



SKB rapport

R-98-07

Juni 1998

Systemanalys

Icke radiologisk miljöpåverkan

Ingrid Aggeryd, Karin Aquilonius

Studsvik Eco & Safety AB

Svensk Kärnbränslehantering AB

Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co

SKB, Box 5864, S-102 40 Stockholm, Sweden

Tel 08-459 84 00 Fax 08-661 57 19

Tel +46 8 459 84 00 Fax +46 8 661 57 19

ISSN 1402-3091
SKB Rapport R-98-07

SYSTEMANALYS

ICKE RADIOLOGISK MILJÖPÅVERKAN

Ingrid Aggeryd, Karin Aquilonius

Studsvik Eco & Safety AB

Juni 1998

HUVUDINNEHÅLL

Denna rapport utgör en översiktlig redovisning av den icke radiologiska miljöpåverkan som uppkommer i ett system för hantering och djupförvaring i ett geologiskt djupförvar av använt kärnbränsle och annat radioaktivt avfall. De delar av systemet som behandlas i rapporten är inkapsling av använt kärnbränsle, djupförvar, eventuellt återtag av inkapslat bränsle och transporter. Miljöpåverkan av olika alternativa utformningar av ett geologiskt djupförvar redovisas.

Eftersom ingen av anläggningarna i systemet har lokaliserats till någon bestämd plats kan konsekvenserna för den omgivande miljön inte kvantifieras. Därför redovisas i denna rapport sådana faktorer som kan ha en påverkan på omgivningen och även på förbrukning av naturresurser. Miljöpåverkan från transporter beskrivs genom en redovisning, dels av emissioner från olika transportmedel, dels av transportbehovet inom det beskrivna systemet.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	SAMMANFATTNING OCH SLUTSATSER	vii
1	INLEDNING	1
2	INKAPSLING	3
2.1	Kapseltillverkning	4
2.1.1	Påverkan på markanvändning och landskapsbild	4
2.1.2	Påverkan på luft och vatten	5
2.1.3	Förbrukning av naturresurser	5
2.1.4	Annan påverkan	5
2.2	Inkapslingsanläggning	5
2.2.1	Påverkan på markanvändning och landskapsbild	6
2.2.2	Påverkan på luft och vatten	7
2.2.3	Förbrukning av naturresurser	7
2.2.4	Annan påverkan	7
2.2.5	Slutsatser	8
3	DJUPFÖRVAR	9
3.1	KBS-3-metoden	9
3.1.1	Påverkan på markanvändning och landskapsbild	12
3.1.2	Påverkan på luft och vatten	12
3.1.3	Förbrukning av naturresurser	13
3.1.4	Annan påverkan	14
3.2	Alternativa utformningar	14
3.2.1	Medellånga tunnlar	14
3.2.2	Långa tunnlar	15
3.2.3	Djupa borrhål	16
3.2.4	WP-Cave	16
3.3	Slutsatser	17
4	ÅTERTAG AV BRÄNSLE	19
5	TRANSPORTER	21
5.1	Miljöpåverkan av olika transportmedel	21
5.1.1	Sjötransporter	21
5.1.2	Järnvägstrafik	22
5.1.3	Vägtrafik	23
5.2	Transportbehov	24
5.2.1	Inkapslingsanläggning	24
5.2.2	Djupförvar	25
5.2.3	Återtag av kapslar	26
5.3	Slutsatser	26
6	SAMMANFATTANDE SLUTSATSER	29
7	LITTERATUR	31

SAMMANFATTNING OCH SLUTSATSER

Svensk Kärnbränslehantering AB, SKB, ska enligt ett beslut från regeringen göra en analys av systemet för djupförvaring av använt kärnbränsle. Detta system omfattar inkapsling av använt bränsle, djupförvaring i berggrunden och transporter. Till detta kommer djupförvaring av annat radioaktivt avfall, som av olika skäl inte kan slutförvaras i SFR (Slutförvar för radioaktivt driftavfall).

Denna studie utgör en översiktlig redovisning av den icke radiologiska miljöpåverkan av verksamheterna inom systemet. Huvudalternativet i redovisningen utgörs av den så kallade KBS-3-metoden som innebär att inkapslat bränsle djupförvaras 500 m ner i berggrunden, men även andra alternativa utformningar av ett geologiskt djupförvar har studerats. Dessa alternativ utgörs av medellånga tunnlar, långa tunnlar, djupa borrhål och WP-Cave.

Ingen av de anläggningar som studeras är ännu lokaliserad till någon bestämd plats. Därför görs en generell redovisning av olika miljöpåverkande faktorer från de olika delarna av systemet. Konsekvenserna som dessa miljöpåverkande faktorer leder till för omgivningarna kring anläggningarna kommer att utredas i miljökonsekvensbeskrivningar som upprättas inför lokalisering och byggande av anläggningarna.

