och lossning med kranar.

Terminalfordon

Terminalfordon används för transport från inkapslingsanläggning till fartyg, och vid omlastning från fartyg till järnvägsvagn. Terminalfordonet kör in i fartygets lastrum via akterrampen. Fordonen kan medfölja fartyget eller vara stationerade i respektive hamn. I djupförvaret används andra liknande fordon för förflyttning från marknivå till förvarsnivå. Inom dagens transportsystem finns fem terminalfordon.

Järnvägsvagnar

Järnvägsvagnar med en lastkapacitet av en behållare per vagn kommer att finnas i ett antal av minst tio stycken, vilka utgör ett tågsätt. Vagnarna kommer endast att användas för transporter till djupförvaret, medan loket kan användas även till andra uppgifter.

Lastbärare och terminalfordon samt järnvägsvagnar med lastflak och upplag för behållare anpassas till varandra, så att ett enhetligt lasthanteringssystem med få och enkla arbetsmoment åstadkommes.

Lyftutrustningar och uppställningsplatser

Lyftutrustningen används vid omlastning från fartyg/terminalfordon till järnvägsvagn och vice versa. Inhägnade uppställningsplatser för fyllda och tomma transportbehållare finns i omlastningshamnen och vid de olika anläggningarna.

Transportorganisation

Avgörande för transporternas effektivitet är att de administreras av en fast transportorganisation. De olika transport- och hanteringsmomenten vid inkapslingen, i omlastningshamnen, vid djupförvaret samt ombord på fartyget utförs av utbildad personal. I organisationen ingår SKB som samordnare och ansvarig för tillståndsfrågor, samt personal som bemannar en transportledningscentral.

3.2 Transport till djupförvaret

De rutiner som SKB utvecklat för transporter till CLAB och SFR har visat sig ändamålsenliga. Det förutsätts här att samma principer kommer att tillämpas vid de framtida transporterna av inkapslat bränsle och långlivat avfall till djupförvaret. Transporter av icke-radioaktivt material till djupförvaret behandlas inte i denna rapport.

Samordningsansvaret för transportverksamheten omfattar planering, myndighetsrapportering, säkerhetsfrågor, skydd, underhåll, kvalitet, erfarenhetsåterföring samt styrning av transporternas genomförande.

Det innebär bland annat att se till att erforderliga tillstånd finns, att i samråd med avsändarens representanter utarbeta regler, rutiner och tidplanering för transporterna, att planera fartygets rörelser, att utfärda förhandsbesked (transportmeddelanden), att redovisa planer till SKI och SSI, att förnya och modernisera utrustningen samt att initiera och medverka i utbildning av personal.

Transportmoment från inkapslingsanläggning till djupförvar

Förhandsbesked

Förhandsbesked - transportmeddelande - utfärdas av samordningsansvarig (SKB) till alla medverkande enheter samt till vederbörande myndigheter. Beskedet innehåller uppgifter om omfattning och tidplan för den förestående transporten.

Färdigställande av behållare i inkapslingsanläggningen.

Behållaren fylls med en kapsel, tillsluts, kontrolleras med avseende på strålning, renhet och märkning, samt placeras på sin lastbärare. Kontrollmätningarna dokumenteras i transportdokumentet, som följer med behållaren till djupförvaret.

Förflyttning till hamnen

Behållaren körs med terminalfordonet till Simpevarps hamn och in i lastrummet via fartygets akterramp, placeras i sin lastposition och surras.

Sjötransport

Cirka tio kapseltransportbehållare kan medföras. Under sjötransporten håller fartygsbefälet kontakt med en transportledningscentral. Efter tilläggning inväntas klartecken av landorganisationen innan lossning påbörjas.

Lossning och omlastning

Behållarna lossas med hjälp av ett terminalfordon, på samma sätt som de lastas. Fordonet kan vid behov medfölja fartyget. (Lossning av behållare med hamnkran är möjlig, men huvudalternativet är roll/on-roll-off enligt ovan). Terminalfordonet förflyttar behållaren till en position där omlastning till järnvägsvagn sker med hjälp av stationär lyftutrustning.

Järnvägstransport

Ett tågsätt beräknas kunna medföra alla transportbehållare som anlänt med fartyget. Eventuellt kan vagnar med bentonit transporteras i samma tåg, men i övrigt sker ingen samkörning med vanligt fraktgods. Behållarvagnarna är täckta och låsta, och inga utomstående kommer i närmare kontakt med behållarna. Inga åtgärder behöver vidtagas med dem under järnvägstransporten. Utöver lokföraren bemannas tåget med en transportledare som kontaktman.

Mottagning vid djupförvaret

Ankommande tåg körs in på området till en lossningsposition som är placerad inomhus /under tak. Där finns lyftutrustning för lossning av behållarna samt utrymme för temporär uppställning av behållare. De anlända behållarna och deras dokumentation kontrolleras.

Återtransport av tomma behållare

Så snart de nyanlända behållarna lossats från järnvägsvagnarna kan tomma behållare lastas på för returtransport till hamnen och återresa till inkapslingsanläggningen. Transporten av de tomma behållarna planeras så, att de möter de fyllda vid omlastningshamnen, vilket innebär att fartyget kan lossa och lasta i en följd och därefter återvända till Simpevarp med en uppsättning tomma behållare.

3.3 Erfarenheter av dagens transporter

Transporter av använt bränsle till CLAB och avfall till SFR

SKB:s transportsystem togs i drift delvis 1983 och i sin helhet 1985, då CLAB-anläggningen stod klar. Sedan dess har årligen 80-100 behållare med använda bränsleelement transporterats till CLAB, och fr o m 1988 ungefär lika många med avfall till SFR. Inga olyckor eller tillbud av säkerhetsmässig karaktär som skulle ha kunnat skada det transporterade godset har förekommit. De ursprungliga transportbehållarna för använt bränsle och hårdkomponenter samt avfalls-transportbehållare (ATB) av olika typer är allttjämt i bruk. Några av bränsletransportbehållarna har genomgått större reparationer, i övrigt sker regelbundet underhåll av alla behållare enligt ett fast detaljerat schema.

Fartyget M/S Sigyn är ett säkert och ändamålsenligt fartyg med ett genomarbetat godshanterings-system. Utöver reparationer av inträffade komponentfel och utbyte av omodern utrustning mot nyare, sker större genomgångar på varv enligt samma rutiner som gäller för vanliga handelsfartyg.

Felfunktioner i transportsystemet har varit sällan förekommande och har inte inkräktat på transportkapaciteten. Störningar i form av förseningar eller inställda transporter har i praktiken aldrig berott på fartyget, utan har haft orsaker utanför transportsystemet såsom ändringar i kärnkraftverkens planering, omprioriteringar, ändrade driftlägen och dylikt, samt väderförhållanden.

Användning av fartyget

Inom det ordinarie transportprogrammet utförs varje år ungefär 15 sjötransporter tur och retur från något av kraftverken till CLAB i Simpevarp, och likaså ungefär 15 stycken till SFR i Forsmark från kärnkraftverken och Studsvik. M/S Sigyn används även till andra ändamål än transporter till CLAB och SFR, när ordinarie program så medger.

Fartyget har genom sin konstruktion förmåga att hantera stora laster, och är samtidigt litet nog att kunna angöra mindre hamnar, bl a i Mälaren. Det har därför även anlåtats för transporter av enstaka större laster, t ex transformatorer och generatorer.

När icke-radioaktivt gods skall transporteras avsöks lastrummet av strålskyddspersonal som utfärdar ett intyg om att lastutrymmena inte är kontaminerade, och därmed kan jämföras med motsvarande utrymmen i ett vanligt fartyg.

Fartygets utnyttjande innebär en genomsnittlig seglad distans på 25 000-30 000 nautiska mil (45 000-55 000 km) per år, och omkring 100 avgångar per år, vilket inkluderar både ordinarie transportprogram och övrig verksamhet.

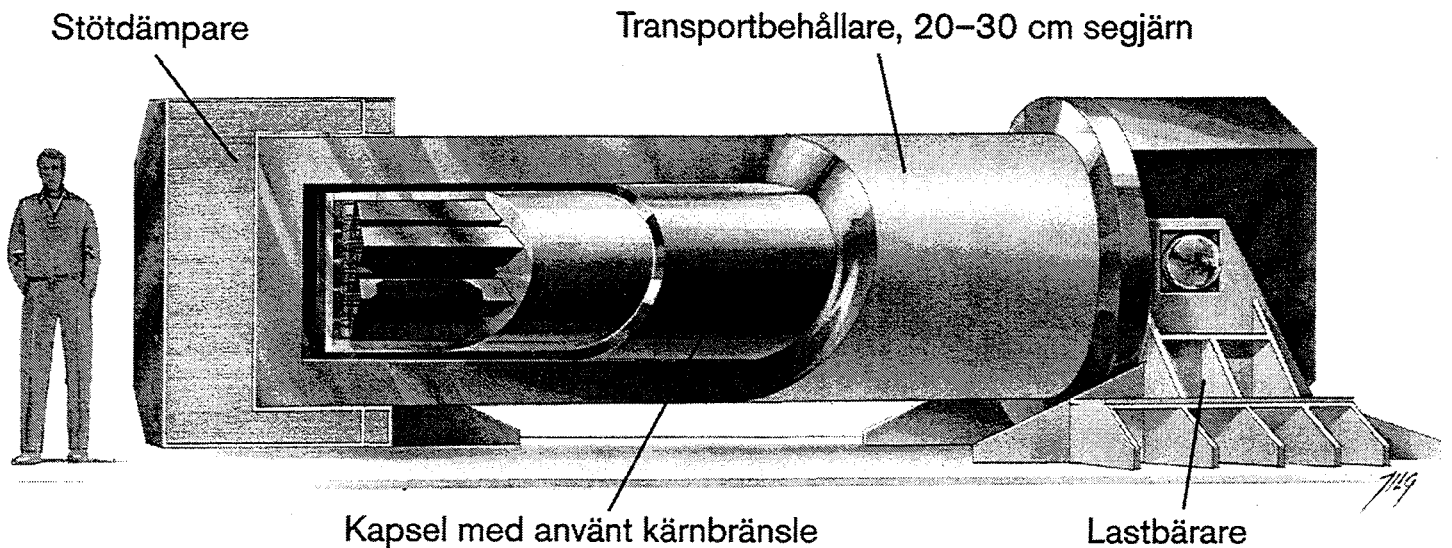
Kapitel 4 Transportbehållare

4.1 Transportbehållare för kapslar

Nedanstående beskrivning är baserad på en förstudie över ett tänkbart utförande av transportbehållare för kapslar med använt kärnbränsle /4-1/. Kraven på behållaren är i allt väsentligt desamma oavsett detaljer i utförandet, då den skall licensieras som typ B-behållare enligt IAEA.

Behållarens huvuduppgift är att utgöra strålskärm för den inneslutna kapseln, så att den kan hanteras under transporten utan ytterligare strålskärning. Den skall vidare uppfylla kraven på bland annat hållfasthet och värmetålighet, samt ha förmåga att transportera ut den avgivna resteffekten, så att varken kapseln eller behållarytan får för hög temperatur.

Kapslarnas dimensioner och dimensionerande resteffekt är desamma för alla sorters bränsleelement. Detta innebär att det endast behöver finnas ett slags transportbehållare för kapslar. En transportbehållare med kapsel visas i genomskärning i figur 4-1.



Figur 4-1 Transportbehållare för inkapslat bränsle

Utförande

Behållaren tillverkas i gjutjärn, i en tjocklek av 250-300 mm i manteln och något lägre i lock och botten. Godstjockleken bestäms av strålskärningsbehovet. Materialet är beprövat i liknande typer av behållare. En del av den strålning som avges från kapseln består av neutroner, som inte dämpas lika bra som gammastrålning av järn. Därför förses behållarens mantel med ett antal borrarade kanaler som fylls med ett plastmaterial som absorberar neutronstrålningen. I lock och botten finns en neutronabsorberande matta, som också fungerar som stötskydd för kapseln inuti behållaren. Locket som tätar mot behållarmanteln kan vara antingen bultat eller gängat. Behållarens vikt inklusive lock är omkring 40 ton, med kapsel och lastbärare totalt ca 75 ton. Lockets vikt är 1,5-2 ton.

Eftersom resteffekten är låg behövs inga kylflänsar på utsidan av behållaren.

Lyft och hantering

Behållaren förses med lyfttappar i båda ändar, vilka bultas fast till manteln. Lyfttapparna används dels för lyft av behållaren, dels för att fixera den i horisontellt läge.

Under uppställning och transport vilar behållaren på en lastbärare med upplag för lyfttapparna. Den är antingen av liknande typ som dem som används idag, dvs en lastbärare med ben som kan hanteras av terminalfordonet. I detta fall lossas behållaren och flyttas till särskilda upplag på järnvägsvagnen där den säkras på motsvarande sätt. Eller också är lastbäraren i form av en plattform, som i sin helhet lyfts över och säkras på järnvägsvagnen. I detta fall krävs att terminalfordonet är anpassat till detta utförande eller att en mellanlastbärare används.

Stötdämpare

Under transport är behållaren försedd med yttre ”stötdämpare” i ändarna, bestående av trä- eller plastfyllda plåtkonstruktioner, som är utformade för att ta upp kraft och deformation i händelse av transportolyckor. Stötdämparna ger även ett visst extra brandskydd genom att avskärma värme-strålningen från en brand i närheten av behållaren.

Termiska egenskaper

Vid beräkning av behållarens förmåga att avleda resteffekten antogs en maximal resteffekt av 2,9 kW per kapsel och förhållanden motsvarande maximal solinstrålning och lufttemperatur. Den föreslagna konstruktionen klarar då att hålla både yttemperaturen på behållaren och temperaturen på kapselns yta tillräckligt låga. Åtkomliga ytor på behållaren får högst ha en temperatur på 85°C. För kapseln är idag ingen gräns fastlagd, men det finns stora marginaler upp till temperaturer som vore skadliga för det inneslutna bränslet. Dessutom kommer den högsta resteffekten för en kapsel att vara lägre än den som använts i beräkningen.

Strålskärmning

Gränser för högsta tillåtna strålningsnivåer, 2 mSv/h på mantelytan och 0,1 mSv/h på två meters avstånd under normala förhållanden, skall uppfyllas. Om de förutsättningar som använts i beräkningarna ändras (t ex genom att lägre eller högre aktivitetsinnehåll per kapsel specificeras), får utförandet - godstjockleken - justeras, om det behövs för att uppfylla strålskärmkriterierna.

Strålningen från bränslet som når kapselns utsida består av gamma och neutroner. När bränsle med dimensionerande hög utbränning finns i kapseln, utgörs en stor del av totaldosraten utanpå transportbehållaren av neutroner. Eftersom nivån på neutronstrålningen är starkt utbränningsberoende, innebär detta att neutronsosraten, och därmed den totala dosraten, i de flesta fall kommer att vara betydligt lägre än den för dimensionerande förhållanden beräknade. I lock- och bottenändarna kommer dosraterna att domineras av gammastrålning från det aktiverade materialet i bränsleelementens topp- och bottenplattor.

Det föreligger inte någon risk för kontaminering av transportbehållaren, eftersom den endast hanteras i utrymmen där ingen kontaminering finns.

4.2 Transportbehållare för annat långlivat avfall

Nedanstående beskrivning är baserad på en förstudie rörande lämpligt utförande av transportbehållare för hårdkomponenter och annat avfall som skall deponeras i djupförvaret /4-2/.

Behållaren är utformad som en rektangulär låda av stål, fäst på en lastbärare av samma utförande som den för kapselbehållaren. Lyftöron och surrningsdetaljer skall överensstämja, då de två behållartyperna skall hanteras med samma utrustning i inkapslingsanläggningen, under sjötransport och omlastning samt vid ankomst till djupförvaret. Tömningen av behållarna på förvaringsnivå är däremot helt skild för de olika typerna.

Behållarlådan rymmer endera av följande

- En 4,8 meter lång kokill med hårdkomponenter, vikt ca 25 ton
- Fyra betongkokiller av standardstorlek (1,2 meters kub), vikt ca 4 x 5 ton
- Fyra fatkorgar, vardera rymmande fyra fat på 200 liter, vikt ca 16 x 0,5 ton

Med en plåttjocklek på 150 mm blir behållarens vikt tom ca 44 ton, med lastbärare ca 55 ton. Med den tyngsta lasten (lång kokill) blir totalvikten ca 80 ton, dvs tyngre än den lastade kapselbehållaren. Detta innebär att kokillbehållarens vikt blir dimensionerande för lyftutrustningar, fordon etc.

Behållaren förses med fyra yttre lyftappar, motsvarande dem på kapselbehållaren.

Locket förses med bajonetthylsor för lyft av locket med särskilt lyftdon. Utförandet samordnas med motsvarande detaljer på långkokiller, så att båda kan hanteras med samma lyftutrustning. Locköppning och tömning av kokillbehållaren skall ske fjärrstyrt.

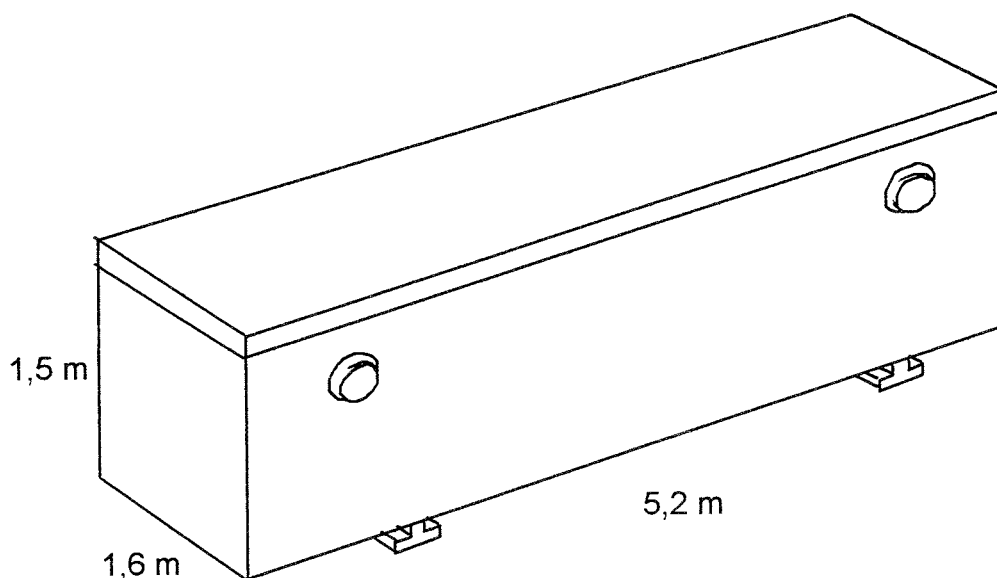
Samma locksystem förutses som på befintliga avfallstransportbehållare, ATB, dvs fjärrstyrd locktillslutning med låsfunktion. Låsspindlarna är placerade utanför behållarens långsidor och tillhörande nyckelhål i de utvändiga stötskydden. Transportbehållaren för den långa kokillen kan även, likt kapselbehållaren, utformas med lock i kortändan istället för på en långsida.