Inkapsling och kapseltillverkning

Utredningen om miljöpåverkan från inkapsling av använt bränsle omfattar såväl tillverkning av kapslar som inkapslingen av använt kärnbränsle. Däremot diskuteras inte miljöpåverkan från hanteringen vid utvinning och förädling av den metall som ingår i kapslarna i denna rapport. Driften av kapselfabriken och inkapslingsanläggningen förväntas inte ge upphov till någon större miljöpåverkan. Processen för tillverkning av kapslar bygger på vidarebearbetning av grundbearbetad metall och utsläppen från detta blir därför mycket små.

Byggande av inkapslingsanläggningen innebär sprängningsarbeten med behov av omhändertagande av sprängmassor. Ett visst buller uppkommer från de två anläggningarnas ventilationssystem. Bullernivåerna hålls inom riktvärdena för externt industribuller. Förbrukningen av koppar till kapslarna utgör en mycket liten andel av den totala kopparförbrukningen i världen, däremot förs den koppar som förbrukas här ut ur kretsloppet utan möjlighet för återvinning.

En lokalisering av inkapslingsanläggningen i anslutning till CLAB innebär att vissa funktioner kan samordnas och att det använda bränslet kan överföras mellan anläggningarna utan externa transporter. En viss möjlighet, om än i mindre utsträckning, att utnyttja befintliga system och funktioner finns också vid lokalisering till någon annan kärnteknisk anläggning. Dessa möjligheter är dock betydligt mer begränsade än vid en lokalisering vid CLAB både med avseende på omfattning och den tid som

samordningen kan föreligga. Det senare begränsas av att kärnkraftverken kommer att stängas av innan driften av inkapslingsanläggningen upphör.

Djupförvar enligt KBS-3-metoden

Ett djupförvar enligt KBS-3-metoden utgörs av en anläggning på ca 500 m djup i berggrunden som omfattar en volym på ca 1 – 1,5 miljoner m³. Dessutom beräknas ett område på ca 0,3 km² ovan jord behöva tas i anspråk. För återfyllnad av underjordsdelen efter deponering används bentonit och bergkross eller eventuellt kvartssand. Grundvattenytan sänks lokalt kring förvaret i samband med byggande och drift av anläggningen. Detta kan påverka tillgången på vatten i omgivande brunnar och även ge en påverkan på vattennivåerna i ovanliggande jordar. Sprängningsarbeten medför en påverkan på omgivningarna genom utsläpp av gödande och försurande kväveoxider till luft och vatten, och genom buller och vibrationer. De bergmassor som uppkommer deponeras tillfälligt i området. Större delen kan troligen användas vid återfyllnad av förvaret, medan resterande kvantiteter avyttras för annan användning.

Alternativa utformningar

De alternativa utformningarna av ett geologiskt djupförvar som studerats här, d v s medellånga tunnlar, långa tunnlar, djupa borrhål och WP-Cave, medför inga större principiella skillnader i miljöpåverkan jämfört med KBS-3. Skillnader som ändå kan noteras är att både WP-Cave och djupa borrhål kräver att betydligt större markområden ovan jord tas i anspråk för deponering av samma mängd använt bränsle som planeras för KBS-3. Däremot blir anläggningarna under jord, och därmed mängden bergmassor, mindre för samtliga alternativa lösningar. WP-Cave och djupa borrhål ger emellertid inte någon möjlighet att använda bergmassorna för återfyllnad av förvaret. Samtliga typer av förvar medför en lokal grundvattenavsänkning under byggande och drift av förvaret. Storleken på avsänkningen beror bl a på hur effektivt förvaret tätas och på förhållanden på platsen. Det är därför svårt att göra någon generell jämförelse i detta avseende mellan de olika förvarstyperna, men troligen kommer avsänkningen vid WP-Cave och djupa borrhål att bli mer lokal än för de övriga alternativen.

Återtag

Ett eventuellt återtag av de ca 10 % av det inkapslade bränsle som deponeras under den inledande driften innebär att någon typ av mellanlager måste byggas för tillfällig lagring. Ett sådant lager lokaliseras troligen i anslutning till CLAB eller inkapslingsanläggningen och förläggs därmed till ett befintligt industriområde. En förläggning av mellanlagret under jord innebär utsprängning av ett bergrum. Ett mellanlager i marknivå innebär en tillkommande byggnad för detta ändamål. Förvaret måste luftkylas, vilket kan medföra ett visst buller till omgivningen från eventuella fläktar.

Transporter

Miljöpåverkan på grund av transporter till och mellan anläggningarna går inte att precisera eftersom anläggningarna inte lokaliserats till någon bestämd plats och det därmed inte går att förutsäga avstånd eller transportmedel. Transportbehovet utgörs

främst av frakt av använt kärnbränsle och annat radioaktivt avfall i speciella transportbehållare. Dessa behållare med innehåll väger upp till 80 ton och kan fraktas per båt, järnväg och/eller landsväg. Förutom dessa transporter fraktas bentonit och eventuellt kvartssand till djupförvaret och bergkross därifrån. Personal och besökare transporteras till de olika anläggningarna.