Behållarens undersida förses med fästen av snabbkopplingstyp för förankring vid lastbäraren. En skiss på behållaren för annat långlivat avfall visas i figur 4-2.

Inredningen anpassas så att de ovannämnda avfallstyperna kan styras in och fixeras i rätt position inuti behållaren. För fatkorgarna innebär det att en distansspall behövs för att fylla ut i höjddled, då faten är lägre än kokillerna.

Behållaren skall utföras så att den kan licensieras som typ B-behållare enligt IAEA:s krav vilket bland annat innebär mycket stor motståndskraft mot påkänningar. Därvid kan den jämföras med den senast tillkomna avfallstransportbehållaren ATB-8K, vilken till skillnad från de tidigare, större, ATB-erna licensieras som typ B-behållare.

Huvudanledningen till valet av typ B-behållare är, att den totala aktivitetsmängd som är innesluten i hårdkomponentkokiller och vissa andra avfallskokiller förväntas komma att överstiga den som får transporteras i en vanlig ATB.



Figur 4-2 Transportbehållare för annat långlivat avfall

4.3 Licensiering av transportbehållare

Både transportbehållaren för kapslar och den för annat avfall kommer att konstrueras och licensieras som typ B-behållare enligt IAEA:s transportrekommendationer /4-3/. En typ B-behållare uppfyller högt ställda krav inte endast på förmåga att skydda omgivningen utan även att skydda det inneslutna materialet. Det formella skälet till att typ B-behållare krävs är dock att sammanlagd aktivitetsmängd i materialet överstiger den nivå där enklare behållare kan användas.

Varje behållartyp licensieras vanligen först i konstruktionens ursprungsland (t ex Tyskland eller Frankrike). För svenskt bruk utfärdar sedan SKI eller SSI, efter egen granskning, sina tillstånd. Dessa har en varaktighet på ca 3 år, varefter förnyad licens måste sökas. Det måste även göras om ytterligare någon typ av innehåll, som inte tidigare redovisats, planeras för transport i behållaren. Varje tillstånd gäller således för transport endast av i tillståndet specificerat innehåll. Behållare för kärnavfall licensieras av SSI, och behållare för kärnämne (använt bränsle) av SKI.

För kapseltransportbehållarna gäller att endast ett slags innehåll blir aktuellt, eftersom alla kapslar ur transportsynpunkt skall vara likvärdiga. Transportbehållarna för annat långlivat avfall kommer att användas för flera olika slags kollin.

Regelverket för typ B är ganska omfattande. Här uppräknas några exempel på vad behållaren skall dimensioneras för:

Allmänna krav för alla typer av behållare

Lyftanordningar skall dimensioneras för hela behållaren inklusive last. Låsanordningar skall vara lätta att kontrollera. Invändig dekontaminering skall vara lätt. Behållaren skall tåla alla förekommande lastfall inklusive accelerationer, vibrationer etc.

Strålningsnivån utanför behållare, med specificerat innehåll, får ej överstiga 2 mSv/h på ytan och 0,1 mSv/h på 2 meters avstånd. 2-metersregeln kommer att vara dimensionerande på grund av behållarens storlek.

Speciella krav för Typ B-behållare

Motståndsförmåga mot mekaniska påkänningar vid en rad specificerade extrema påkänningar, utan att strålningsnivån utanpå behållaren eller frigjord radioaktivitet överstiger vissa, låga, värden. I testfallen ingår fritt fall av behållaren från 9 m höjd mot ett oeftergivligt underlag, yttre tryck, brandpåverkan av minst 30 min varaktighet i 800°C. I vissa fall skall flera prov göras i följd utan mellanliggande reparationer.

Att grundkonstruktionen motsvarar förväntningarna utreds genom teoretiska beräkningar med verifierade beräkningsmodeller och datorprogram, varefter de praktiska proven med en prototyp- eller modellbehållare utförs, för att verifiera dessa beräkningar. Skulle proven visa sig otillfredsställande i något avseende måste konstruktionen ändras tills kraven uppfylls. Proven utförs vid en anläggning specialiserad på detta och godkänd av respektive lands myndighet, och i närvaro av representanter för myndighet och beställare.

Preliminära beräkningar på de här aktuella behållarna visar att de kommer att klara de specificerade kraven beträffande täthet, mekanisk stabilitet, brandtålighet etc. Innan konstruktionen kan licensieras kommer mycket mer detaljerade beräkningar att behöva utföras och redovisas.

Det kan vara upplysande att jämföra med den 1996 framtagna säkerhetsrapporten för ATB-8K. Den innehåller bland annat:

- Beskrivning av behållaren och dess användningsområde
- Regler som uppfylls
- Ritningar på behållare, inredning, låsanordningar och fästanordningar
- Mekaniska egenskaper vid normaldrift och specificerade olyckor (tester)
- Redovisning av alla tester som företagits med modellbehållaren (beskrivningar, beräkningar, ritningar, tabeller och fotografier)
- Redovisning av beräkningar av brandtålighet, temperaturförlopp vid brand
- Beräkningar av inverkan av yttre tryck
- Materialegenskaper, säkerhet mot sprödbrott, temperaturintervall
- Inredningens egenskaper vid normaldrift och olyckor (testerna ovan)
- Termiska egenskaper i normalfall (extrema temperaturer utan brand) och vid brand
- Täthet. Förmåga att innehålla radioaktivitet. Förmåga att innesluta materialet
- Beräkning av dosrater på och omkring behållaren vid alla aktuella innehåll
- Hanteringsföreskrifter (underlag)
- Tillverkningskontroll och -tester samt kvalitetskontroll

Säkerhetsredovisningen för behållare avsedda för kärnämne (bränsle) innehåller förutom allt detta en utredning av kriticitetssäkerheten vid normala och onormala förhållanden.

En behållare som licensieras på detta sätt är tillåten för transport utan ytterligare restriktioner. Den formella myndighetsbehandlingen av säkerhetsrapporten för transportbehållarna innebär att en kvalificerad säkerhetsgranskning genomförs. De ytterligare redovisningar av hantering, organisation etc som görs, syftar till att erhålla tillstånd för rutinmässig drift med fastställda rutiner, så att en effektiv och driftsäker verksamhet kan bedrivas.

Kapitel 5 Fartyg

5.1 Huvuddata och klassning

Ett fartyg av ungefär samma storlek som SKB:s fartyg M/S Sigyn förutsätts för transportererna.

Fartyget M/S Sigyn ägs av SKB och bemannas av Rederi AB Gotland. Det är speciellt konstruerat för transporter av använt kärnbränsle och radioaktivt avfall. Nedan ges en kortfattad beskrivning av fartygets utförande. En mer utförlig redogörelse återfinns bl a i systembeskrivningen för transportsystemet /5-1/.

Fartyget är byggt enligt franska och svenska nationella regler, US coast guard-regler för utländska fartyg samt IMO:s regler (International Maritime Organisation). Det är klassat i Lloyd's Register of Shipping. Fartyget uppfyller IMO:s krav för flytbarhet för fartyg avsedda för farligt gods i bulkform, varvid lastrummet i beräkningarna jämförts med reglernas kemikalietankar. Fartyget uppfyller även kraven för INF-kodens högsta klass, klass 3 (IMO:s nya regelverk för fartyg som transporterar använt kärnbränsle).

Lastrummet är omgivet av 4 m breda sidoutrymmen och en 4 m hög dubbelbotten. Sidoutrymmena innehåller huvudmotorer och dieselgeneratorer med kringutrustning. Reservgenerator, kontrollrum, ställverksrum, laboratorium samt bostadsutrymmen är placerade för om lastrummet.

Fartygets konstruktion, med bl a dubblerade system och dubbel bordläggning, avser både att minimera sannolikheten för att en fartygsolycka skall inträffa, och förhindra att en olycka som trots allt inträffar leder till skador på lasten med risk för påverkan på personal eller omgivning.

Fartyget uppfyller svensk-finsk isklass 1A. Skrov, maskin, propellrar och roder är förstärkta enligt dessa krav. Därutöver uppfylls ett stort antal andra internationella konventioner och regelverk.

Strålskärmning

För att uppnå mycket låga strålningsnivåer i de utrymmen där besättningen normalt vistas är lastrummet delvis omgivet av strålskärmar. Mot det förliga däckshuset finns en 0,9 meter tjock skärmtank fylld med färskvatten. Tanken, som är horisontellt sektionerad på halva höjden, sträcker sig från bryggdäck till ner under lastdäcket. Utmed lastrummets sidor, mot maskinutrymmena, består väggarna av 150 mm tjock betong.

Fast och bärbar utrustning för strålningsmätning finns ombord. De fasta mätarna kan avläsas på bryggan.

Besättningen bär personliga dosimetrar så snart de arbetar med behållare i lastrummet. Hittills har ingen i besättningen erhållit någon stråldos utöver normal bakgrund.

5.2 Lasthantering och surring

M/S Sigyn är ett kombinerat roll-on/roll-off och lift on/lift off-fartyg. Normalt körs lasten in i lastrummet över akterrampen, men den kan även lyftas ombord med landbaserade kranar.

Det finns tio positioner för surring av tunga lastenheter i lastrummet. En tung lastenhet är antingen en bränsletransportbehållare på sin lastbärare, som har en vikt per enhet av max 100 ton, eller en avfallstransportbehållare med lastbärare med en vikt per enhet av upp till 120 ton. Lastbäraren, dvs den del som surras mot lastrumsdäcket, är lika för de båda typerna. Den tredje behållartyp som används idag, hårdkomponentbehållaren, är av samma utförande som bränsletransportbehållaren.

Samtidigt med de tio behållarna kan upp till tio standardcontainrar medföras i lastrummet, alternativt ett eller två terminalfordon, som surras i lastrummets akre del.

Om lasten inte består av transportbehållare, kan enstaka tunga fordon med last på upp till 350 ton tas ombord över akterrampen. Lastrummet kan förses med ett trädäck om t ex ett större antal containrar skall lastas. Dessutom finns plats för 12 containrar i lastpositioner på däck.

Statiska och dynamiska krafter som verkar på lasten under gång har beräknats. Följande dimensionerande värden gäller idag för fartyget:

- Vikt per lastenhet 135 ton
- Max last 65 ton per löpmeter eller 6,5 ton/m²
- Acceleration i sidled och längsled 1 g, vertikalt 2,1 g inkl tyngdaccelerationen

5.3 Brandskydd och ventilation

Brandskyddssystem

Fartyget är utrustat och byggt i enlighet med SOLAS 74, sjöfartsverkets föreskrifter samt vissa ytterligare krav. De principer som styr utformningen av brandskyddet ombord kan sammanfattas enligt följande.

Skrovet är indelat i ett flertal brandsäkra sektioner. Bostadsutrymmena är separerade från resten av fartyget. Risken för antändning begränsas genom att lättantändligt material inte används och genom den begränsade förekomsten av brännbart material.

Om brand ändå uppkommer skall den detekteras i det utrymme den uppstått, samt kunna begränsas till det och släckas där. Branddetektorsystem i form av rök- och flamdetektorer finns i lastrum och alla maskinutrymmen. I bostadsutrymmena finns det rökdetektorer. Kontrollpaneler för brandindikering finns på bryggan, i maskinrummen samt i bostadsdelen.

Brandsläckning

Det finns skyddade utrymningsvägar och tillträdesvägar för brandbekämpning, och lätt tillgänglig brandsläckningsutrustning finns över hela fartyget. De elektriska brandpumparna kan matas med

endera färskvatten eller havsvatten. Reservbrandpumpen, som kan användas om ordinarie pumpar skulle slås ut, finns i ett separat utrymme. Brandsläckningssystemet kan landanslutas med standardutrustning.

I bostadsutrymmena finns ett automatiskt sprinklingssystem, i lastrummet finns ett vattenspray-system, och i vissa övriga utrymmen finns det skumsläckningssystem. Det tidigare halonsläckningssystemet för huvudmaskinerna är av miljöskäl utbytt mot ett vattenbaserat system.

Om brand uppstår i lastrummet bidrar sprinklersystemet där till att kyla transportbehållarna. Släckningsvattnet leds till uppsamlingsstankar, där det kan mätas med avseende på kontaminering före utpumpning. Som en yttersta reservåtgärd vid brand har strålskärmtankarna försetts med säkerhetsventiler som öppnar vid en temperatur på 140°, varvid vattnet strömmar ut på lastdäcket.

Ventilation i lastrummet

Lastrummets ventilationssystem är gjort för att kunna hålla temperaturen på en tillfredsställande låg nivå även med full last av bränsletransportbehållare med dimensionerande resteffekt och vid full sommarvärme. Det innebär att det är rejält överdimensionerat för de flesta situationer. Ventilationssystemet utnyttjas också för att vädra ut avgaser från terminalfordonen vid lastning och lossning.

5.4 Maskineri och hjälpsystem

Framdrivningsmaskineri

Framdrivningsmaskineriet utgörs av två helt separata system, vardera bestående av en växlad dieseldriven huvudmotor på 1170 kW som driver en propeller med ställbara blad.

Fartyget är vidare utrustat med två bogpropellrar på tillsammans 600 kW.

Varje huvudmaskin med propeller och roder har ett eget hjälpmaskineri i anslutning till huvudmaskinen. Maskinerna är byggda för obemannad drift (UMS) och styrs från bryggan eller med reservsystem i respektive maskinrum. Motorerna kyls med färskvatten, motorernas kylkretsar kyls i sin tur med havsvatten. Kortvarigt kan ballastvatten användas istället.

Eftersom babords- och styrbordssystemen arbetar oberoende av varandra, skall inte ett maskinhaveri på ena sidan äventyra fartygets manövrerbarhet, eller lastens eller besättningens säkerhet.

Hjälpkraft och eldistributionssystem

El genereras med tre lika stora dieseldrivna generatorer, varav en är avsedd som reserv. Var och en av dem är tillräcklig för fartygets hela behov vid normal drift. Reservgeneratoren med tillhörande utrustning är placerad avskilt från huvudmaskinrummen och på en nivå över vattenlinjen.

I hamn ansluts fartygets system till elnätet i land.

Navigations- och kommunikationssystem

Fartyget är utrustat med flera av varandra oberoende system för positionsbestämning. Satellit-navigationsutrustningen är kopplad till ett satellitkommunikationssystem, varigenom fartygets position kan sändas - automatiskt eller manuellt - till mottagare i land. Dessutom finns ett flertal andra kommunikationssystem för olika behov. Systemen moderniseras successivt.

Övrig utrustning

M/S Sigyn är försedd med livräddningsutrustning enligt reglerna. Det finns två livbåtar som vardera rymmer 22 personer, samt två 25-mans och två 20-mans livflottar.

Som framgår tidigare är fartyget konstruerat för mycket god flytbarhet efter skada. Likväl finns utrustning för sökning och bärgning av sjunket fartyg: Det finns akustiska undervattenssändare, samt signalbojar med blinkande sken som flyter upp till ytan. Linornas längd är 500 m vilket överstiger de aktuella vattendjupen. Skrovet är försett med lyftöglor vari vajrar kan fästas vid en bärgningsoperation.

5.5 Drifterfarenheter

M/S Sigyn byggdes 1982. Hon har varit i full drift med transportverksamhet mellan de svenska kärnkraftverken, CLAB och SFR sedan 1985 och är så alljämt. Generellt sett har fartyget varit en av de pålitligaste länkarna i en i sin helhet väl fungerande transportkedja, och de störningar som förekommit har varit få och lindriga. Ur strålskyddssynpunkt för besättningen är erfarenheterna goda, se avsnitt 12.3.

Regelbundna översyner på varv sker som för alla fartyg. Vid dessa tillfällen har reparationer och förbättringar i avsikt att ytterligare höja driftsäkerheten utförts.

För att även i fortsättningen kunna driva fartyget ekonomiskt och säkert, finns ett program för successiv förnyelse av komponenter och system ombord, grundat på erfarenheterna av fartygets drift. Därigenom förväntas en lång återstående livslängd - åtminstone till år 2010.

Som stöd för det dagliga och långsiktiga arbetet finns det, utöver gällande underhållsplaner, en kvalitetssäkringshandbok (QSE-manual) för M/S Sigyn.

Kapitel 6 Sjötransport från inkapsling till omlastningshamn

6.1 Allmänt

Kärnkraftverkshamnarna är anpassade för trafik med SKB:s fartyg M/S Sigyn. Den tilltänkta omlastningshamnen kommer att utrustas på motsvarande sätt, under förutsättning att samma fartyg eller ett av motsvarande storlek och utförande väljs för transporterna till djupförvaret.

Innan lokaliseringen är fastställd kan några närmare beskrivningar av sjötransportrutterna inte göras.

Det finns ingen principiell skillnad mellan det vägval som M/S Sigyn bör följa och det som följs av andra fartyg i samma storlek. Befälhavaren kan alltid välja en annan rutt än den vanliga, om väder-, is- eller andra förhållanden ger anledning. Position, fart och vägval meddelas rutinmässigt till transportledningscentralen.

Beträffande lotsplikt är huvudregeln när lasten utgörs av radioaktivt gods, att lots skall vara ombord vid angöring av alla hamnar samt vid passage av Öresund.

M/S Sigyn har under årens lopp besökt ett stort antal hamnar längs hela den svenska kusten samt i Mälaren, i samband med somrarnas utställningsverksamhet.

6.2 Hamnar

Simpevarps hamn

Hamnen i Simpevarp förutsätts vara utlastningshamn för kapslar och övrigt avfall. Den ligger i anslutning till Oskarshamnsverket. Den används av M/S Sigyn för transporter av använt kärnbränsle från de andra kärnkraftverken till CLAB och för borttransport av behandlat avfall från Oskarshamnsverket och CLAB till SFR (Forsmark). Simpevarp fungerar som hemmahamn för M/S Sigyn.

Inseglingen till Simpevarp sker i utprickad farled med naturligt djup fram till vågbrytaren. Fartyget vänder omedelbart utanför hamnen. Till hjälp vid angöringen finns en angöringsboj samt enslinje och sektorfyra. I hamnen är garanterat vattendjup minst 6 meter vid medelvattenstånd. 6m-kurvan är utmärkt med sex stycken specialmärken.

Hamnen medger insegling och tilläggning av fartyg på 3000 dwt. Den är, i likhet med övriga kärnkraftverkshamnar, försedd med en ro-ro-ramp som följer standarden ISO/DP 6812/2, Fixed Shore Ramp Class A.

Vågbrytarens längd är 200 meter, och kajen är försedd med dykdalber. På kajplattan finns en hamnkran med 100 tons lyftkapacitet. El, telefon och vattenanslutningar finns i hamnen för fartygets behov.

Isförhållandena utanför Simpevarp är i allmänhet gynnsamma. Det öppna havet utanför kustbandet är inte istäckt under normala vintrar. Det har dock under den tid M/S Sigyn varit i bruk förekommit flera svåra vintrar med kraftig is som krävt isbrytarassistans för sjöfarten. (Betr. fartygets isbrytande förmåga se kapitel 5.)

Avståndet från hamnen till CLAB, och därmed även till den planerade inkapslingsanläggningen, är ca 2 km. Den väg som används för de ovan nämnda transportererna blir även transportväg för kapselbehållarna /6-1/.

Omlastningshamn

Platsen för omlastningshamnen är för dagen okänd. Kraven på den med avseende på storlek, djup och angränsningsförhållanden, liksom på utrustning för fartygets behov, kommer att vara likartade som de som gäller i Simpevarp. Vid behov får anpassning göras till önskad funktion, på samma sätt som skedde i Simpevarp när CLAB byggdes.

Om samma omlastningshamn skall användas för transport av bentonit mm för djupförvarets behov, kan detta ställa högre krav på vattendjup och kajlängd, eftersom det troligen blir större fartyg som anlitas för dessa transporter.

För trafik med M/S Sigyn eller ett liknande fartyg krävs en ro-ro-ramp av samma typ som i Simpevarp.

För lossning och temporär uppställning av transportbehållare samt omlastning till järnväg behöver följande finnas i hamnen och/eller dess närhet (inom någon km):

- hårdgjorda ytor som tål förekommande laster
- järnvägsspår (industrispår) med rangermöjlighet
- utrymme för omlastning från fordon till järnvägsvagnar
- bockkran eller motsvarande med minst 70 tons lyftkapacitet
- lyftok anpassade till behållarna
- väderskyddade utrymmen med plats för temporär uppställning av fyllda eller tömda behållare, ensamma lastbärare, terminalfordon samt järnvägsvagnar
- personalutrymme.

Kajområdet, omlastningsområdet samt uppställningsplatserna skall vara inhägnade.

Placeringen och utformningen av de olika faciliteterna blir helt avhängiga av de naturliga förutsättningarna på platsen. En principskiss återfinns i kapitel 9 (figur 9-2).

Kapitel 7 Terminalutrustning och hanteringsutrustning för transportbehållare

7.1 Terminalfordon

Vikten hos lastade transportbehållare för kapslar och annat avfall till djupförvaret, 70-80 ton, innebär att de terminalfordon som används måste vara av kraftig konstruktion. De fordon som ingår i dagens transportsystem har en lastkapacitet på 120 ton och klarar således med god marginal aktuella vikter. Eftersom huvudalternativet för djupförvarstransporterna ansluter till dagens utförande av transportsystemet, gäller beskrivningen nedan dagens tunga terminalfordon, även om just dessa exemplar kommer att vara utbytta mot nyare. Ett något mindre/lättare fordon kan bli aktuellt.

Terminalfordonen kan användas parallellt för många olika godsslag, under förutsättning att lasten är förankrad på lastbärare av ett utförande som fordonen kan hantera.

De är inte lämpliga för längre transporter på landsväg på grund av storleken och den låga körhastigheten.

Utförande av terminalfordon

Terminalfordonet kan beskrivas som en stor pallastare. Det drivs av en dieselmotor med hydraulsystem. Motorn är också kopplad till en kompressor som försör det pneumatiska bromssystemet med tryckluft.

För att hålla nere hjultrycket är fordonet försett med ett stort antal hjul. Det har 14 individuellt vridbara axlar med vardera två hjul. Varje hjulpar är kopplat till en gemensam hydraulisk styrenhet som ger koordinerad styrning. Sex axlar är försedda med varsin hydraulisk drivenhet och de övriga åtta är anslutna till det pneumatiska bromssystemet.

Varje hjulaxel bärs av en hydraulisk lyftcylinder, som medger att flaket höjs 600 mm över lägsta nivå. Systemet är utfört i två kretsar med tryckkännande blockeringsventiler vid varje komponent. I händelse av brott på rör eller slang förblir fordonet i funktionsdugligt skick, med lasten kvar i upplyft läge.

Fordonet manövreras från förarhytten, som kan förskjutas i sidled för att underlätta sikten vid backning. Sidförskjutning kan endast göras då fordonet står stilla. Mellan förarhytten och flaket finns en strålskärmande stålvägg.

Totalvikten är 155 ton, max. last är 120 ton och max. axellast är ca 22 ton. Längden är 12 meter, bredden 3,3 meter och yttre svängradien endast 9 meter. Högsta hastighet i lastat skick är 10 km/h och fordonet kan starta och köra på en maximal lutning av 1:8.

Funktion

I figur 7-1 visas ett terminalfordon lastat med bränsletransportbehållare av dagens utförande.

Behållarna flyttas genom att fordonet backas in under lastbäraren, varefter flaket höjs och lyfter lastbäraren till transportläge. En låsklack säkrar lasten på flaket. Höjning och sänkning av flaket kan endast ske med fordonet stillastående.

Vid lastning ombord på fartyget backas fordonet över rampen, och lastbäraren med behållare positioneras över en av lastpositionerna i lastrummet. Lasten sänks och ställs av, varefter fordonet kan parkeras och surras för att medfölja fartyget, eller köra iland. För lasten finns särskilda surrningsbeslag i de olika fasta lastpositionerna.

Förutom vid lastning och lossning av fartyget används terminalfordonen för olika förflyttningar av behållare på lastbärare eller tomma lastbärare mellan olika uppställningsplatser.

Fordonen är utrustade med en rad säkerhetsfunktioner och har bland annat ett kommunikations- och larmsystem, som medger att fordonet kan stoppas fjärrstyrt och sedan inte startas igen utan tillgång till en speciell kod.

För körning erfordras körkortsklass C och utbildning på fordonet.



Figur 7-1 Terminalfordon lastat med en transportbehållare för använt bränsle

7.2 Lyftutrustningar för behållarhantering

Simpevarp

All hantering i Simpevarp, utanför CLAB/inkapslingsanläggningen, sker med terminalfordon och behållarna förankrade på lastbärare.

Den lyft- och hanteringsutrustning som behövs för hanteringen i samband med fyllningen av behållaren i inkapslingsanläggningen, beskrivs i /7-1/.

Omlastningshamn

Med de givna förutsättningarna gäller följande:

Fartyget lastas och lossas med ett terminalfordon på motsvarande sätt som i Simpevarp, dvs roll-on/roll-off över akterrampen.

För omlastning från terminalfordon/lastbärare till järnvägsvagnar behövs en bockkran /traverskran med minst 70 tons lyftkapacitet. Den skall grensla över körbanan och uppställningsplatsen för lastbärare och över industrispåret där järnvägsvagnarna ställs upp.

Kranen utrustas med lyftok som är anpassat(-de) till behållarens lyftappar. Även hjälputrustningar för förankring av behållare vid lastbärare respektive vid järnvägsvagnens plattform skall kunna hanteras.

Närmare utformning av omlastningsområdet blir beroende av de lokala förhållandena och om till exempel bentonit skall kunna hanteras med samma utrustning.

Djupförvarets mottagningsområde

I omlastningshallen, som är försedd med portar i bägge ändar för att medge genomkörning, lyfts behållarna från järnvägsvagnarna med byggnadens travers. Utrymmet skall medge mellanlagring av såväl fyllda som tomma behållare, för snabb omlastning. Behållarna skall kunna flyttas antingen direkt till fordon för vidare transport eller till uppställningsposition. Utrustning för intern transport inom djupförvaret beskrivs i /7-2/.

Kapitel 8 Landtransport från hamn till djupförvar

8.1 Allmänt

Rutter

Eftersom djupförvarets lokalisering idag är okänd kan inte mycket sägas om transportvägarna. I denna rapport har det antagits att behållarna transporteras med fartyg till en omlastningshamn och sedan, som huvudalternativ, vidare med järnväg till en plats 200-300 km från hamnen. Alternativt sker vidaretransporten med landsvägsfordon, en lösning som är mera trolig om avståndet inte är så långt.

I varje förstudie för någon tänkbar plats (kommun) för lokalisering av djupförvaret ingår en studie av möjliga och lämpliga transportvägar. Detta är en av de faktorer som har betydelse för valet av lokaliseringsort.

Transporterna av behållare är visserligen inte många - ca tio behållare per vecka, tur och retur - men även transporter av bentonit och utrustning samt inte minst trafik under byggnadstiden kommer att förekomma, varför hänsyn måste tas till miljöpåverkan i form av trafikbuller, när valet av rutter för de olika transportslagen görs.

Valet av omlastningshamn kommer att påverkas av hur bra (järnvägs)förbindelser som går att åstadkomma.

Järnvägar

Järnvägsnätet i Sverige tål med få undantag 20 ton per axel vid hastigheten 100 km/tim. Med maximalt tillåtna 22,5 ton per axel är högsta hastigheten 90 km/tim. Således utgör järnvägsnätets bärighet ingen begränsning för djupförvarstransporterna. Somliga sträckor är inte elektrifierade. Där måste dieselektriska lok, som har lägre dragkraft, användas.

Det finns pågående och planerade projekt för att åstadkomma höjd standard på flera delar av järnvägsnätet.

Vägar och broar

Kraven på vägar och broar bestäms huvudsakligen av fordonens totalvikt och axeltryck. Om långa vägtransporter väljs istället för järnväg till djupförvaret, får man av kostnadsskäl anpassa fordonen till att motsvara vägarnas och broarnas bärighet.

På stamvägnätet tillåts utan dispens fordon med totalvikt 60 ton och max 15 ton på enskild axel. För en treaxlig boggie reduceras tillåtna axeltrycket till 13 ton och boggiens tryck mot vägbanan blir 39 ton.

För broar är totalvikten avgörande. För äldre broar är gränsen ofta 60 ton. De broar som kan bli aktuella får granskas med hjälp av vägverkets uppgifter i broregistret.

Ett landsvägsfordon med en transportbehållare får en totalvikt av över 100 ton för hela ekipaget, medan hjultryck, axeltryck och boggietryck bestäms av antalet axlar. Även vid broar med tillräcklig bärighet krävs då reducerad hastighet vid passage.

Vägnätet och dess broar kommer att hinna förändras innan det blir aktuellt med transporter till djupförvaret. Oavsett lokalisering kommer vissa vägsträckor troligen att behöva nybyggas för förbindelsen med djupförvarsanläggningen.

8.2 Transportmedel

Järnvägsvagnar

På grund av transportbehållarnas vikt kommer endast en behållare per järnvägsvagn att kunna lastas. Det innebär att minimiantalet vagnar som behöver disponeras är lika stort som det högsta antalet behållare som förväntas i en fartygslast, plus någon reserv. Omvänt bör antalet behållare i en last ej vara större än det antal vagnar som finns tillgängliga. Det kan eventuellt även finnas en begränsning på tågets totalvikt, som i så fall får styra antalet behållare per fartygslast. I denna rapport antas antalet vagnar vara tio.

SJ, Statens Järnvägar, har en mängd olika vagn typer för speciella laster, med olika gränser för lastvikten. I detta fall önskas vagnar som passar både för kokillbehållare (dvs behållare för annat långlivat avfall) och kapselbehållare. Därför väljs en vagn som klarar den högre vikten hos kokillbehållaren. Om någon av SJ:s vagnar inte väljs finns det t ex tyska vagnar med skjuttak, som kan passa. I Tyskland finns idag också i drift vagnar för transportbehållare med använt bränsle mm. Sannolikt tillkommer ytterligare modeller innan anskaffning blir aktuell för SKB. Aktuella vagnar kan transporteras i åtminstone 90-100 km/tim utan restriktioner.

Den vagn som väljs förses, förutom med låsbart skjuttak, med fasta fästen för transportbehållarna. Fästena/kopplingarna utgörs antingen av upplag för behållarnas lyftappar (som dagens lastbärare) eller av fästen för en bottenplatta som behållaren i så fall är förankrad vid under hela resan. Utförandet får samordnas med utformningen av terminalfordon och lastbärare vid inkapslingsanläggningen och djupförvaret.

Eftersom vagnarna således specialutrustas för denna last, kommer de inte att vara tillgängliga för andra transporter under övrig tid. Den tid som inte går åt för förflyttning av fyllda eller tömda behållare får vagnarna ställas upp, antingen i djupförvarets mottagningshall eller i omlastningshamnen, beroende på aktuell transportplanering.

Lok

Eftersom tågsätten blir av normalt förekommande totalvikt, kan vanliga elektriska eller diesel- elektriska lok användas. De ger tillräcklig dragkraft, även om de dieselektriska loken har mindre dragkraft än de elektriska. Den maximala hastigheten påverkas, förutom av tågsättets totalvikt och lokets dragkraft, även av banans stigning och kurvighet. I detta sammanhang är dock hög hastighet inte något huvudkrav.

Ingen särskild anpassning av loket behövs.

Landsvägsfordon

Landsvägstransporter från omlastning till djupförvar är inte huvudalternativet i denna rapport, men också en möjlig lösning som kan väljas om avstånden inte är så stora eller om bra järnvägsförbindelser saknas.

Trailrar och semitrailrar som kan bära vikten av en behållare finns av flera typer, liksom dragbilar med varierande styrka och utrustning. Dessa kan inte jämföras med dagens tunga terminalfordon i CLAB och SFR, vilka arbetar med mycket låg fart. Landsvägsfordonens hastighet är betydligt högre, men ändå låg jämfört med övrig vanlig trafik. Exempelvis finns en sexaxlig trailer med maxlast 83 ton och egenvikt 27,7 ton. Tillsammans med en dragbil som väger 38 ton blir fordonskombinationens totalvikt nästan 150 ton. Den högsta tillåtna hastigheten för detta ekipage är 70 km/tim, men med full last blir dess hastighet betydligt lägre. Både lättare och tyngre tänkbara fordonskombinationer finns på marknaden. Om fordonen specialbeställs, är variationsmöjligheterna mycket stora.

En avigsida med långa landsvägstransporter, förutom praktiska hänsyn, kan vara vägnätets bärighet. Tillgången på lämpliga fordon är ingen begränsning. Någon ny teknik behöver därför inte utvecklas, även om djupförvarets lokalisering skulle leda till att landsvägstransporter väljs.

Kapitel 9 Hanteringsgång för behållartransport

9.1 Fyllning av behållare vid inkapslingsanläggningen

Transportbehållare för kapslar kommer att finnas i ett så stort antal som behövs för att arbete skall kunna ske parallellt vid inkapslingsanläggningen, vid djupförvaret samt med pågående transport.

När tomma behållare anlämt till transportslussen i inkapslingsanläggningen, kontrolleras de med avseende på yttre renhet och eventuella skador. Efter demontering av stötdämparna lossas behållaren från lastbäraren och lyfts över till uttransporthallen.

I uttransporthallen placeras behållaren i vertikalläge på en transportör, som för den först till en arbetsplattform där locket frigörs, sedan till en närliggande lastningsposition, där locket lyfts av.

Kapseln som skall transporteras placeras ovanför lastningspositionen och sänks ned i behållaren. Därefter placeras behållarlocket åter på behållaren. Behållartransportören för tillbaka behållaren till arbetsplattformen, där locket säkras. Med traversen lyfts behållaren sedan över till lastbäraren som står parkerad i transportslussen. Behållaren sänks och vrids till horisontellt läge samt förankras på lastbäraren.

Lastning av långa kokiller i transportbehållare sker på liknande sätt. Det finns alternativa förslag på utformningen av kokillbehållaren, och därmed på dess hantering och fyllning.