En lokalisering av inkapslingsanläggning och djupförvar nära CLAB medför att behovet av tunga transporter av radioaktivt material blir mycket begränsat. En lokalisering av anläggningarna till kusten innebär att transporter mellan dessa kan ske till sjöss. Detta är dock inte självklart det miljömässigt bästa alternativet. El-drivna tåg ger betydligt lägre utsläpp av föroreningar till luft än båtar. Däremot kan tågtrafik medföra större störningar i form av buller. Miljöpåverkan som uppkommer vid byggande av anslutande järnvägslinjer, eller alternativt från anslutande landsvägstrafik, måste också vägas in vid en bedömning av den totala miljöpåverkan på grund av godstransporter på järnväg eller till sjöss.

En lokalisering av anläggningarna till inlandet medför att kortare transporter görs per järnväg och/eller landsväg. För mycket långväga transporter kan det bli aktuellt att frakta gods till en närliggande hamn för vidare transport till sjöss. Samma principiella miljömässiga förutsättningar gäller vid lokalisering till inlandet som de som angivits ovan för lokalisering vid kusten. Transporter på landsväg ger större utsläpp av föroreningar till luft än transporter på järnväg. Dessutom kan de mycket tunga transporterna medföra problem med vägnas bärighet, som ofta är begränsade till 60 ton. En fördel med landsvägstransporter kan vara möjligheten att transportera enstaka kollin, vilket leder till mindre behov av tillfälliga lagringsutrymmen vid anläggningarna.

Alternativ tidsplan

En senareläggning av inkapsling och djupförvaring av använt bränsle jämfört med nuvarande tidsplan, skulle medföra en förlängd mellanlagring i CLAB. Detta skulle inte innebära några grundläggande förändringar av miljöpåverkan på systemet. En framtida teknikutveckling och förbättrade reningsmetoder skulle kunna medföra en minskad belastning på miljön från transporter och verksamheter vid anläggningarna. Detta är emellertid inte möjligt att göra några förutsägelser om idag. Alternativet att förlänga lagringstiden i CLAB belyses därför inte närmare i rapporten.

1 INLEDNING

Svensk Kärnbränslehantering AB, SKB, ska enligt ett beslut från regeringen göra en analys av säkerheten för hela systemet för omhändertagande av använt kärnbränsle inkluderande såväl huvudalternativet, den s k KBS-3-metoden, som alternativa lösningar.

Denna rapport utgör en översiktlig redovisning av den icke radiologiska miljöpåverkan och förbrukning av naturresurser för ett system där inkapslat använt kärnbränsle och annat radioaktivt avfall slutförvaras i ett geologiskt djupförvar. De olika delarna av systemet som behandlas i denna rapport är:

- kapseltillverkning
- inkapsling
- djupförvar
- eventuellt återtag av bränsle från djupförvaret
- transporter.

Lokaliseringar är inte beslutade för någon av de anläggningar som studeras i rapporten. Det är därför inte möjligt att kvantifiera konsekvenser för omgivande miljö, eftersom dessa beror på lokala förhållanden och på vilka hänsynskrävande arter och objekt som finns i området. Därför görs en redovisning av sådana faktorer som kan medföra en påtaglig påverkan på den omgivande miljön, liksom en uppskattning av förbrukning av naturresurser. En detaljerad analys av konsekvenserna för miljön från de olika anläggningarna görs i de miljökonsekvensbeskrivningar som upprättas i samband med ansökningar om lokalisering av anläggningarna.

Den icke radiologiska miljöpåverkan av KBS-3-metoden utgör huvudalternativ för redovisningen. Enligt denna metod ska det använda kärnbränslet, efter ca 30 – 40 års lagring i CLAB (Centralt mellanLager för Använt Bränsle), kapslas in i kopparkapslar för slutförvaring i ett djupförvar ca 500 m ner i berggrunden. Annat radioaktivt avfall ska enligt dessa planer placeras i bergrum och tunnlar i samma förvar (se vidare avsnitt 3.1).

Kapseln för inkapsling av det använda bränslet utgörs av en insats av järn med ett hölje kring denna som består av koppar. Miljöpåverkan av kapseltillverkning och inkapsling av använt bränsle redovisas i kapitel 2.

De utformningar av djupförvar som studeras här, förutom KBS-3, är medellånga tunnlar, långa tunnlar, djupa borrhål och WP-Cave. En närmare presentation av vad dessa metoder innebär görs i avsnitt 3.2, som också innehåller en redovisning av i vad mån dessa metoder ger en annan miljöpåverkan än KBS-3.

Ett eventuellt återtag av deponerade kapslar med bränsle från ett djupförvar redovisas i kapitel 4.

Kvantifiering av transporter av gods till och mellan de olika anläggningarna i systemet är inte möjlig utan kännedom om deras lokalisering till kust eller inland och i förhållande till varandra. I denna rapport redovisas vilken generell miljöpåverkan sjö- järnvägs- och landsvägstransporter har i form av utsläpp till omgivningen och buller (avsnitt 5.1). En redovisning görs också av de mängder gods och personal som behöver transporteras till och från anläggningarna under förutsättning att de inte lokaliserats till samma plats (avsnitt 5.2). Transportbehovet minskar givetvis vid en samlokalisering av anläggningar.

En förändring av nuvarande tidsplan för omhändertagandet, med en betydligt längre tids mellanlagring av det använda bränslet i CLAB, skulle inte innebära några grundläggande förändringar av miljöpåverkan och resursbehov. Förbättrade metoder och teknik vad gäller t ex rening av utsläpp och förbrukning av bränsle för fordon skulle kunna medföra en minskad belastning för den omgivande miljön. Det är emellertid mycket svårt att göra några förutsägelser på detta området och frågan behandlas därför inte vidare i denna rapport.

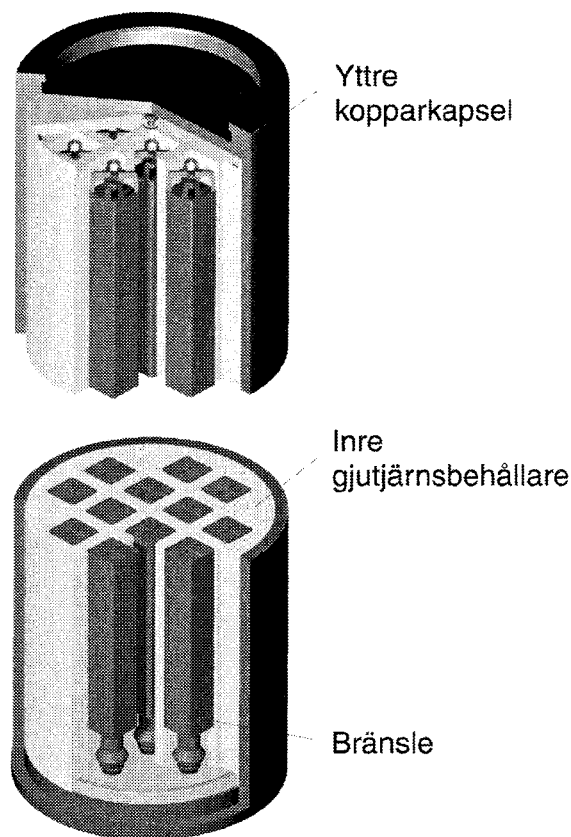
Större skillnader i miljöpåverkan, som uppkommer vid olika utformningar av djupförvar och vid olika lokaliseringar av anläggningar, sammanfattas i kapitel 6.

En förteckning över den litteratur som använts redovisas i kapitel 7.

2 INKAPSLING

Använt kärnbränsle från de svenska kärnkraftverken ska, efter ca 30 – 40 års mellanlagring i CLAB, överföras till en inkapslingsanläggning där det placeras i kapslar för deponering i ett djupförvar. Kapseln, som har plats för fyra eller tolv bränsleelement, utgörs av en cylindrisk behållare med ett hölje av koppar och en gjuten insats av järn (figur 1). Totalt ska ca 4 500 sådana kapslar produceras och fyllas. Andra utformningar av kapseln har diskuterats, t ex med olika kombinationer av bly, stål och koppar som konstruktionsmaterial. Sådana utformningar ses emellertid inte som aktuella för närvarande och ingår därför inte i denna redovisning.

Detta kapitel omfattar miljöpåverkan från tillverkning av kapsel med insats samt byggande och drift av en inkapslingsanläggning, medan de tidigare leden i processen med gruv- och metallhantering inte inkluderas.

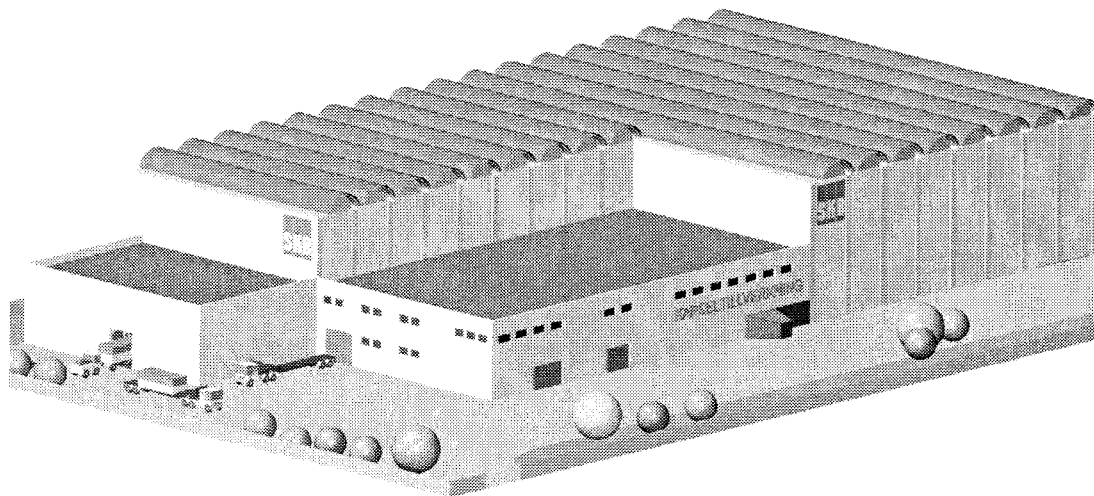


Figur 1 Kapsel med kopparhölje och insats av gjutjärn.