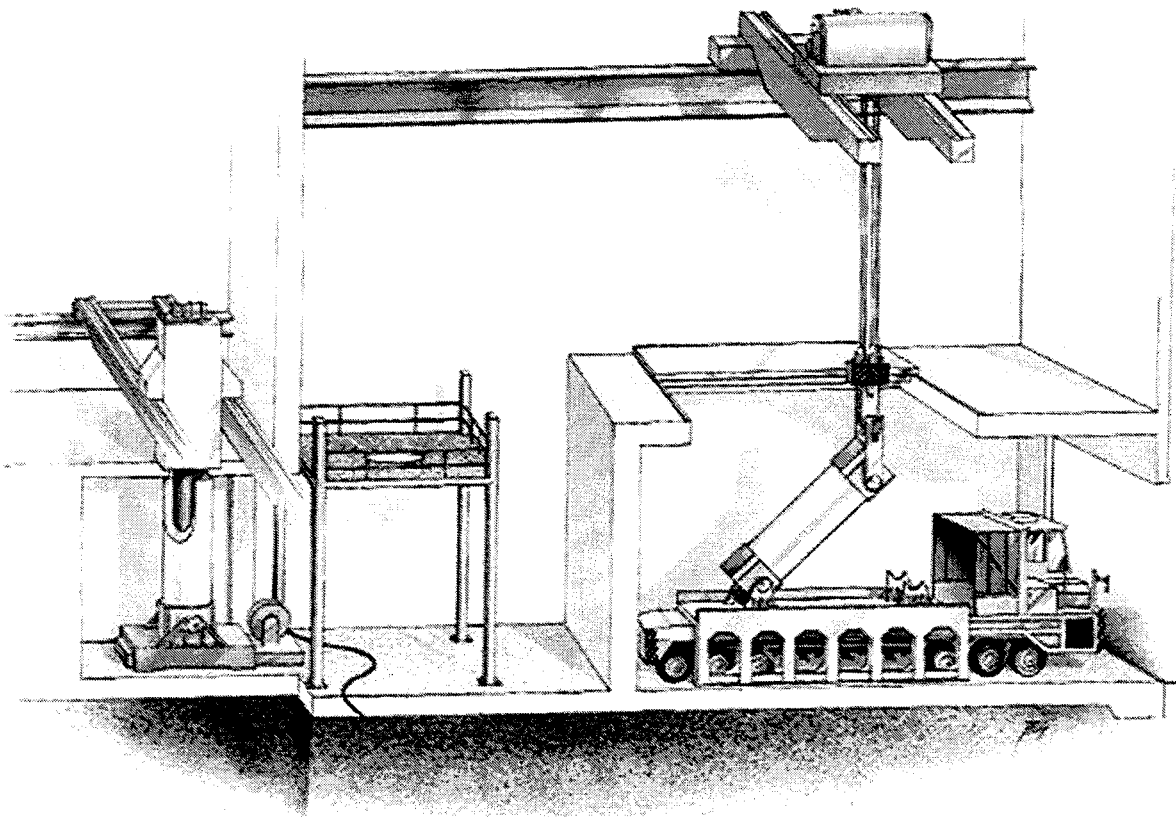
Innan ekipaget lämnar byggnaden skall stråldosraterna utanpå behållaren mätas, stötdämparna monteras samt behållaren märkas med transportnummer och vissa uppgifter om innehåll och strålning.

Behållarna körs med terminalfordonet till Simpevarps hamn, där de lastas ombord på fartyget och surras i lastrummet. En principskiss över hanteringen i samband med uttransport visas i figur 9-1. Inkapslingsanläggningens funktion, layout och säkerhet beskrivs i /9-1/.

9.2 Omlastning av fyllda och tömda behållare i hamnen

Huvudalternativet i denna rapport är att transportererna företas med fartyg samt järnväg. De arbetsmoment som då skall utföras är desamma oavsett lokalisering. Om den fortsatta transporten skall ske på landsväg blir omlastningen snarlik jämfört med nedanstående översiktliga beskrivning.

Omlastningshamnen är antingen en avdelad terminal i en idag befintlig hamn eller en hamn som byggts speciellt för detta ändamål. Hamnen är utrustad med ro-ro-ramp, körvägar, järnvägsspår, lyftutrustning för behållare och lastbärare samt uppställningsplatser för behållare, lastbärare, järnvägsvagnar och utrustning. Mellanlagring av bentonit kan eventuellt ske i en förrådsbyggnad i hamnen.



Figur 9-1 Lastning av transportbehållare i inkapslingsanläggningen

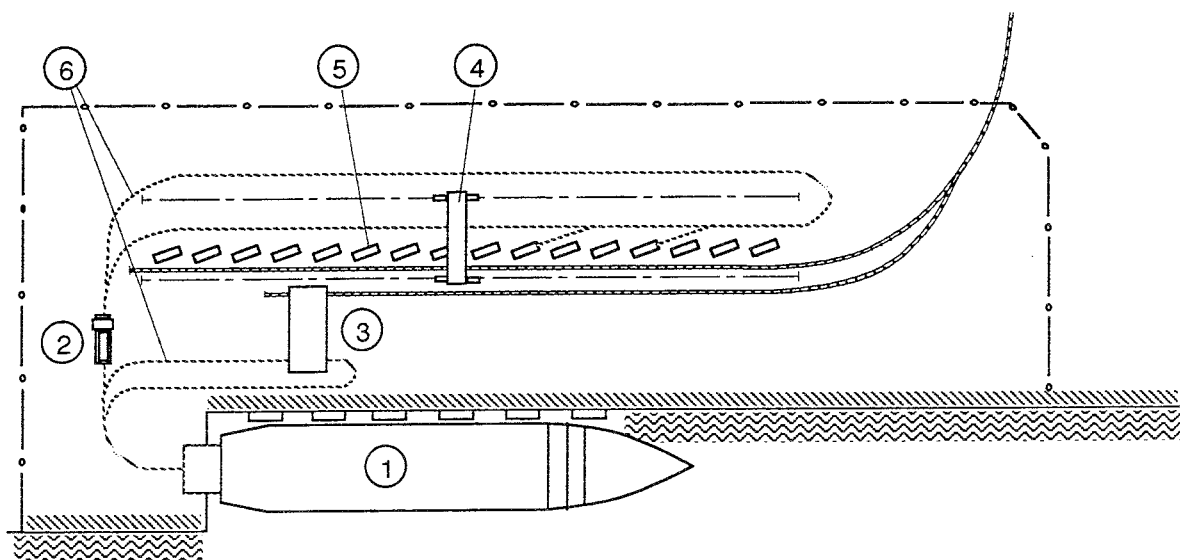
Hamnområdet är inhägnat och försett med tillträdeskontroll. En principiell situationsplan för omlastningshamnen framgår av figur 9-2.

Efter fartygets tilläggning inväntas klartecken från landorganisationen (transportledningen), varefter behållarna lossas och körs i land en och en med ett terminalfordon. De körs till en position invid järnvägsspåret, där lediga vagnar står beredda. En lyftutrustning (bockkran och lyftok anpassade till behållarna) lyfter behållarna till järnvägsvagnarna. Med det utförande på behållare och lastbärare som idag förutses, föregås detta moment av att behållarnas förankring vid lastbärarna lossas, eftersom lastbärarna inte skall medfölja tåget.

Om varje behållare har sin egen lastbärare, har de tomma behållare som tidigare anlänt från djupförvaret lyfts av tåget, förankrats på lastbärarna och placerats på en temporär uppställningsplats, där de sedan hämtas av terminalfordonet och lastas ombord på fartyget. Tågets och fartygets avgång blir då oberoende av varandra. Det kan även tänkas att antalet lastbärare är begränsat. Av- och pålastning på järnvägsvagnarna får då styras så, att i tur och ordning en fylld behållare lastas på tåget varefter en tom behållare lastas på den lastbärare som nyss blivit ledig osv. Istället för ett överskott på lastbärare kan man ha ett överskott på järnvägsvagnar för ledigare omlastning. Val av alternativ är endast en praktisk (och ekonomisk) fråga och kan bland annat bero på utrymmestillgång och avstånd i den lokala hamnen.

Med en kontinuerlig verksamhet vid inkapslingsanläggningen och vid djupförvaret kan arbetet i omlastningshamnen planeras så att tomma och fyllda behållare alltid möts där, så att lossning och lastning kan ske i ett sammanhang. Med antagandet att tio behållare medförs per fartygstransport kommer omlastningsarbetet i hamnen att utföras med en frekvens av en gång per vecka. Under övriga dagar inskränker sig arbetet där till att ha uppsikt över uppställd materiel. Det är inte otroligt att transporter av bentonit med destination djupförvaret kommer att ske via samma hamn, varvid samordningsvinster kan göras.

Liksom vid övrig hantering av transportbehållare skall omlastningsarbetet stå under uppsikt av en ansvarig arbetsledare som har kontakt med transportledningscentralen. Surningar, kontroller och överlämningar skall dokumenteras och signeras enligt fastställda rutiner. Innan tåget avgår från omlastningshamnen skall vagnarna stängas och låsas.



- 1 Sigyn eller liknande fartyg
- 2 Terminalfordon med transportbehållare
- 3 Bentonitförråd, personalkontor
- 4 Bockkran för behållare
- 5 Uppställningsplatser för lastbärare med behållare
- 6 Körslingor för terminalfordon

Figur 9-2 Omlastninghamn för transport till djupförvaret, principiell situationsplan

Normalt skall tågtransporten ske utan väntetider och stopp, men om tåget av någon anledning blir stående längs linjen eller på någon station, skall inte några åtgärder vidtas med vagnarna, och inga speciella skyddsanordningar behövs. Strålningsnivån utanpå behållarna är låg, och den är ännu lägre på utsidan av de låsta vagnarna. Den transportledare som medföljer transporten har ansvar för att tågsättet står under kontinuerlig uppsikt under färd och vid eventuella avbrott.

9.3 Hantering och tömning av behållare vid djupförvaret

Avlastning av fyllda transportbehållare från järnvägsvagnar sker i en mottagningsbyggnad inom djupförvarets driftområde. De fyllda behållarna med stötdämpare placeras med hjälp av en travers i markerade parkeringspositioner i ett buffertförråd i väntan på nedtransport.

I denna rapport förutsätts att nedtransporten till förvarsnivån sker i en ramp. Inför nedtransporten lyfts behållaren med traversen till ett särskilt fordon, anpassat för ramptransport. Nedtransporten tar omkring en timme.

Nere på förvarsnivån placeras behållaren i en omlastningsstation, där kapseln skall överföras till en strålskärmsstub. Denna hanteras vidare av en deponeringsmaskin, som för kapseln till deponeringspositionen.

Hantering i omlastningsstationen på förvarsnivån är i princip en reversering av fyllningen i inkapslingsanläggningen, och kan indelas i följande steg:

Tömning av transportbehållare/ urlastning av kapsel

- Transportbehållarens stötdämpare avlägsnas när behållaren ligger i omlastningsstationen.
- Transportbehållaren reses därefter med hjälp av en travers och placeras stående i en urlastningsposition under golvnivån i omlastningsstationen.
- Transportbehållarens lock lossas.
- Strålskärmsstuben dockas mot den strålskärmda urlastningspositionen.
- Botten på strålskärmsstuben avlägsnas fjärrstyrt och förs åt sidan.
- Gripverktyget för kapseln sänks ned och lyfter transportbehållarlocket och placerar det på en liten vagn inne i strålskärmen. Vagnen för locket åt sidan.
- Gripverktyget för kapseln kan nu hämta kapseln och lyfta in den i strålskärmsstuben.
- Botten på strålskärmsstuben återmonteras fjärrstyrt.
- Strålskärmsstuben med kapsel kan nu avlägsnas från urlastningspositionen och transporteras till deponeringstunneln.

Hantering av den tömda behållaren

- Före förslutning av transportbehållaren kan dess insida kontrolleras med avseende på renhet och eventuella skador.
- Locket på transportbehållaren återmonteras.
- Transportbehållaren lyfts upp ur urlastningspositionen och placeras i horisontalläge för montering av stötdämparna, inför transporten till behållarförrådet på marknivå.
- Den tomma transportbehållaren placeras i samma förråd som fyllda behållare, i väntan på återtransport till omlastningshamnen för vidare transport till inkapslingsanläggningen.

För en beskrivning av djupförvarets drift, se /9-2/.

9.4 Retur av tomma behållare

Returtransporten av de tömda transportbehållarna sker på samma sätt som vid framtransporten. När ett tåg anlärt med fyllda behållare och lastats av, så att järnvägsvagnar finns lediga vid djupförvarets mottagningsområde, kan dessa lastas med tomma behållare och transporteras till hamnen. Där bör de finnas i god tid innan fartyget anländer med sin nästa last, för att underlätta snabb lossning och lastning. Därför kan det förekomma buffertlagring av behållare även vid omlastningshamnen.

Beskrivningen av transporter av behållare gäller även transportbehållare för övrigt avfall. Beroende på driftsituationen och tillgänglig transportkapacitet kan en tågtransport omfatta ett eller flera slags behållare. Detsamma gäller fartygstransporten. Fartygets lastkapacitet är troligen större än tågets, varför samlastning kan göras.

Vid ankomsten till Simpevarp lossas behållarna från fartygets lastrum och körs med terminalfordonet till inkapslingsanläggningen, där en ny transportcykel påbörjas.

Om någon skada på transportbehållaren upptäckts, får den repareras här, innan den åter tas i bruk.

9.5 Returtransport av kapsel till inkapslingsanläggningen

I inkapslingsanläggningen skall det alltid vara möjligt att ta in en returnerad kapsel för kontroll och åtgärd, oavsett orsak till returen.

Möjliga orsaker till retur av kapsel kan vara:

1. Under transporten har något inträffat med transportbehållaren där man inte med säkerhet kan säga att innehållet är opåverkat. I detta fall får den berörda behållaren skickas tillbaka öppen tillsammans med tömda behållare.
2. Vid mottagningen och besiktningen i samband med deponering upptäcks något förhållande som gör att kapseln underkänns för deponering. I detta fall placeras kapseln åter i en transportbehållare och returneras på samma sätt som tomma behållare. Fyllningen av behållaren på förvaringsnivå sker med samma utrustning som tömningen, och hanteringsstegen görs i omvänd ordning.
3. Djupförvaret kan av någon anledning inte ta emot kapslar.
4. Något administrativt problem har uppstått, som lett till att transporten underkänns, ställs in eller avbryts.

Samtliga dessa fall förväntas vara mycket sällsynta.

En kapsel som inte kan transporteras vidare, utan blir stående i sin behållare på någon av anläggningarna, tar inte någon skada av detta. Det blir heller inte några höga temperaturer på en väntande fylld behållare, eftersom resteffekten är låg, och några åtgärder för kylning behövs inte.

Skulle ett allvarligt olycksfall ha inträffat, kan olika provisoriska åtgärder behöva vidtas innan den berörda kapseln returneras. Vid t ex mekanisk deformation bör det finnas möjligheter att tillverka eller modifiera utrustning för lyft av kapsel med hjälp av den verkstadsutrustning som kommer att finnas i djupförvaret. Detta gäller åtgärder av engångskaraktär, för vilka inga speciella förberedelser kommer att vidtas. Säkerheten vid drift av djupförvaret beskrivs i /9-2/.

I korthet innebär hanteringen vid mottagning av returnerad kapsel i inkapslingsanläggningen att steg som vidtogs vid uttransporten görs i omvänd ordning /9-1/. Det finns också möjligheter att utnyttja CLAB-anläggningens mottagnings- och verkstadsutrustning.

Kapitel 10 Transportvolymer och -tider

Transportvolymer

Under den inledande driftperioden i djupförvaret kommer endast kapslar att tagas emot och deponeras. Den inledande driftperioden omfattar enligt dagens planer ca 400 kapslar.

Därefter vidtar den reguljära driftperioden, då resterande mängd kapslar samt kokillerna med annat långlivat avfall deponeras. Det totala antalet kapslar beräknas bli ca 4000 stycken. Eftersom utbyggnaden av djupförvarets deponeringstunnlar sker successivt, kan storleken justeras efterhand beroende på kärnkraftverkens verkliga drifttider och totala energiproduktion.

Transportsystemet är dimensionerat för en årsvolym av omkring 200 behållare med kapslar och 100 behållare med annat långlivat avfall. Det finns visst utrymme i inkapslingsanläggningen för temporär uppställning av behållare med kapslar och kokiller, men när alla anläggningarna är i drift som planerat, skall kapslarna tillverkas i samma takt som de transporteras iväg.

Om tio behållare medföres per resa, motsvaras en total årsvolym av 300 transportbehållare av 30 resor med fartyget, och lika många järnvägstransporter. Då förutsätts ett tågsätt bestå av tio vagnar. Om landtransport väljs, blir det en fordonstransport per behållare dvs ca 300 per år.

Transportplanering

Underlag för planeringen av fartygstransporterna utgörs av driftplanering för inkapslingsanläggningen, driftplanering för deponering i djupförvaret, tillgänglig kapacitet i järnvägsvagnar, transportbehållare etc, samt övriga arbetsuppgifter för fartyget.

Om inte avståndet till omlastningshamnen är alltför långt, kommer samma fartyg att kunna användas parallellt för flera olika slags transporter (t ex även till SFR). Erfarenheten efter många år av transporter till CLAB och SFR visar att detta går utmärkt, förutsatt god framförhållning.

Planeringen görs för en längre period åt gången, t ex ett halvår, och redovisas bland annat även till SKI och SSI. Med utgångspunkt från halvårsplanen utarbetas logistik för de olika individuella behållarnas rörelser. Med hjälp av denna och aktuella driftsituationer görs sedan detaljplaneringen. För varje transport utfärdas ett förhandsbesked (transportmeddelande) 1-2 veckor före transportens början.

I planeringen av transporterna till djupförvaret ingår även schemaläggning av transporterna av bentonit.

Tidsåtgång

Det räcker med i genomsnitt 2 transporter om 10 behållare på 3 veckor, för att uppnå den stipulerade årskapaciteten, vilket klaras oavsett lokalisering.

Den totala tiden per rundresa bestäms av den längsta av sjötransport- och landtransporttiderna (sannolikt sjötiden). Om tågtransport förutsätts, tågets hastighet är ca 40 km/tim och avståndet 300 km, tar en enkelresa 7-8 timmar. I denna rapport har sjöresan antagits ta ca ett dygn.

Ankomsttiderna skall helst planeras så att omlastning av fyllda behållare från fartyg till järnvägs- vagnar kan ske parallellt eller i omedelbar anslutning till omlastning av tomma behållare från järnvägs- vagnar till fartyg. För lossning och lastning på järnväg (eller vice versa) av en behållare beräknas åtgå ca en arbetstimme. Som mest åtgår således 20 arbetstimmar per omlastnings- kampanj. Hur lång tid omlastningsarbetet i hamnen totalt tar beror på bemanningen, vilka arbetstider etc som väljs, och antalet terminalfordon.

Det kan vara lämpligt att planera med en transport i veckan under aktiva veckor. Då kan man undvika helgarbete och har en viss reservtid för förseningar, utan att nästkommande transport behöver påverkas.

Transportkapacitet

En last har förutsatts innehålla tio behållare. Med hänsyn till fartygets lastförmåga och behållar- nas vikt skulle lastrummet kunna inredas för ett större antal behållare. Med erfarenhet av dagens transportsystem förefaller detta vara ett mindre troligt val. I nuvarande verksamhet prioriteras oftast avsändande och mottagande anläggnings önskemål framför optimering av fartygstrans- porterna. Det innebär att fartygets lastkapacitet sällan utnyttjas fullt. Det kommer att vara driften vid inkapslings- och djupförvarsanläggningarna som i första hand får styra transportfrekvensen.

Om man väljer ett lägre genomsnittligt antal behållare än tio per transport, blir antalet turer per år högre i motsvarande grad.