2.1 Kapseltillverkning

Kapslarna tillverkas i en anläggning som byggs speciellt för detta ändamål (figur 2). Kopparhöljet framställs genom rullformning av valsad kopparplåt till rörhalvor som sedan svetsas samman med elektronstrålesvetsning till en cylinder. Lock och botten i koppar maskinbearbetas fram ur förformade smidda ämnen, varefter kopparbotten svetsas på plats.

Insatserna av järn levereras gjutna och grovbearbetade till anläggningen och färdigbearbetas där. Ämnen till insatslock skärs fram ur valsad stålplåt och färdigbearbetas. Efter kontroller och rengöring av insats och kopparhölje, lyfts insatsen ner i kopparhöljet och kapseln färdigställs för leverans.



Figur 2 Anläggning för tillverkning av kapslar.

Den ovan beskrivna verksamheten är planerad så att processer för framställning av kopparhölje och insats hålls åtskilda från varandra fram till hopmontering av kapseln. Anläggningen består, förutom av själva produktionsenheten, av lokaler för godsmottagning, lager för färdigtillverkade kapslar, laboratorium, verkstad och kontor/personalutrymmen. Totalt beräknas personalbehovet vid drift av anläggningen bli 20 – 40 personer.

Miljöpåverkan från drift av en anläggning för tillverkning av kapslar redovisas nedan.

2.1.1 Påverkan på markanvändning och landskapsbild

Anläggningen omfattar en yta på totalt ca 7 000 m² och har en högsta höjd på ca 15 m. Den yta som tas i anspråk för anläggningen återställs så långt det är möjligt efter avslutad drift.

2.1.2 Påverkan på luft och vatten

Påverkan på luft och vatten bedöms bli mycket liten, eftersom produktionen i anläggningen baseras på slutbearbetning av metall som förbearbetats med gjutning, smide eller valsning innan leverans till kapselfabriken.

2.1.3 Förbrukning av naturresurser

Kopparhöljet till en färdig kapsel väger ca 7,5 ton, vilket innebär en förbrukning på ca 35 000 ton koppar för samtliga 4 500 kapslar. Detta är i sig ingen stor del av kopparförbrukningen i världen, men det bör noteras att den koppar som används här förs ut ur kretsloppet utan möjlighet till återvinning. En minskning av godstjockleken från 5 cm till 3 cm, vilket har diskuterats, skulle innebära en minskning av kopparförbrukningen till ca 20 000 ton.

2.1.4 Annan påverkan

Buller

Under drifttiden uppkommer buller från anläggningens fläktar och transporter inom anläggningsområdet. I övrigt bedöms inte driften av anläggningen ge upphov till buller i omgivningen. Nivåerna kommer att underskrida gällande riktvärden för externt industribuller.

Avfall

Skärvätskor, olja, metallrester etc från bearbetning av metaller avskiljs och omhändertas för återvinning eller hantering som farligt avfall.