Antal transportbehållare

Det kommer att behöva finnas relativt många transportbehållare, särskilt om djupförvaret blir lokaliserat långt ifrån Simpevarp. Med de långa avstånd som antagits ovan, behövs det ca 40 behållare om en transport i veckan skall hinnas med. Grovt sett kan de då fördelas enligt följande: tio under fyllning i inkapslingsanläggningen, tio under transport till djupförvaret, tio under tömning där och tio under returtransport. Med en sådan logistik blir varje behållares cykeltid fyra veckor. Sannolikt kommer SKB att välja ett mindre antal, åtminstone under den inledande driften, och får anpassa logistiken efter detta, till exempel med ett mindre antal behållare per transport. Med erfarenhet av dagens transporter inses att detta inte är något problem.

Vid en lokalisering närmare Simpevarp behövs ett mindre antal behållare för samma kapacitet.

Utrymme för uppställning av behållare måste finnas vid inkapslingsanläggningen, omlastnings- hamnen och djupförvaret. Beroende på detaljutformningen av lastbärare och vagnar, kommer det troligen att behöva finnas ett antal extra lastbärare, vilka även skall kunna ställas upp i om- lastningshamnen.

Kapitel 11 Organisation

11.1 Organisation och ansvarsfördelning

Beskrivningen bygger på den organisation som tillämpas idag för transporter mellan kärnkraftverken och CLAB respektive SFR.

Ägare till transportsystem och anläggningar för förvaring av radioaktivt avfall är SKB. Samordningsansvaret för transportsystem och transportplanering ligger hos SKB:s avdelning Drift. Arbetet omfattar bland annat:

- ansvar för att bestämmelser följs och att tillstånd finns
- underhåll och förnyelse av systemets komponenter
- planering av genomförande av transporter i samråd med berörda
- redovisning till myndigheter i enlighet med gällande bestämmelser
- förnyelse av transportbehållarlicenser
- ansvar för att fysiskt skydd upprätthålls
- avtal med underentreprenörer
- försäkringar gällande transporterna.

Ansvaret för det praktiska genomförandet delegeras genom avtal mellan SKB och olika underentreprenörer, till exempel rederiet, medan planeringsansvaret ligger hos SKB. För transporterna till djupförvaret kan följande praktiska ansvarsfördelning skisseras:

Vid transport från inkapslingsanläggningen svarar driftorganisationen där för att behållarna är i fullgott skick, för att kapslarna har genomgått godkänd slutkontroll för deponering, och för att transportdokumentation föreligger. (CLAB-anläggningen bemannas idag av OKG enligt avtal med SKB. Inkapslingsanläggningen planeras vara en integrerad del av CLAB). Driftorganisationen ombesörjer även transport till hamn och fartyg. Överlämningen till fartygets besättning sker när behållarna har lastats ombord.

SKB ansvarar, via fartygets besättning, för sjötransporten till omlastningshamnen. Den organisation som skall sköta omlastningen kan antingen hämtas från djupförvaret, eller rekryteras från den befintliga hamnen. I båda fallen kommer ansvar och befogenheter att regleras genom avtal och överenskommelser. Endast "legitimerad" personal befattar sig med behållarna.

För järnvägstransporten får man anta att SJ anlitas, likaså genom avtal med SKB. Mellan varje transportled sker ett formellt överlämnande av ansvaret för behållarna.

En särskild driftorganisation kommer att finnas för djupförvarets drift, antingen med personal anställd direkt av SKB eller av en underentreprenör på samma sätt som vid CLAB och SFR.

SKB ansvarar för att myndighetsrapportering sker enligt de bestämmelser som gäller vid tidpunkten för transport.

11.2 Kvalitetssäkring

SKB:s riktlinjer för kvalitetssäkring är tillämpliga på transportverksamheten. Kvalitetssäkringsprogrammet är centralt för verksamheten. Sålunda bedrivs arbetet med syfte att uppnå och vidmakthålla hög säkerhet, god arbetsmiljö och hög tillgänglighet. Krav enligt kärntekniklagen, strålskyddslagen och andra tillämpliga lagar och föreskrifter skall vara uppfyllda. SKB skall sträva efter att förhindra händelser som kan leda till skada för personal eller omgivning, samt vidta förebyggande åtgärder för att undvika långvariga störningar i verksamheten.

För SKB:s transportverksamhet finns en särskild kvalitetshandbok. I den beskrivs hur verksamheten är organiserad och vilka rutiner som gäller vid t ex transportplanering, avvikelser i hantering, kontrollverksamhet etc. Till handboken är kopplat detaljerade instruktioner inom respektive område. Motsvarande kvalitetsprogram finns hos SKB:s entreprenörer, vid CLAB, SFR och Rederi AB Gotland. Genom återkommande kvalitetsrevisioner förvissas sig SKB om att verksamheten sköts med hög säkerhet och kvalitet.

Kvalitetssäkring är dessutom central vid tillverkning av utrustning och komponenter i transportsystemet. Inför t ex tillverkning av transportbehållare upprättas en särskild kontrollplan som skall godkännas av myndigheterna. Varje viktigt tillverkningsmoment kontrolleras och dokumenteras sedan enligt denna plan, där även oberoende granskning av utomstående kontrollorgan ingår.

11.3 Miljöfrågor

Transporterna till det färdiga djupförvaret skiljer sig inte från andra liknande transporter som görs i området med fordon eller järnväg. Transporternas påverkan på miljön är liten. Den består väsentligen av det buller som åstadkoms av de tunga transporterna samt eventuella utsläpp av dieselavgaser från fordonen.

Transportvolymen för det radioaktiva materialet är mindre än volymen av annat material till djupförvaret, såsom olika byggnadsmaterial och bentonit samt personal. De största trafikstörningarna i området uppstår av själva anläggningsarbetena för djupförvaret. Frekvensen av tåg- och fartygs-transporter med behållare inskränker sig till färre än en tur per vecka i genomsnitt.

Vid anskaffande av material och utrustning eftersträvas att så långt möjligt välja miljöofarliga material och miljöqualificerade leverantörer. Fartyget drivs med lågsavlig olja.

De miljöfrågor som är av intresse vad gäller inkapslings- och djupförvarsanläggningarna kommer att ingående behandlas i miljökonsekvensbeskrivningar, MKB. Det som kan hänföras till transportsystemet är nya anläggningar i omlastningshamnen, vilka likaså kommer att behandlas i en MKB, om de är av tillräckligt stor omfattning.

11.4 Utbildning

Den personal som anlitas för att utföra olika arbetsmoment under transporterna kommer att ges grundläggande utbildning. Den skall åtminstone omfatta följande:

- En överblick över hela kärnbränslecykeln och systemet för omhändertagande av radioaktivt avfall. Ansvarsfördelning och rapporteringsvägar.
- Strålning och strålskydd. Grundläggande kunskap om strålning och om radioaktiva ämnens egenskaper, samt om instrument och metoder för att mäta strålning.
- Utbildning på respektive arbetsmoment med den utrustning som används.
- Återkommande utbildning för att upprätthålla och uppdatera kunskaperna.

Kunskaperna om strålning skall vara tillräckliga både för att kunna göra mätningar och bedömningar som kan bli aktuella, och för att kunna ge godtagbara förklaringar till den intresserade allmänheten och till olika samarbetande företag som kommer i kontakt med verksamheten.

Även personal som inte direkt arbetar med behållarna skall ha kunskaper enligt ovan, dels för att klara behovet av information, men även för att hindra att någon oavsiktligt vidtar en åtgärd som till exempel motverkar målen med det fysiska skyddet eller ALARA-principen. Man skall också vara kapabel att ta ställning till lämpliga åtgärder i händelse av missöden. Då är såväl överdriven försiktighet som omotiverad nonchalans av ondo.

Besättningen på M/S Sigyn har erhållit grundläggande utbildning enligt ovan, liksom transportpersonal vid kärnkraftverken, CLAB och SFR. Dessa ingår i kraftverkens ordinarie personal och är förtrodda med det slags krav som tillämpas.

11.5 Safeguards

Safeguardsredovisningen syftar ytterst till att upptäcka och förhindra obehörig befattning med och spridning av kärnämne, dvs klyvbart material.

Varje ändring av inventariet av kärnämne i någon anläggning redovisas till nationella och internationella myndigheter, SKI respektive Euratom. Därifrån redovisas vidare till IAEA.

Exempelvis redovisas idag, vid transport av använt bränsle från något av kärnkraftverken till CLAB, en inventarieminskning vid kraftverket, och, efter genomförd transport och mottagning, en motsvarande inventarieökning i CLAB. Varje inventarieförändring identifieras med transaktions-id-nummer. Redovisningen är detaljerad vad gäller ingående mängder av uran och plutonium.

När det gäller inkapslat bränsle som skall transporteras till djupförvar, förutsätts här att samma krav på safeguardsredovisning gäller, som för bränsleelement.

Identifiering av kapslar

Eftersom inga ytterligare inspektioner kan göras av inkapslade element, måste en tillförlitlig sista kontroll av elementens identitet och beskaffenhet göras före inkapslingen. När detta väl är gjort och dokumenterat, samt kapseln fylld och tillsluten, utgörs den minsta identifierbara enheten av kapseln.

Varje kapsel har en unik identifieringsmärkning, vilken även kan kontrolleras vid djupförvaret, i samband med att kapseln tas ut ur transportbehållaren för att deponeras.

Efter deponeringen, exempelvis vid igenfyllningen av respektive deponeringstunnel, kommer dokumentationen av det fissila innehållet i berörda kapslar att överföras till ett speciellt inventarieregister. Hur detta kommer att ske får bestämmas då, i samråd med berörda myndigheter.

Bränslet inuti kapseln är hela tiden oåtkomligt, eftersom kapseln är tätsvetsad. Endast med utrustning i inkapslingsanläggningen, och under strålskyddade förhållanden, kan kapseln skäras upp. Under transporten är transportbehållarens lock tillslutet på ett sådant sätt att det behövs specialutrustning för att lossa det. Ingen skall därför kunna påverka innehållet i behållaren på vägen mellan inkapslings- och djupförvarsanläggningarna.

Kapitel 12 Skydd

12.1 Behållarnas strålskärmsegenskaper

Normal transport

Hur transportbehållare för kapslar respektive kokiller ser ut, framgår översiktligt av kapitel 4. De olika behållartyperna kommer troligen att modifieras ytterligare, på grund av förändringar i kapselns specifikationer eller av andra skäl. Detta påverkar inte kraven på deras strålskärmande egenskaper. Behållarnas utförande måste alltid anpassas till det som skall transporteras i dem, så att transportrekommendationernas krav kan uppfyllas.

Dessa innebär att högsta tillåtna dosrat på ytan av en transportbehållare får vara 2 mSv/h och på 2 meters avstånd från ytan högst 0,1 mSv/h. Med sådana dosrater kan man arbeta intill behållarna, utan att några särskilda extra skyddsåtgärder behövs. Vistelsetiden inskränks till det minimum som behövs för att utföra arbetet.

Egentligen avser dessa dosratsbegränsningar ytan på fordonet eller järnvägsvagnen, när de transporteras under "exclusive use", men i praktiken kommer behållarna att specificeras så att kraven uppfylls för själva behållarna.

För stora objekt som transportbehållarna blir 2 m-dosraten gränssättande. Med 0,1 mSv/h på 2 meters avstånd blir den verkliga ytdosraten omkring 0,3 - 0,5 mSv/h.

Alla behållare mäts efter fyllning och före transport, för att fastställa dosraterna. Erfarenheten från dagens transportverksamhet är, att det förekommer en ganska stor spridning i uppmätta värden. Huvudsaken är emellertid att gränsvärdena underskrids. Därigenom garanteras att personalen inte utsätts för några individuella stråldoser av betydelse.

Behållarens mantel är försedd med skikt eller kanaler med neutrondämpande material. Dessa dimensioneras för bränsle med hög utbränning (50 000-55 000 MWd/ton). Merparten av det använda bränslet har avsevärt lägre utbränning (30 000-45 000 MWd/ton). Eftersom neutronstrålningen från bränslet är starkt utbränningsberoende, innebär detta att ytdosraten i de flesta fall kommer att vara betydligt lägre än tillåtna nivåer.

Någon kontaminering i eller på transportbehållarna kommer inte att förekomma eftersom kapslarna är rena då de lastas i sina transportbehållare, och genom att behållarna aldrig kommer in i sådana utrymmen i inkapslingsanläggningen där luftburen aktivitet skulle kunna förekomma.

De tömda transportbehållarnas renhet kontrolleras med jämna mellanrum. Figur 12-1 visar kontroll av en av dagens bränsletransportbehållare.



Figur 12-1 Kontroll av transportbehållare med avseende på renhet och strålning

Onormala fall

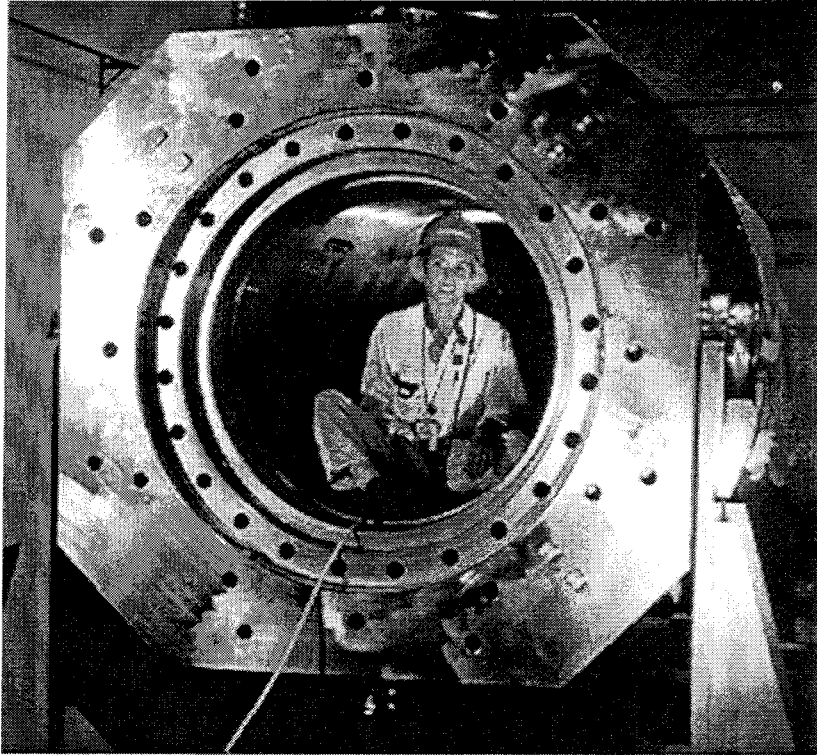
Om behållaren hanteras utan sina stötdämpare, eller dessa av någon anledning blivit förstörda, uteblir deras strålskärmande effekt. Behållaren är dimensionerad så att godkända strålningsnivåer skall föreligga även utan monterade stötdämpare.

Om behållarens täthet går förlorad, kommer detta inte att märkas på dosraterna med mindre än att locket lossnar från behållaren, så att ett riktigt hål uppstår. Som ett dimensioneringsvärde vid inkapslingen gäller att maximal strålning på kapselns yta skall vara högst 1 Gy/h.

Underhåll av behållare

Liksom för dagens behållare kommer regelbundet återkommande underhåll att göras på transportbehållarna. Eftersom kapslarna är täta och rena då de transporteras, förväntas insidan av behållarna vara fria från radioaktivitet. Detta kommer givetvis att kontrolleras före övriga åtgärder på behållaren. Även dagens behållare, som under användning är kraftigt kontaminerade på insidan, kan dekontamineras tillräckligt för att till och med kunna beträdas, se figur 12-2.

Några strålningsproblem kommer således inte att föreligga vid underhållsarbetena. Det ovan sagda gäller även transportbehållarna för annat avfall. Erfarenheter från SFR visar att transportbehållare (ATB) med kokiller inte blir kontaminerade inuti.



Figur 12-2 Transportbehållare för bränsle kan dekontamineras så att de kan inspekteras inuti

12.2 Strålskydd för transportpersonal

En grundläggande princip vid allt arbete med radioaktiva ämnen är att de doser personalen utsätts för, såväl individuellt som sammanlagt, skall begränsas till ett minimum. Detta förutsätter kunskap hos individen. Personal som hanterar och transporterar behållarna från inkapsling till deponering kommer uteslutande att tillhöra någon av följande grupper:

1. Inkapslingsanläggningens eller OKG:s personal i Simpevarp
2. Fartygets besättning
3. Speciellt anlitad personal i omlastningshamnen inkl fordonsförare
4. Lokförare
5. Djupförvarets personal

Personalens stråldoser förväntas genomgående bli låga, och inte komma i närheten av högsta tillåtna stråldoser. Arbetet med de olika hanteringsmomenten kommer inte att klassificeras som arbete där risken för doser över 5 mSv/år föreligger, vilket innebär att samma regler gäller för denna personal som för anställda på vanliga handelsfartyg, hamnar etc. I enlighet med tidigare praxis kommer personalen ändå att kontrolleras på liknande sätt som de som arbetar inne i anläggningarna. Det innebär bland annat att SSI:s föreskrifter för personstrålskydd /12-1/ tillämpas. Tillträdet till platser där behållare hanteras kommer att vara begränsat till behöriga personer.

Personal i grupp 1 och 5 har även andra arbetsuppgifter inom sina anläggningar. Personalkategori 3 hämtas från 1 eller 5 och från den lokala organisationen. De senare kommer då att erhålla grundläggande utbildning i strålskydd och beträffande djupförvarstransporternas plats i systemet

för omhändertagande av avfall. Så har tidigare skett med fartyget Sigyns besättning, vilka sedan 1985 är sysselsatta med att transportera använt bränsle till CLAB och behandlat driftavfall till SFR. Alla personalkategorier får återkommande uppföljningsutbildning.

De personer som kommer i direkt kontakt med behållarna eller har sina arbetsuppgifter i anslutning till dem kommer att vara försedda med personliga dosimetrar, som utvärderas med jämna mellanrum (1 gång/månad). Detta kompletteras med fasta dosimetrar i fartygets lastrum och på några utvalda ställen där fyllda behållare förvaras. Utvärdering och uppföljning anförtros någon lämplig etablerad organisation (idag OKG).

Före varje transport mäts strålningsnivåerna på den fyllda, tillslutna behållaren. Eftersom alla behållare skall uppfylla transportvillkoren beträffande strålningsnivåer, kommer det inte att förekomma något annat än låga strålningsintensiteter i deras närhet. Därför kommer det inte att vara aktuellt med några särskilda strålskärningsåtgärder under/utmed pågående transporter. Det kommer heller inte att förekomma någon luftburen aktivitet, varför risken för intern bestrålning är utesluten.

Några ytterligare mätningar under pågående transport behövs inte. Dock skall strålningsmätutrustning alltid finnas tillgänglig. I händelse av en olycka under transport, kommer strålningsmätning att vara en av de viktigaste metoderna att verifiera att inte transportbehållarna skadats så mycket att strålskärningsförmågan försämrats. Skulle någon misstanke råda, skall strålskydds-expertis inkallas. Detta är i överensstämmelse med transportbestämmelserna. Den primära åtgärden i händelse av förhöjd strålningsnivå är att reducera vistelsetiden i behållarens närhet till ett minimum, eftersom strålningen avtar snabbt med avståndet från källan.

För fartyget tillämpas ett särskilt strålskyddsprogram /12-2/ som ger närmare föreskrifter beträffande instrumentering, mätning, rapportering mm. Någon förändring av dessa rutiner, på grund av tillägg av lastkategorin kapselbehållare, förutses inte.

12.3 Erfarenheter av dagens fartygstransporter från strålskyddssynpunkt

Många års erfarenhet finns från fartygstransporter av använt bränsle och radioaktivt avfall med M/S Sigyn. Fartygsbesättningens erhållna stråldoser registreras. De besättningsmän som arbetar med behållarna i lastrummet vid lastning, lossning, surring etc bär personliga dosimetrar, som utvärderas med jämna mellanrum. De uppmätta doserna har visat sig ligga under registreringsnivån, dvs de är lägre än de doser som man får från normal bakgrundsstrålning. De noteras därför som noll. Förklaringen är att bakgrundsstrålningen ombord på ett fartyg är lägre än på land, där strålning från marken bidrar till bakgrunds-nivån.

Besättningsmännen har alltså erhållit lägre doser än en genomsnittlig individ i befolkningen, trots att de arbetat med transportbehållare med radioaktivt material. Av detta framgår att strålningsbidraget från behållarhanteringen är obetydligt, vilket även bekräftas genom utvärdering av de fasta dosimetrar som finns monterade på olika ställen i fartygets inredning. Det enda tillfälle, när förhöjda strålningsnivåer registrerats av fartygets fasta dosimetrar utanför lastrummet, var våren 1986, efter Tjernobylolyckan.

12.4 Brandskydd

Transportbehållarna är tillverkade i stål och utgör ingen brandrisk. Det trä- eller plastmaterial som kan förekomma i behållarnas stötdämpare är inneslutet i ett stålhölje och svårantändligt. Stötdämparna medverkar snarare till brandskyddet genom att isolera mot värmestrålningen från en eventuell brand i behållarens närhet. Innanmätet i behållarna, dvs kapslar eller kokiller, består inte heller av brännbart material.

Övrig brandbelastning är låg, då inga andra brännbara ämnen än fordonens bränsle ingår i lasten.

En brand som uppkommer ombord på fartyget bekämpas med fartygets egna brandsläckningssystem, vilka har tillräcklig kapacitet för att släcka en brand som uppkommer ombord.

Brandskyddssystemen ombord består i huvudsak av brandsektionering, detektorsystem, brandlarm samt olika automatiska sprinkler- och släckningssystem för lastrum, maskin- och besättningsutrymmen. Utöver ordinarie brandpumpar finns det en separat reservbrandpump.

Transportbehållarna är dimensionerade för att klara en häftig brand under relativt lång tid. Även om deras täthet efter ett långt brandförlopp skulle gå förlorad, kvarstår den viktigaste egenskapen att innesluta kapseln och avskärma dess strålning. Om stötdämparna blir förstörda, försvinner deras neutroddämpande effekt. Stötdämparnas inverkan tillgodoser dock inte i stråldosberäkningarna när behållaren dimensioneras.

I hamnar och under järnvägstransport skall brandbekämpningsutrustning finnas tillgänglig. I övrigt gäller samma krav som vid ordinarie hamnverksamhet respektive järnvägstransporter. Vilka tekniska system som används för att uppfylla dessa krav, väljs i ett senare skede.

I inkapslingsanläggningen och i djupförvaret kommer likaså normala brandskyddssystem att vara installerade, såsom brandlarm, brandvatten- och sprinklingssystem.

12.5 Fysiskt skydd

Kravet på fysiskt skydd avser transporter av kärnämne, och syftar ytterst till att förhindra stöld av klyvbart material. Det använda bränslet räknas i detta sammanhang som kärnämne även när det är inkapslat. Tillståndsgivande myndighet vad gäller fysiskt skydd är SKI. För etableringen av det fysiska skyddet svarar, enligt SKI:s föreskrifter, den organisation som enligt kärntekniklagen har tillstånd att inneha eller transportera materialet.

Målsättning

Det fysiska skyddet utformas för att

- förhindra stöld och bortförande av transportbehållare
- förhindra avsiktlig åverkan på transportbehållare, som skulle kunna skada innehållet och /eller medföra fara för omgivningen.

Genom etableringen av ett sådant system uppnås bland annat

- att annan olyckshändelse eller skadegörelse än som avses ovan kan upptäckas
- minskad risk att hot om stöld eller skadegörelse får avsedd verkan.

Eftersom det inkapslade, använda bränslet är utbränt och utomordentligt svåråtkomligt, är det därmed föga attraktivt för stöld eller åverkan.

Utförande

Det system för kommunikation och övervakning som tillämpas vid dagens transporter av använt bränsle och radioaktivt avfall kan tjäna som mall. Det uppfyller dels kraven på fysiskt skydd, dels SKB:s och driftorganisationernas behov av kommunikation och uppföljning under pågående transporter. I detta fall är SKB och dess entreprenörer både avsändare, transportör och mottagare. Ansvaret för det praktiska genomförandet regleras genom avtal mellan SKB och respektive entreprenör.

Systemet består av en kombination av tekniska och administrativa åtgärder, som dels fysiskt skyddar godset, dels möjliggör snabb upptäckt och larm, om något onormalt förhållande uppstår.

Det exakta utförandet utgör sekretessbelagd information. Sekretessen, som i sig är säkerhets-höjande, gäller sådant som rapporteringsrutiner, tekniska övervakningssystem och dylikt. Själva transporterna, transporttiderna etc, varken kan eller behöver hemlighållas.

12.6 Bevakning och kommunikation

Hur transportledning och kommunikationer under transporterna från inkapslingsanläggning till djupförvar kommer att gestalta sig blir till en del beroende av var djupförvaret lokaliseras. De tekniska lösningar som är moderna idag kommer likaså med all säkerhet att vara ersatta av något annat, den dag verksamheten kommer igång.

Syftet med de lösningar som väljs kan dock inte skilja sig särskilt mycket från dagens, dvs att på ett kontrollerat sätt genomföra planerade transporter, med minsta möjliga krångel och minsta möjliga risk för att störningar av något slag skall drabba vare sig de transporterade bränslebehållarna eller allmänheten.

Den beskrivning som ges här bygger på det befintliga systemet för transporter från kärnkraftverken till CLAB och SFR.

Bevakning

Behållarna står under kontinuerlig uppsikt av en behållaransvarig person, som även fungerar som transportledare. Transportledaren medföljer lasten under landtransporten och står i förbindelse med en transportledningscentral. Arbetet kan delas på flera personer varvid överlämning sker enligt fastställda rutiner.

Under fartygstransporten åvilar behållaransvaret befälhavaren.

All hantering av behållare i hamnar och vid eventuell mellanlagring görs inom inhägnat område. Endast behörig personal äger tillträde till omlastningsområdet.

I normalfallet finns inte något behov av eller nytta med ytterligare bevakning av fartyget under sjötransport eller tåget under resa från omlastningshamnen till djupförvaret. Om någon anledning till förhöjd beredskap finns, skall transportledaren i samråd med transportledningscentralen kunna vidta åtgärder, till exempel kalla in bevakningspersonal eller polis.

Transportbehållarna placeras under tak eller inomhus vid tillfällig uppställning. Detta är ej primärt ett säkerhetskrav utan görs för att man skall slippa tidsödande rengöring från smuts, damm, fett, is och snö före hantering i de rena utrymmena i inkapslingsanläggningen och djupförvaret, samt för att minska nedsmutsningen av fartygets lastrum.

Kommunikation

Transporten följs från en transportledningscentral. Fartyget är utrustat med flera av varandra oberoende kommunikationsmedel, för att kontakt alltid skall kunna nås. Transportledaren som leder omlastningen samt medföljer tåget är utrustad med lämpliga kommunikationsmedel.

En rutin för rapportering etableras och utformas så att eventuella störningar upptäcks omgående. Bland annat skall utebliven rapportering föranleda åtgärder från transportledningscentralens sida.

Transportledningscentralen kan vara placerad i Simpevarp, vid djupförvaret eller på någon annat plats. Den bemannas med personal med kunskap och befogenheter att exempelvis larma polisen, och har alltid tillgång till aktuell information om pågående transporter.

12.7 Olycksberedskap

Den som genomför transporter - SKB - skall ha en beredskap för att hantera olika typer av händelser, olyckor, störningar, hot etc.

Den fysiska beredskapen är tillgodosedd dels via anläggningarnas beredskapsorganisationer, dels genom transporternas system för fysiskt skydd. Däremot kommer en onormal händelse inom verksamhetsområdet att kräva snabba insatser för informationshantering. För detta ändamål har SKB en beredskapsorganisation som kan träda i funktion.

Om en olycka inträffar skall SKB medverka till att alla åtgärder vidtas för att förhindra olyckans spridning och begränsa dess konsekvenser.

För att underlätta för samhällets organ att agera i händelse av störning, larm eller olycka, skall tillräcklig information om transporternas genomförande och innebörd i förväg förmedlas till

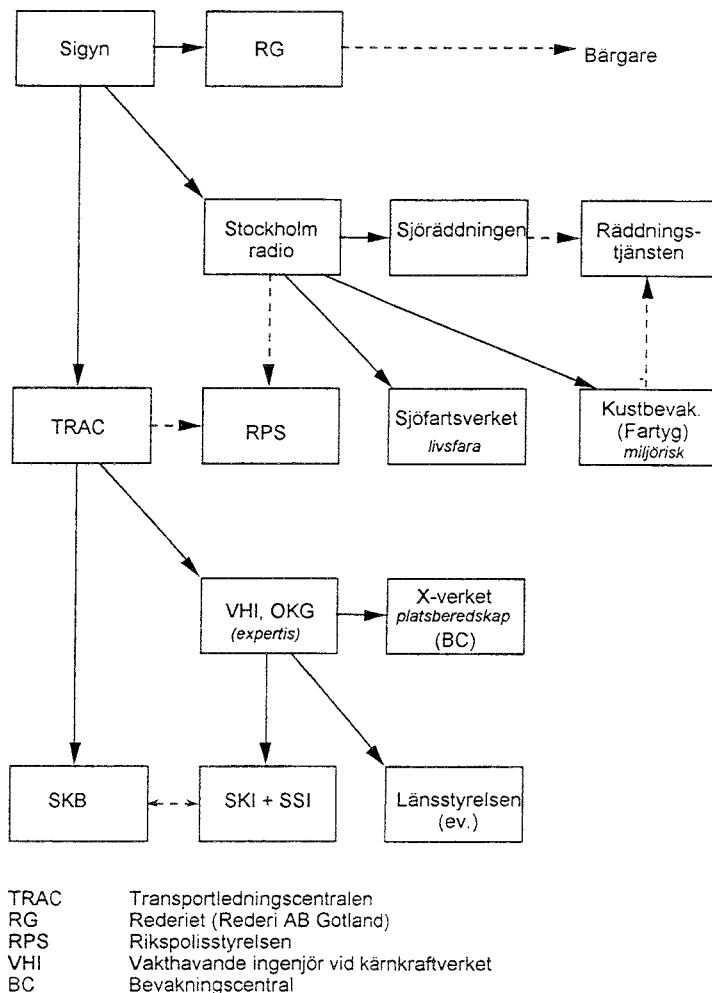
- lokala polismyndigheter
- lokal räddningstjänst, brandkåren i berörda kommuner
- länsstyrelsen i berört län.

Dessa skall således ha kännedom om vilka transportbestämmelser och godskategorier som är aktuella, samt om lämpliga åtgärder i händelse av en olycka.

Information om centrala myndigheters befogenheter (SSI och SKI) samt telefonnummer till SKB och andra företag och myndigheter, som kan vara behjälpliga vid bedömning av en onormal situation, skall finnas tillgängliga. SKB är skyldig att tillhandahålla användbar information, medan de samhällseliga instanserna själva svarar för sin insatsplanering.

Eftersom behov av ingripanden förväntas bli mycket sällsynta, behöver planer och kontaktnät övas med vissa mellanrum, för att hållas aktuella och ändamålsenliga.

Vid en olycka eller ett tillbud som inträffar till sjöss, finns ett etablerat system för information och larm till sjöräddning mm, som även används av detta fartyg. Figur 12-3 illustrerar hur ett larm om någon allvarlig händelse ombord (den behöver inte beröra lasten) vidarebefordras och aktiverar hjälpinsatser.



Figur 12-3 Allvarlig händelse till sjöss, larmschema

Kapitel 13 Säkerhet mot missöden och olyckor under transport

13.1 Transportsystem och gods

Allmänt

För transporterna till djupförvaret gäller att deras bidrag till riskerna för skadlig inverkan på människor eller miljö endast får utgöra en obetydlig del av den totala risken från kärnkraftverksamheten, som i sin helhet drivs med förutsättningen att risken för skadlig inverkan på människor och miljö skall vara mycket liten.

För att åstadkomma ett säkert system vidtas olika åtgärder. Förebyggande åtgärder syftar till att nedbringa och bibehålla risken för varje slags olycka på en tillräckligt låg nivå. Vad som är tillräckligt beror på vilken händelse som studeras. Genom att nedbringa risken för ”normala” störningar och incidenter, åstadkommer man samtidigt att sannolikheten för allvarliga olyckor reduceras ytterligare. Olyckor som skulle riskera att skada det transporterade godset motverkas med tekniska åtgärder. Extrema händelseförlopp, även om de är mycket osannolika, analyseras, och vid behov vidtas konsekvenslindrande system eller åtgärder.

Den nukleära säkerheten, dvs säkerheten mot frigörelse av radioaktiva ämnen eller exponering för strålning, är helt förknippad med utformningen av avfallet (kapslar, kokiller) och deras transportbehållare.

Inkapslat bränsle

En mycket noggrann kontroll av kapslarna görs i inkapslingsanläggningen före uttransport.

Det finns ingen risk för spridning av radioaktiva ämnen från kapslarna, eftersom de är täta. Däremot avger de strålning. I en eventuell olyckssituation är det behållarens strålskärmande förmåga som måste bibehållas, medan täthet, yttre skador etc har mindre betydelse. I realiteten är kravet för att omgivningen skall skyddas mot strålning vid en olycka, att behållaren inte skall bli värre skadad än att kapseln fortfarande stannar kvar inuti behållaren.

Någon risk för att kriticitet skall uppstå i en kapsel under transport föreligger inte, bl a eftersom bränslet är torrt och dessutom utbränt. Vid dimensioneringen mot kriticitet antas emellertid att kapseln kan vattenfyllas, vilket ställer större krav. Kriticitetsberäkningarna har för kapselns del samband främst med kapselns utförande, men även med de administrativa och tekniska åtgärder som vidtas vid inkapslingen. De behandlas inom ramen för inkapslingsanläggningens och kapselns systembeskrivningar och säkerhetsanalyser.

Kapslarnas konstruktion är framför allt avpassad för att de skall hålla för de långvariga och långsamt föränderliga krafter som de utsätts för under lång tid i djupförvaret. Vid eventuella missöden vid hantering i inkapslingsanläggningen och hantering och deponering i djupförvaret är det emellertid andra påkänningar som kan påverka kapseln, såsom slag, stötar och krafter på grund av

fall av kapsel. Preliminära beräkningar som utförts ger en uppfattning om kapselns hållfasthet i dessa situationer. Beräkningarna visar i vilka situationer en kapsel, hanterad utan transportbehållare, skulle deformeras eller skadas på annat sätt, vid t ex fall eller påkörning. Detta beaktas sedan vid utformning av t ex lyftutrustningar, stötdämpare och layout i inkapslingsanläggningen.

Under transporten är kapseln alltid innesluten i en transportbehållare. Kapselns hållfasthets-egenskaper tillgodoräknas inte i detta sammanhang.

Annat långlivat avfall

Aktiverade härdkomponenter och behandlat driftavfall är inneslutet i kokiller. Dessa kan jämföras med de avfallskokiller som idag transporteras till SFR. Innehållet av långlivade ämnen motiverar placeringen i djupförvaret istället för i SFR, men detta har inte någon betydelse för transportsäkerheten. Avfallet är i fast form och kan vid en olycka inte avge några luftburna radioaktiva ämnen.

Dessa kollin utvecklar ingen värme. Säkerhetskraven på transportbehållaren är lika stora som vid transport av kapslar.

13.2 Transportbehållarens säkerhetsegenskaper

Mekanisk hållfasthet

De planerade transportbehållarna beskrivs i kapitel 4. Behållarens uppgifter under transport är att skydda kapseln och att utgöra strålskärm. Stråldosraterna på utsidan av behållaren skall nedbringas till så låga nivåer att personalen kan hantera den utan särskilda skydd eller restriktioner. Detta innebär att behållarväggen måste vara tjock och behållaren tung. Därmed är förutsättningarna goda för att uppfylla kraven på mekanisk hållfasthet. Hos tillverkare av transportbehållare finns det stor erfarenhet av hur olika konstruktiva detaljer på behållaren (lock, genomföringar etc) skall utformas, hur materialvalet skall göras och hur tester och beräkningsprogram skall utföras, för att behållaren skall kunna godkännas som typ B-behållare enligt IAEA.

En sådan behållare kan i praktiken motstå alla rimligen tänkbara påfrestningar som kan inträffa under transport utan att spricka, brista eller på annat sätt förlora sin integritet.