2.2 Inkapslingsanläggning

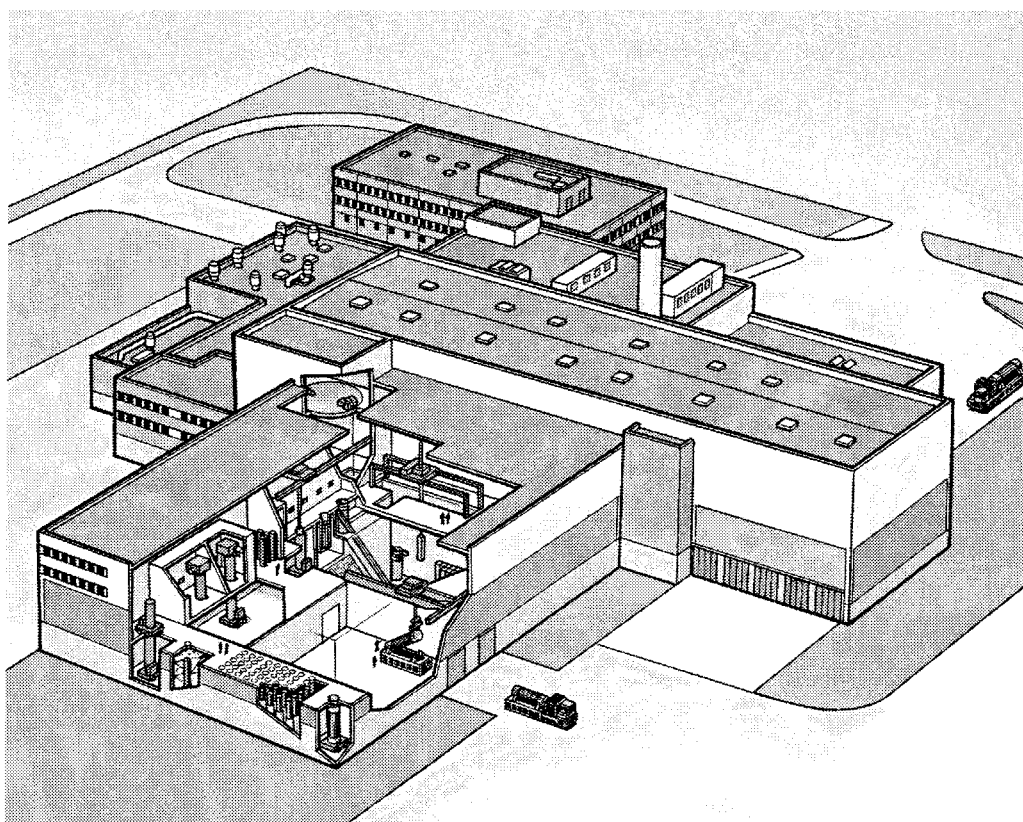
En placering av inkapslingsanläggningen i anslutning till CLAB medför att det använda bränslet kan föras direkt från lagringsbassängerna via CLAB:s bränslehiss och över till bassänger i inkapslingsanläggningen. Vid lokalisering på annan ort krävs att bränslet förs ut ur CLAB för vidare transport i transportbehållare till inkapslingsanläggningen (se vidare kapitel 5 angående transporter). Vidare krävs vid en sådan lokalisering en större byggnad med lokaler och utrustning för mottagning av transportbehållare med använt bränsle. Hanteringen i och utformningen av anläggningen är därmed beroende av anläggningens lokalisering.

I inkapslingsanläggningen görs ett urval av bränsleelement så att sammansättningen av bränsle i en kapsel blir sådan att den inte avger för mycket värme i djupförvaret. Efter torkning av bränslet placeras det i kapseln så att kapselns yta skyddas för radioaktiv nedsmutsning. När kapseln fyllts, avlägsnas luften i den och ersätts med argon, varefter

ett lock svetsas på. Därefter görs kontroller av svetsfogens täthet och av att kapselns yta är fri från radioaktivitet innan den färdiga kapseln lastas i en transportbehållare.

Byggandet av inkapslingsanläggningen omfattar uppförandet av en byggnad som sträcker sig ca 25 m över marknivå och som har tre våningsplan under mark (figur 3). Byggarbetena beräknas pågå under ca 6 år och som mest sysselsätta ca 300 personer. Driften av inkapslingsanläggningen kommer att sysselsätta ca 30 – 50 personer vid lokalisering i anslutning till CLAB, i annat fall krävs högre bemanning.

Miljöpåverkan på grund av byggande och drift av inkapslingsanläggningen redovisas nedan.



Figur 3 Inkapslingsanläggning i anslutning till CLAB.

2.2.1 Påverkan på markanvändning och landskapsbild

Inkapslingsanläggningen har preliminärt en högsta höjd på ca 25 m över marknivå och dess bottenyta är ca 65 x 80 m. Denna layout förutsätter att ett antal servicefunktioner vid CLAB ska kunna användas även för inkapslingsanläggningen. Vid en annan lokalisering kan därför anläggningen bli större än vad som anges ovan. Markområden som tas i anspråk i samband med anläggningsarbeten återställs så långt det är möjligt efter avslutat arbete.

Tre av inkapslingsanläggningens våningsplan förläggs under jord. Detta medför ett behov av sprängning och/eller schaktning. Storleksordningen 30 000 ton sprängmassor kan uppkomma, med ett behov av ytor för tillfällig lagring av dessa.

2.2.2 Påverkan på luft och vatten

Sprängning medför utsläpp av gödande och försurande ämnen i form av totalt ca 150 kg kväveoxider under anläggningstiden. Antalet godstransporter och därmed emissionerna av kväveoxider ökar främst under anläggningstidens inledning. Som mest beräknas antalet godstransporter uppgå till ca 30 – 40 per dygn, medan antalet persontransporter under anläggningstiden som mest beräknas uppgå till ca 150 per dygn.

Utsläpp av värme till vatten och luft under drift av anläggningen blir mycket begränsade och leder inte till att temperaturen i recipienten stiger med mer än några tiondels grader även om utsläppen av kylvatten sker till en liten sjö med låg vattenomsättning. Påverkan på grund av värmeutsläpp från inkapslingsanläggningen ses därför som försumbar.