Fallet från nio meter mot oeftergivligt underlag som ingår i testkraven, innebär en test där maximal energiupptagning vid träffen sker i själva behållaren. I en verklig kollision- eller fallolycka kommer istället en stor del av energin att absorberas i andra strukturer (dragfordon, vagn, lastbärare, markytan). Dessa kommer att kunna deformeras mycket utan att nämnvärd skada på själva behållaren uppstår. Den del av behållaren som är konstruerad för att uppta krafter i händelse av kollision, fall etc, är de utanpå gavlarna monterade stötdämparna, vilka kan deformeras utan att själva behållarkroppen tar skada.

Vidare är förekommande naturliga och skapade ytor (som asfalt, grus, hus, bergknallar) inte några stumma, dvs oeftergivliga, underlag.

Detta innebär, att de krafter som kan påverka behållaren vid fall från högsta rimligen tänkbara höjd (under hantering eller vid fall från hög bro eller viadukt) samt vid kollision i högsta förväntade hastighet (upp till 100 km/tim), understiger dem som förekommer vid fallprovet enligt ovan.

Samma krav på behållarnas hållfasthet gäller vid transport av kapslar som vid transport av annat radioaktivt material.

I och med att typ B-behållare används, behöver man inte tillgodoräkna sig kapselns egen hållfasthet för att sluta sig till att en olycka inte förväntas orsaka någon frigörelse av radioaktiva ämnen.

Värmetålighet

Vid en brand i behållarens omedelbara närhet kommer behållarens insida att värmas upp endast långsamt, och inte till temperaturer i närheten av brandtemperaturen, tack vare behållarens stora massa. Noggranna beräkningar på förloppet vid en brand enligt IAEA:s testspecifikationer (800°C i minst 30 minuter) kommer att återfinnas i behållarens säkerhetsrapport, som tas fram före tillverkning.

Som jämförelseexempel kan nämnas en beräkning för en snarlik behållare (avsedd för använda bränsleelement) som utsätts för brand under 30 min och 800°C. Då kommer temperaturen på behållarmantelns inneryta att öka ca 80° och det varmaste bränsleelementets temperatur ökar ca 30° över den temperatur det hade före branden /13-1/. Dessa maxtemperaturer uppnås först åtskilliga timmar efter att branden släckts, på grund av att temperaturutjämningen sker långsamt i den stora massan.

Behållarna själva innebär ingen antändningsrisk eller brandbelastning. Stötdämparna kommer att verka skärmande från branden och därmed skydda behållaren mot uppvärmning, men kan bli förstörda, om branden blir långvarig.

13.3 Säkerhet mot fartygsolyckor

Fartyget M/S Sigyn, som är byggt speciellt för att transportera radioaktivt gods, är konstruerat för mycket god flytbarhet och skydd av lasten vid fartygsolyckor. De flesta tänkbara olyckor ger inte någon skada på lasten, och fartyget förblir flytande.

Det primära skyddet för det transporterade godset utgörs i alla lägen av transportbehållaren. Den är under sjötransporten surrad i lastrummet, och surringarna kontrolleras av en ansvarig besättningsman. Surningssystemet är dimensionerat för de tänkbara krafter som kan påverka behållaren under sjötransporten. Risken för att en behållare skall kunna komma loss i lastrummet måste betraktas som obefintlig under normal drift.

Kollisioner och grundstötningar förekommer inte alltför sällan i sjöfarten. Endast en liten del av alla sådana olyckor betraktas som allvarliga, och en mycket ringa del leder till förlust av fartyget

eller lasten. Vid anskaffandet av M/S Sigyn gjordes utförliga analyser av fartygets motståndskraft mot kollisioner och grundstötningar.

Risken att alls råka ut för olyckor av detta slag minskas genom att fartyget är utrustat med dubbla och av varandra oberoende framdrivningssystem, styrsystem, radar- och navigationssystem, vilka moderniseras successivt. Detta gör risken för olyckor ute till havs liten. I inseglsleder och hamnar finns en viss risk för grundkänningar, men de påkänningar som fartyget då kan råka ut för understiger vida dem som behöver uppnås för att lastrummet och lasten skall påverkas.

Fartygets utförande med dubbel bordläggning, dubbel botten och dubblerade system ombord innebär att en kollision i de farter och med de fartygsstorlekar som normalt förekommer, inte heller äventyrar vare sig fartygets överlevnad eller lastens integritet.

En van och kompetent besättning, samt ett välplanerat återkommande underhåll av fartyget bidrar också till att minska riskerna för olyckor. Huvudkonsekvensen av en skada på fartyget är avbrott i driften av transportererna.

För att få en uppfattning om vilka konsekvenser en extrem olycka, som skadar både lastrum och last, skulle kunna innebära, har sådana fall analyserats, tillsammans med motsvarande hypotetiska olyckor på land. Dessa beräkningar, som redovisas i kapitel 14, leder till slutsatsen att det inte skulle uppstå några allvarliga radiologiska konsekvenser för allmänheten ens vid en mycket svår, osannolik fartygsolycka som skadar lasten. Detta beror ej på utrustningens mekaniska konstruktion (ty den tillgodoräknas inte i detta fall), utan på att det inte finns mycket flyktiga radioaktiva ämnen tillgängliga för utsläpp, i använda bränsleelement som avklingat i 30 år eller mer.

13.4 Säkerhet mot olyckor under landtransport

Landtransporterna består dels av förflyttningar med terminalfordon i hamnarna, dels av järnvägs-transport till slutdestinationen vid djupförvaret. Fordonstransporter förekommer idag vid varje transport av bränsle och avfall, och några incidenter som påverkat behållarna har inte förekommit.

Såväl terminalfordon som lyftutrustningar förses med säkerhetsfunktioner som dubblerade bromssystem etc. De lyfthöjder som förekommer vid lastning och lossning understiger dem som behållaren är dimensionerad att klara fall från. Behållaren förlorar således inte sin integritet vid haveri på lyftutrustning eller vid fall i vattnet från kajen.

De olycksrisker som kan finnas under landtransporter, består i huvudsak av risken för kollisioner samt vältning på grund av dikeskörning/urspåring. Vanliga olyckor som viltolyckor kan för ekipage av den vikt som blir aktuell här inte innebära någon risk för vältning. Risken för störningar på grund av den normala allmänna trafiken torde vara mindre vid järnvägstransporter än vid landsvägstransporter.

Sannolikheten för urspårning är störst på bangårdar, vid växling etc, men är för övriga bandelar inte försumbar. Den aktuella bansträckan kommer att analyseras med avseende på eventuella svaga punkter, obehövade korsningar, broar etc. Om risknivån i något avseende visar sig inte vara tillfredsställande låg eller om någon riskabel passage identifieras, kommer åtgärder att vidtas innan trafiken kommer igång. Omfattningen av önskvärda om- eller tillbyggnader för denna trafik beaktas vid lokaliseringsbeslutet.

Första skyddet för lasten vid kollision eller urspårning utgörs av själva järnvägsvagnen. Vid en allvarlig olycka kan vagnens hållfasthet inte tillgodoräknas, utan behållaren måste själv klara de påkänningar som blir aktuella (13.2). Med kännedom om typ B-behållares hållfasthet konstateras att ingen rimligt förutsebar olycka beräknas leda till att behållaren förlorar sin strålskärmande förmåga. Detta innebär att havererade järnvägsvagnar med last, eller losslitna behållare, kan bärgas med konventionella metoder.

Endast i händelse av en så svår olycka att lastbärare/vagnar/fordon blir förstörda, behöver transportbehållarens egenskaper utnyttjas för att begränsa konsekvenserna av den uppkomna situationen. I de fall som analyseras i kapitel 14 tillgodoräknas inte heller dessa, varför extremfallen inte motsvarar några troliga händelsesekvenser.

Med avseende på påverkan på allmänheten kan transporter till djupförvaret jämföras med vilka transporter som helst av tunga enheter. Några exceptionella åtgärder för att genomföra dem, av typen avlysning av annan trafik, behövs inte.

13.5 Operatörsfel

Ett transportsystem måste tåla ett visst mått av felhandlande. Ett enstaka misstag leder mestadels inte till någon olycka, eftersom andra åtgärder fångar upp och korrigerar. För att en allvarlig olycka skall inträffa fordras att flera olika felfunktioner inträffar samtidigt eller i tät följd.

Felgrepp och misstag måste man räkna med i alla mänskliga verksamheter. Nästan alla olycks-händelser beror mer eller mindre direkt på mänskliga misstag. Har man inte gjort en felaktig manöver, har man kanske underlåtit att vidta en nödvändig åtgärd. Det kan även vara fråga om utebliven eller felaktigt utförd kontroll, olämplig konstruktion eller felaktigt material, utebliven eller vilseledande rapportering eller bara bristande förutseende. Om en olycka inträffat utan att någon gjort något direkt fel, har antagligen organisationen varit olämplig, antingen så att ingen tilldelats ansvaret för att vidta en viss åtgärd, eller så att den som skulle utföra arbetsuppgiften inte varit kompetent för den. En mycket liten bråkdel av alla olyckor orsakas av enbart naturliga fenomen, oförutsebara slumpmässiga eller oförklarliga omständigheter, force majeure.

De händelser som kan uppstå på grund av direkta operatörsfel skiljer sig inte från händelser som har mera långsökta orsaker. Den hittills bedrivna transportverksamheten har kännetecknats av frånvaron av allvarliga missöden, även om mindre allvarliga fel begås här som i annat arbete. Analyser av inträffade fel innebär en erfarenhetsåterföring som leder till att säkerheten successivt ökar.

Som framgår, är inte transporter av kapslar förenat med några stora risker för omgivningen. Att olika felfunktioner förutses kunna ske, trots att de motverkas av konstruktiva åtgärder eller administrativa kontroller, är ett led i det förebyggande arbete som syftar till att bibehålla en hög säkerhetsnivå.

13.6 Åtgärder i händelse av transportmissöden

Landtransport/järnvägstransport inkl omlastning

Om en allvarlig olycka inträffar, till exempel en kollision mellan tåg och bil, är det första som skall göras att rädda människoliv samt larma räddningstjänsten, som vid en olycka vilken som helst. Utöver detta skall transportledningscentralen omgående informeras.

Det är utomordentligt osannolikt att en transportolycka skall leda till så stora skador att någon risk för frigörelse av radioaktivitet eller någon förhöjd strålning på olycksplatsen skall förekomma. En av de första åtgärderna på platsen är att förvissa sig om det verkliga förhållandet.

Transporten är utrustad med strålningsmätutrustning, och den som är ansvarig ombord på transporten (transportledaren) skall vara kompetent på att hantera utrustningen och bedöma resultat av mätningar etc. Det skall ombord på transporten även finnas skriftliga instruktioner för åtgärder i olika situationer.

Så snart det konstaterats att ingen radiologisk risk föreligger, kan bärgningsarbetet påbörjas, om inte transporten kan fortsätta för egen maskin. Om järnvägsvagnarna havererat kan det ta tid att bärga de tunga behållarna, t ex om mobilkran behöver kallas till platsen. Vilka avspärningar som kan behövas är polisens sak att bedöma.

Transportledningscentralens första uppgifter består i att se till att räddningstjänst och/eller polis kallas till olycksplatsen, samt att ordna så att personer i ansvarig ställning vid djupförvaret kallas in för att kunna ge kvalificerad information till media och allmänhet. Av samma anledning skall bland annat tjänstgörande strålskyddsinspektör vid SSI meddelas, även om inga radiologiska risker föreligger. Kontakt- och larmningslistor skall finnas i transportledningscentralen. Det är viktigt i en olyckssituation att korrekt information lämnas, eftersom ett överdrivet pådrag kan orsaka mer skada än händelsen i sig själv.

Om mätningar visar att det trots allt finns en förhöjd strålning vid olycksplatsen, eller om läget är oklart, skall en tydlig avspärning göras. Strålningsintensiteten avtar snabbt med avståndet från källan. Om det påvisas strålning, är den troligen av låg intensitet och får inte förhindra att livräddande eller brandbekämpande åtgärder vidtas på effektivast möjliga sätt. Så snart möjligt tillkallas strålskyddspersonal från djupförvaret eller närmast belägna kärnkraftverk. Även SSI-personal kallas till platsen, för att göra sin bedömning av olyckans omfattning och behovet av åtgärder. Man kan till exempel vilja täcka över en lossiten behållare där den ligger, innan bärgning påbörjas. Bärgningsåtgärderna planeras så att de inte ytterligare försvårar skadorna eller medför onödig dosbelastning till hanteringspersonalen.

Sjötransport

Fartygets befäl har under sjötransporten regelbunden kontakt med transportledningscentralen, som omgående larmas vid haveri eller tillbud till sjöss.

Om fara för människoliv föreligger informerar befälhavaren rederiet, transportledningscentralen samt närmaste kustradiostation för larm till sjöräddningen. Transportledningscentralen initierar kontakter med andra instanser vilkas hjälp kan behövas, om det finns risk för skada på transportbehållare med innehåll. Rederiet informerar sjöfartsinspektionen, försäkringsbolag och klassificeringssällskap. Om fartyget behöver assistans, vidtas sådana åtgärder i samråd med sjöfartsinspektionen.

Utrustning för mätning av strålning samt kompetent personal för detta finns alltid ombord på fartyget.

Samma förhållanden gäller som vid en olycka på land enligt ovan, t ex beträffande behovet av snabb och korrekt information.

Skadade behållare får tas ur bruk och transporteras till inkapslingsanläggningen för reparation. (Jmf avsnitt 9.5). Om skada på kapseln kan uteslutas kan reparationen ske vid djupförvaret.

Kapitel 14 Extrema händelser

14.1 Inledning

För att förhindra att transportolyckor ger upphov till skador på transportbehållarna, i synnerhet så svåra skador att även deras innehåll skadas, har konstruktiva åtgärder vidtagits, vad gäller behållarnas utförande och genom etablerandet av ett transportsystem, så som beskrivits i tidigare kapitel.

I detta kapitel tillgodoräknas inte dessa, utan det antas att svårare olyckor trots allt inträffar. Under vissa förutsättningar får man då en frigörelse av radioaktiva ämnen. Beräkningarna av de radiologiska konsekvenserna visar att de resulterande doserna är obetydliga.

Eftersom man här bortser från behållarnas och kapslarnas motståndskraft mot olyckor, är beräkningarna ganska oberoende av systemets faktiska utförande, och de studerade olyckorna har antingen mycket låg sannolikhet eller är i praktiken omöjliga. Något troligt händelseförlopp som skulle kunna leda till att delar av själva bränslematerialet spreds ut kan inte konstrueras, eftersom det skulle förutsätta att hela enheten av behållare, kapsel och bränsleelement krossades och mer eller mindre pulveriserades.

Syftet med utformningen av system, transportbehållare etc är att några olyckor med utsläpp av radioaktiva ämnen överhuvudtaget aldrig skall inträffa. Att jämförbara transporter både i Sverige och internationellt hittills motsvarar denna förväntan, visas av att ingen sådan händelse så vitt känt någonsin inträffat.

14.2 Barriärer mot utsläpp

En olycka under transport som är så omfattande att radioaktiva ämnen kan frigöras ut ur transportbehållaren innebär att följande barriärer samtidigt skall genombrytas:

- Transportmedel - fordon, fartyg
- Transportbehållaren
- Kapselns båda lager (koppar + gjutjärn)
- Bränslekapslingen (zircaloyrören som omger bränslekutsarna).

De olika barriärernas förmåga att innesluta radioaktiviteten efter en olycka beror på vilket händelseförlopp som antas, och vilket radioaktivt ämne som studeras. De radioaktiva ämnen som kan komma i fråga för utsläpp till luften är ^{85}Kr och ^{137}Cs .

Transportmedel, dvs fordon och fartyg

En stor del av de krafter som uppstår vid t ex en kollision kommer att tas upp av andra strukturer - fordon eller järnvägsvagn - än transportbehållaren, vilket minskar sannolikheten att den skall ta

skada. Detta tillgodoräknas inte och inte heller det yttre skyddets eventuella kvarhållande förmåga för frigjord aktivitet.

Transportbehållaren

Den tilltänkta transportbehållaren kommer att vara godkänd enligt kraven för typ B, se kapitel 4. Det innebär att den vid dimensionerande påkänningar inte kommer att förlora sina viktigaste egenskaper att strålskärma och hålla inne det radioaktiva materialet. För beräkningsändamål antas dock i extremfallsanalysen, att behållarens täthet förloras efter en olycka, vilket möjliggör för radioaktiva ämnen, som kan ha frigjorts om även kapseln skadats, att läcka ut.

Behållarens huvuduppgift är att utgöra strålskärm. Tätheten är inte av vital betydelse för att upprätthålla detta. För att få bort locket, som väger 1,5-2 ton, från behållaren behövs specialverktyg. Det kan inte lossna av sig själv. Även om locket skadas, kan kapseln inte komma ut ur behållaren med mindre än att hela locket avlägsnas.

Kapseln

Kapseln består av ett tätsvetsat kopparlager med en insats i gjutjärn vars lock är fastbultat och normalt tätt. Vid normala påkänningar kommer kapselns täthet inte att gå förlorad. När kapseln dessutom, som under transporten, befinner sig inuti en transportbehållare, är den väl skyddad mot direkta påkänningar. Det räcker inte med att kopparhöljet får sprickor, även gjutjärnsinsatsen som är mycket kraftig måste penetreras, för att en läckageväg skall uppstå. För extremfallen antas dock att kapseln får genomgående sprickor efter en olycka, som möjliggör för radioaktiva ämnen att komma ut.

Bränslematerialet och bränslekapslingen

Det mesta av de radioaktiva ämnena är fast bundna i bränslematerialet. En viss andel har diffunderat ut till kutsarnas yta till bränslegapet, det fria utrymmet mellan kutsarna och bränslekapslingen. Hur stor denna andel är beror på utbränningen, men den kan för krypton och cesium vara upp till 10% av det totala inventariet.