Totalt beräknas vattenförbrukningen bli ca 100 000 m³ under anläggningstiden med en maximal dygnsförbrukning på ca 125 m³/dygn. Vatten som används i samband med sprängningsarbetena renas från olja och borrhax innan det släpps ut. Vid drift av anläggningen sker en förbrukning av bruksvatten på ca 1 000 m³/år och av totalavsaltat vatten på ca 300 m³/år.

2.2.3 Förbrukning av naturresurser

Tillverkning av betong vid byggande av anläggningen förbrukar grus och sand. Totalt beräknas en åtgång på ca 50 000 ton. Krossade bergmassor används när så är möjligt. Naturgrus ses generellt som en begränsad resurs och används därför endast när detta krävs.

2.2.4 Annan påverkan

Buller

Buller och vibrationer uppstår under anläggningstiden på grund av sprängningsarbeten. Under drifttiden uppkommer buller från anläggningens fläktar och från transporter inom anläggningsområdet. Nivåerna kommer att vara sådana att gällande riktvärden för industribuller inte överskrids.

Avfall

Byggavfall från anläggningstiden källsorteras och återvinns där så är möjligt.

Koppar som frigörs vid svetsning och bearbetning samlas så långt det är möjligt upp för återvinning, medan damm samlas upp i filter för omhändertagande som farligt avfall.

2.2.5 Slutsatser

Den icke-radiologiska miljöpåverkan av en inkapslingsanläggning blir till viss del beroende av anläggningens lokalisering. En lokalisering i anslutning till CLAB medför att ett antal funktioner kan samordnas och att bränsleelement kan överföras internt mellan de två anläggningarna. Vid annan lokalisering krävs transporter av använt bränsle mellan CLAB och inkapslingsanläggningen, samt lokaler och utrustning för mottagning av bränsletransporter vid inkapslingsanläggningen.

En lokalisering i anslutning till en annan kärnteknisk anläggning medför att ett mindre antal befintliga funktioner vid den anläggningen kan utnyttjas. Detta gäller t ex produktion av totalavsaltat vatten och hantering och kontroll av avloppsvatten från radiologisk verksamhet. En lokalisering på annan ort medför däremot att sådana funktioner måste installeras speciellt för inkapslingsanläggningen, vilket leder till att en större anläggning måste byggas och en ökad förbrukning av naturresurser. Störst samordningsvinster erhålls således vid en lokalisering i anslutning till CLAB, medan ett mindre antal funktioner kan samordnas vid lokalisering i anslutning till ett kärnkraftverk. CLAB kommer dessutom att vara i drift under hela den tid inkapslingsanläggningen drivs, medan kärnkraftverken avvecklas vid en tidigare tidpunkt och samordningsvinsterna upphör.

3 DJUPFÖRVAR

Efter inkapsling transporteras det använda kärnbränslet till ett djupförvar. Även annat radioaktivt avfall, som inte kan slutförvaras i SFR (Slutförvar för radioaktivt driftavfall), förs till djupförvaret. Detta utgörs dels av sådant avfall som innehåller långlivade radionuklider, dels av rivnings- och driftavfall från CLAB och inkapslingsanläggningen som uppkommer efter förslutning av SFR.

Miljöpåverkan från byggande och drift av ett djupförvar som utformats enligt KBS-3-metoden redovisas i avsnitt 3.1.

Ett antal alternativa utformningar av ett geologiskt djupförvar har studerats av SKB (figur 4):

- medellånga tunnlar
- långa tunnlar
- djupa borrhål
- WP-Cave-metoden.

Dessa alternativ beskrivs i avsnitt 3.2, där också större skillnader i miljöpåverkan mellan dessa metoder och KBS-3 redovisas.