Bränslekapslingen har normalt god motståndskraft mot mekaniska och termiska påkänningar. När extremfall diskuteras, måste man emellertid ansätta att en stor del av stavarna tar skada p.g.a. mekanisk påkänning, varvid deras gapinventarium av ^{85}Kr kan frigöras. ^{137}Cs som har avsatts på kutsarnas yta och insidan av kapslingen frigörs inte därifrån med mindre än att temperaturen uppgår till över 600°C eller att bränslet sänks i vatten. Det krävs alltså en långvarig stor brand för att ^{137}Cs skall avges till och spridas i luften. Vatten ger en långsam utlakning av ^{137}Cs från sådana bränsleelement vilkas stavar har kapslingsskador.

14.3 Extrema fall under sjötransport

I samband med säkerhetsanalysen av transporter av använt bränsle från kärnkraftverken till CLAB, gjordes en inventering av vilka händelser som kan inträffa under en sjötransport, och som skulle kunna påverka behållarna. Sådana händelser innefattar:

- olycka i samband med lossning och lastning (fordon och behållare överbord)
- grundstötning av fartyg
- fartygskollision.

Grundstötningar är relativt vanliga, men de kan inte ge upphov till sådana krafter att de påverkar behållare i lastrummet. En grundstötning ger således inga skador på lasten.

Kollisioner är inte heller helt ovanliga. Sådana ger skador på fartyget, men sannolikt inte så stora att den dubbla bordläggningen penetreras och lastrummet skadas. Beräkningar av inträngningsdjup mm gjordes för kollisioner med olika typer av fartyg av i Östersjön förekommande storlek och form. Som beräkningsexempel antogs ändå att lastrummet penetrerades som följd av en kollision. Alternativa händelseförlopp kan skisseras. Dessa är valda så att de täcker in alla andra fall, vad gäller konsekvenser:

- kraftig fartygskollision, mekanisk påverkan på last i lastrummet
- fartygsolycka som leder till att fartyget sjunker
- fartygsolycka som leder till att behållare faller över bord och sjunker
- långvarig och omfattande brand på fartyget.

Direkt påverkan på behållarna av ett kolliderande fartyg

En allvarlig kollision, som medför att det andra fartyget tränger ända in i lastrummet, innebär krafter på behållaren som möjligen kan skada den. En skada som gör behållaren otät skall ändå inte leda till att bränsleelementen kommer i kontakt med omgivningen, de är ju inneslutna i en tät kapsel. Om man ändå antar att händelsen slår hål på både transportbehållare och kapsel, får man förutsätta att även bränsleelementen inuti kapseln blir skadade.

Stor skada som leder till att behållare slits loss och faller till havsbotten

Fallet att en behållare vid en kollision rycks loss och faller till havets botten kan leda till att transportbehållaren skadas vid slaget mot botten, så att vatten kan tränga in. Den kan även ha skadats vid själva kollisionen. Inuti behållaren finns en tät kapsel, som ska hålla tätt under valfritt lång tid tills en eventuell bärgning företas. Om även kapselns täthet är bruten och bränslets kapsling skadad, kommer en mycket långsam utlakning av bränslematerialet att påbörjas, och fortgå tills bärgning sker.

Efter fallet mot botten kan kapseln antingen vara hel och då händer ingenting eller gå sönder, varvid gasformig ^{85}Kr efter tryckutjämning avgår till vattnet och vidare till luften. Dessutom kan en långsam utlakning av ^{137}Cs äga rum. Detta kommer att spädas ut i havsvattnet till mycket låga koncentrationer.

Alternativet att fartyget i sin helhet går till botten är, ur behållarnas synvinkel, inte värre än detta fall.

Kollision ger upphov till brand i båda fartygen och det rammande fartyget var lastat med brandfarligt material

Att brand utbryter ombord är inte uteslutet. Bränder som kan uppstå ombord kan släckas med hjälp av installerad utrustning. För att få en långvarigare häftig brand måste man t ex anta en kollision med ett tankfartyg, vars last brinner upp, och att fartygen inte skall ha kunnat separeras under tiden.

En långvarig brand ger i sig inte upphov till utsläpp, eftersom kapseln inuti behållaren är tät. Kapseln tål upphettning, och dessutom stiger temperaturen inuti behållaren mycket långsamt på grund av den stora massan hos behållare och kapsel, se kapitel 4 och 13. Det tar helt enkelt lång tid att värma upp materialet. Ännu längre brandvaraktighet krävs för att komma i närheten av de ca 600°C på bränslet som behövs för att Cs skall aerosoliseras.

För att få någon radiologisk påverkan måste man således anta att behållaren och bränslekapseln först blivit skadade p.g.a. primärhändelsen och därefter utsatts för den långvariga branden.

Radiologiska konsekvenser vid antagna extrema sjötransportolyckor

De fall som diskuteras ovan där både behållaren och kapseln skadas p.g.a. stor mekanisk påverkan, leder till en frigörelse av ^{85}Kr . Med konservativa antaganden och under förutsättningen att en ogynnsam vädersituation råder, som innebär liten utspädning, skulle detta ge upphov till en beräknad dos till en person, som står i vindriktningen på 5 km avstånd från det drabbade fartyget under hela olycksförloppet, på 10^{-5} mSv. Med mera normalt väder blir motsvarande dos ytterligare åtminstone en faktor 10 lägre.

En kollision med stor mekanisk skada, som dessutom ger upphov till brand, ger först inte upphov till någon annan frigörelse av radioaktiva ämnen, utöver den som var följden av mekanisk påverkan. Om man däremot antar att temperaturen tillåts stiga så högt att ^{137}Cs aerosoliseras, kommer en del av detta att frigöras till luften och spridas med vinden. Detta fall skulle med i övrigt samma förutsättningar som vid enbart mekanisk skada, beräkningsmässigt ge upphov till individdoser på 3×10^{-4} respektive 3×10^{-5} mSv (helkroppsos). Om ^{137}Cs kommer in i kroppen, blir doserna till individuella organ högre, sammanlagt till ben, lungor och sköldkörtel högst 0,11 respektive 0,011 mSv. De högre värdena står för ogynnsam vädersituation, de lägre för mera normalt väder, men i övrigt med lika konservativa antaganden.

14.4 Extrema fall under landtransport

Landtransporter på väg förekommer dels som terminalhantering vid avsändningshamnen i Simpevarp, dels vid omlastning från fartyg till järnväg. Järnvägstransport är huvudalternativ för den längre sträckan från omlastningshamn till djupförvar. Om inte järnvägstransport väljs, kommer istället en omlastning till landsvägsfordon att ske.

Om det, på grund av djupförvarets lokalisering, inte blir någon sjötransport, behövs ingen omlastning, utan uttransporten från inkapslingsanläggningen sker då direkt med landsvägsfordonen.

Vid normala landtransporter eller om någon olycka av rimligt förutsebar omfattning inträffar, såsom

- fall av behållare under pågående lyftoperation
- fall av behållare från fordon eller vagn
- kollision mellan vägfordon
- kollision med landfordon eller tåg
- urspårning av tåg
- fall av föremål ovanpå behållare

förekommer det inte några radioaktiva utsläpp. För det krävs

- extrema olyckor under landtransport som ger mycket höga mekaniska påkänningar på behållaren
- extrema olyckor under landtransport som ger upphov till brand som påverkar behållaren under lång tid.

Förutsättningarna för att sådana händelser skall leda till frigörelse av radioaktiva ämnen är mycket olika, beroende på vad man antar orsaka olyckan.

Mekanisk påverkan på transportbehållarna och kapslarna

Urspårningar och kollisioner är inte så ovanliga, utan man måste räkna med möjligheten att de inträffar. I de allra flesta fall inskränker sig skadorna efter en sådan händelse till skador på vagnar, fordon och kringutrustning. Risken för personskador påverkas inte av om lasten består av transportbehållare eller annat gods.

Om ekipaget kör i diket eller välter kommer transportbehållaren att utsättas för påkänningar som är mycket mindre än den är byggd för att klara. Den förblir tät.

Om ekipaget kolliderar med mötande eller korsande trafik kan betydande påkänningar uppstå, beroende på hastigheter och vikter hos de inblandade fordonen. En stor del av kraftupptagningen drabbar andra strukturer än behållaren, vilken dock kan lossna från flaket och ramla av. Behållaren lossnar om belastningen på surringarna är tillräckligt stor. Gränsen för detta kommer att ligga lägre än gränsen för otillåten belastning på lyftapparna, som därmed inte förstörs om surringarna brister.

Behållaren skall tåla en kollision med största tänkbara fordon och med fasta hinder utan att gå sönder. Även om man antar att transportbehållaren trots allt tar så mycket skada att den blir otät, är godset en tätsvetsad kapsel som inte avger några radioaktiva eller andra ämnen.

Om man går ytterligare ett steg, och antar att även kapseln krossas vid händelsen, och förutsätter att även de inneslutna bränsleelementens kapsling blir skadad, kommer flyktiga radioaktiva ämnen att kunna frigöras till omgivningen. Ett mycket högt fall, motsvarande att behållaren t ex faller från en bro mot ett hårt underlag, eller en kollision med föremål i hög hastighet, är de enda typerna av händelser, bortsett från större vapenangrepp, som teoretiskt kan motsvara detta fall.

Olycka som ger termiska påkänningar

Bränder kan uppstå till följd av någon tågolycka, t ex kollision med tankbil, eller genom omfattande skogsbrand. Det tåg som transporterar kapselbehållarna kommer inte att medföra vagnar med lättantändligt gods i samma tågsätt.

En brand som innefattar behållarens vagn ger givetvis en upphettning av behållaren. Tack vare den stora massan kommer temperaturen på kapseln att stiga mycket långsammare än temperaturen på utsidan av behållaren. Så snart branden är släckt börjar behållaren svalna. Den högsta temperaturen på kapseln kommer att infalla någon tid efter att branden släckts, genom att temperaturutjämning sker. Med en brand av den omfattning som föreskrivs i typ B-kraven för behållaren (30 minuter helt omsluten av 800°C) kommer temperaturen på kapselns insida att öka mindre än 100°, och temperaturen på själva bränslet kanske några tiotal grader. (Exakta beräkningar av detta kommer att ske i samband med licensiering inför tillverkning av behållaren. Bedömningen bygger på jämförelser med liknande behållare.)

En brand enligt ovan ger således ej stor upphettning av bränslet och förstör inte kapseln. Den ger därmed inte upphov till frigörelse av radioaktivitet.

De beräkningar som redovisas nedan förutsätter därför att branden kombineras med skador på både behållare och kapsel, dvs förutsättningen är att transporten först utsätts för en massiv mekanisk skada och därefter för en brand som är större än den som specificeras typ B-kraven. Med dessa antaganden får man en frigörelse (mer eller mindre långsam) av både ^{85}Kr och ^{137}Cs till omgivningen.

Radiologiska konsekvenser vid antagna extrema landtransportolyckor

Möjliga radiologiska konsekvenser har analyserats. Med konservativt valda förutsättningar skulle olyckan med de stora mekaniska skadorna, för en person i vindriktningen på ett avstånd av 1 km från olycksplatsen, ge upphov till en individdos på ca 5×10^{-5} mSv vid ogynnsamma väderleksförhållanden och 5×10^{-6} mSv, eller lägre, vid mera normalt väder.

Dosberäkningen är lik den som använts för motsvarande olycka till sjöss. På land måste man emellertid anta att personer befinner sig på närmare avstånd från olycksplatsen, och kan stå kvar i vindriktningen under hela olycksförloppet. Även här antas att utläckaget sker under kort tid. Ett mer långsamt förlopp vore mera troligt, och skulle ge lägre total stråldos. Räddningspersonal eller andra personer, som inte är omedvetna om händelsen, men ändå befinner sig i närområdet, kan utsättas för högre doser.

När en brand inträffar under järnvägs- eller landsvägstransport kommer släckningsinsatser att göras inom mindre än ett par timmar, dvs behållarens innanmäte kommer inte att upphettas så mycket att ^{137}Cs sprids till luften i någon större utsträckning. Eventuellt utläckande ^{137}Cs kommer att tvättas ut med släckningsvattnet och hamna i marken på olycksplatsen. För att beräkna konsekvenser av ett extremfall, antas ändå att en del av cesiet kommer att inte bara avges från bränsleelementen utan även ta sig ut genom skada i kapseln och vidare genom den skadade transportbehållaren, utan att fastna på några ytor på vägen.

Den sålunda antagna händelsen ger en individdos (helkropp) till personen i vindriktningen enligt ovan på ca högst 2×10^{-4} mSv vid ogynnsamt väder, annars en faktor 10 lägre. Till denna dos bidrar både ^{85}Kr och ^{137}Cs . Motsvarande sammanlagd organdos är beräknad till $2,2 \times 10^{-2}$ respektive $2,2 \times 10^{-3}$ mSv, för ogynnsamt respektive normalt väder, men i övrigt med samma pessimistiska antaganden.

Eftersom de studerade fallen bygger på schematiska antaganden utan koppling till utrustningens verkliga egenskaper, gäller de i samma mån, oavsett om transporten sker på landsväg eller järnväg.

Proportionerna mellan de olika slagen av doser är inte samma som i beräkningen i föregående avsnitt, eftersom de antagna förutsättningarna för aktivitetsfrigörelse är olika för olyckor till lands och till sjöss.

14.5 Resultatsammanfattning

De individdoser, som de skisserade extrema fallen beräknats resultera i, sammanfattas nedan.

	<i>Ogynnsamt väder</i>	<i>Normalt väder</i>
I. Extremfall med stor mekanisk skada		
Olycka under sjötransport		
individdos, helkroppsdos	5×10^{-6} mSv	5×10^{-7} mSv
Olycka under landtransport		
individdos, helkroppsdos	5×10^{-5} mSv	5×10^{-6} mSv
II. Extremfall med stor mekanisk skada i kombination med långvarig brand		
Olycka under sjötransport		
individdos, helkroppsdos	$3,3 \times 10^{-4}$ mSv	$3,3 \times 10^{-5}$ mSv
organdos, max summa	0,11 mSv	$1,1 \times 10^{-2}$ mSv
Olycka under landtransport		
individdos, helkroppsdos	2×10^{-4} mSv	2×10^{-5} mSv
organdos, max summa	$2,2 \times 10^{-2}$ mSv	$2,2 \times 10^{-3}$ mSv

Det kan möjligen tyckas onödigt att beräkna så låga doser som de ovan. Särskilt vid mekanisk skada, fall I, dvs när dosen endast orsakas av ^{85}Kr , är den helt försumbar.

De beräknade doserna kan ändå användas som utgångspunkt i diskussioner av typen ”vad händer om det blir ett ännu värre fall”, vilka kan uppkomma, oavsett hur pessimistiska konservativa antaganden som gjorts. Fallen med mekanisk skada i kombination med brand kan sägas vara en sådan utveckling från fallen med stor mekanisk skada.

Man ser då att det finns marginaler på flera storleksordningar i doser, inom vilka ramar man kan försvåra antagandena utan att doserna närmar sig nivåer som skulle kräva åtgärder för att skydda allmänheten.

Det finns en naturlig övre gräns för påverkan från en mekaniskt skadad kapsel: Om hela inventariet av ^{85}Kr antas frigöras, kommer ändå inte de resulterande doserna att nå skadliga nivåer. Motsvarande gäller inte för ^{137}Cs . Cesiums farlighet beror på att det kan stanna i kroppen (biologisk halveringstid 3 månader) och sönderfalla där. Krypton däremot försvinner ut i atmosfären. Därför kan större aktivitetsmängder av ^{85}Kr tolereras. Andra lättflyktiga nuklider som ursprungligen fanns i det använda bränslet, har avklingat långt innan denna transport äger rum.

Jämförelsevärden

De gränsvärden för årlig exponering av personer i radiologiskt arbete som utfärdats av ICRP är följande.

Max. helkroppsdos	50	mSv
Max. dos till individuella organ	500	mSv

I bland annat Sverige tillämpas en gräns som är 1/10 av detta.

14.6 Slutsats

I analysen av extrema olyckor bortses från det faktum att transportsystem, transportbehållare och kapsel är utformade så att bränslet är väl skyddat i alla rimligen tänkbara situationer som kan uppstå under transport. I stället antas att både transportbehållare och kapsel skadas så svårt att deras funktion som barriär mellan bränslet och omgivningen blir nedsatt eller förloras. Därefter görs ytterligare ett antal konservativa antaganden, bland annat beträffande aktivitetsinventarier och väderförhållanden.

De valda förutsättningarna för de analyserade olyckorna ligger så långt åt det försiktiga hållet, att sannolikheten för att nå till de angivna konsekvenserna kan betraktas som försumbar. De med dessa förutsättningar utförda beräkningarna visar likväl, att personer som befinner sig i närheten av en sådan olycka utsätts för stråldoser som är mycket låga.

Referenser

Kapitel 2

- 2-1 Lag om kärnteknisk verksamhet, SFS 1992:1536
- 2-2 SKB
Transportsystem för använt kärnbränsle och radioaktivt avfall, Systembeskrivning. Svensk Kärnbränslehantering AB, 1992
- 2-3 IAEA
Safety Series no 6, Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material, 1985 edition, as amended 1990.

Kapitel 4

- 4-1 U Knopp, SKB Inkapsling PR 96 - 06
Feasibility study of a transport cask for the transport of encapsulated spent fuel to a final disposal. For canister with cast insert, GNB, 1996
- 4-2 J Piroška, SKB Inkapsling PR 96 - 04
Förstudie - ATB-behållare med lastbärare och lyftutrustning för övrigt långlivat avfall Vattenfall Energisystem AB, 1994
- 4-3 se /2-3/ ovan

Kapitel 5

- 5-1 se /2-2/ ovan

Kapitel 6

- 6-1 se /2-2/ ovan

Kapitel 7

- 7-1 Gillin K
Säkerheten vid drift av inkapslingsanläggningen, Rapport R-98-12, SKB 1998
- 7-2 Lönneberg B, Pettersson S
Säkerheten vid drift av djupförvaret, Rapport R-98-13, SKB 1998

Kapitel 9

9-1 se /7-1/ ovan

9-2 se /7-2/ ovan

Kapitel 12

12-1 SSI
Statens Strålskyddsinstitutets föreskrifter för personstrålskydd för verksamhet med joniserande strålning vid kärnteknisk anläggning, SSI FS 1994:2

12-2 Strålskyddsprogram för M/S Sigyn

Kapitel 13

13-1 Transnucléaire
Säkerhetsrapport för transportbehållare för bestrålat kärnbränsle typ TN 17/2
TN 9464-2 (fransk)