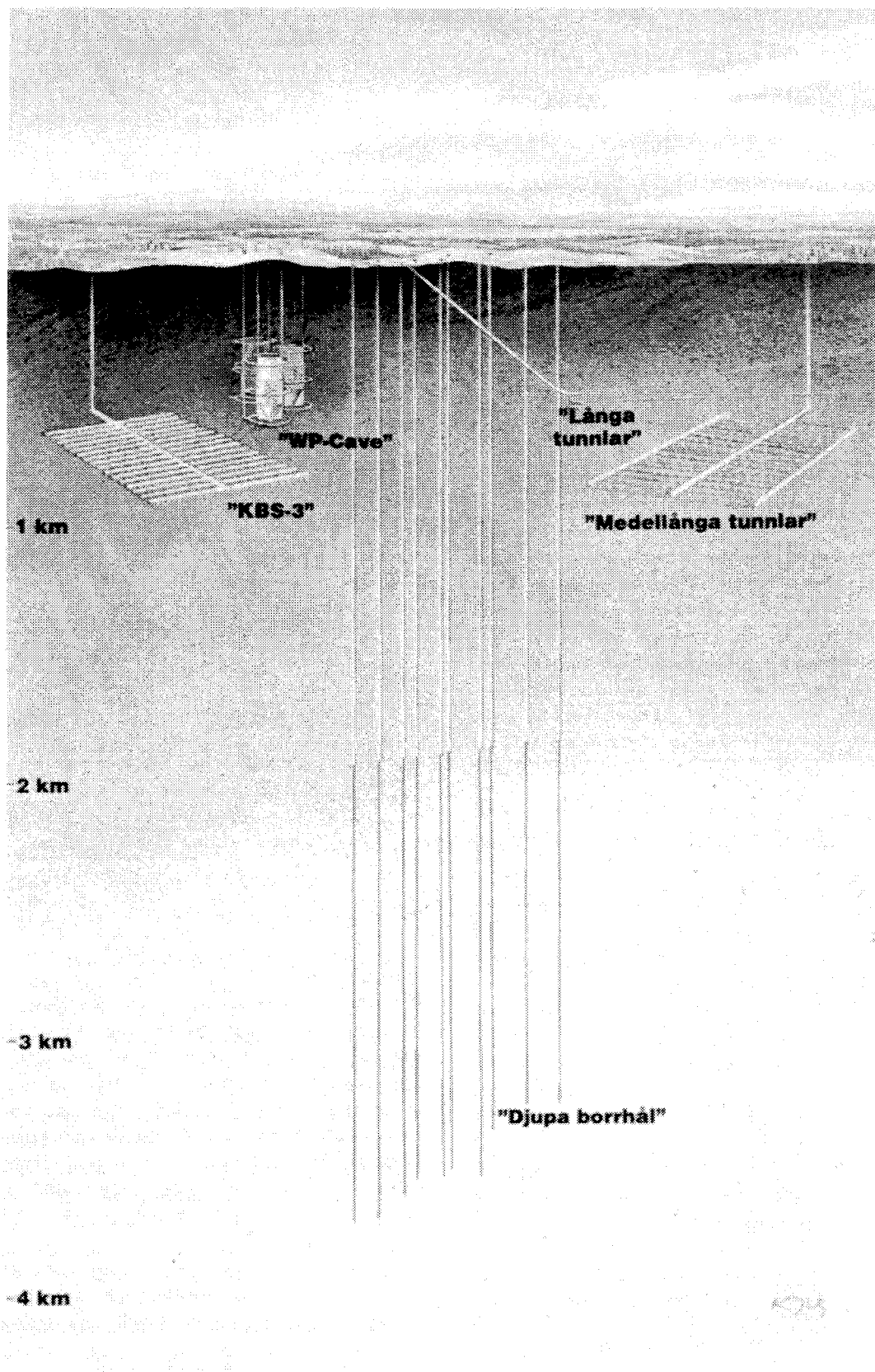
Transporter i anslutning till djupförvaret redovisas i kapitel 5.

3.1 KBS-3-metoden

Anläggningsbeskrivning

Ett djupförvar enligt KBS-3-metoden är förlagt ca 500 m ner i berggrunden. Förvaret består dels av en underjordsanläggning med deponeringsområden och servicefunktioner till dessa, dels av en ovanjordsanläggning med funktioner för transporter, drift av anläggningen, service och lagring av bergmassor.

Under jord består anläggningen av deponeringsområden för kapslar och ett särskilt mindre område för deponering av annat avfall. Där finns också ett centralområde med omlastningshall för transportbehållare och verkstäder samt personalutrymmen. Totalt omfattar anläggningarna under jord en volym på ca 1 – 1,5 miljoner m³. Deponeringsområdena för använt bränsle utgörs av deponeringstunnlar där kapslar med använt kärnbränsle placeras en och en i vertikalt borrhål i botten på tunnlarna. Kapslarna omges med tätpackad bentonit som fyller ut mellanrummet mot berget. När deponeringen avslutats i en tunnel återfylls denna med bergkross med eller utan inblandning av bentonit.



Figur 4 Alternativa utformningar av djupförvar.

Bergkross tas från de bergmassor som uppkommer vid byggande av tunnlar och berg-
rum. Kvartssand har diskuterats som alternativ till bergkross vid återfyllnad. En
anledning till detta är att det kalium som finns i bergkross skulle kunna ha en negativ
påverkan på bentonitbufferten. De studier och utredningar som gjorts hittills visar
emellertid att närvaro av kalium inte utgör något hot mot buffertens stabilitet vid de
förhållanden som råder i förvaret. Användande av bergkross för återfyllnad ses därför
som det mest troliga alternativet.

Deponeringsområdet för annat långlivat avfall består dels av bergrum liknande dem som
finns i slutförvaret för reaktoravfall i Forsmark (SFR) och dels av transporttunnlar runt
dessa bergrum. Bergrummen är avsedda för avfall från drift av CLAB och inkapslings-
anläggning, för avfall från Studsvik samt för hårdkomponenter och reaktorernas interna
delar. Tunnlarna kring bergrummen är avsedda för kortlivat, lågaktivt avfall, som upp-
kommer efter förslutning av SFR, t ex rivningsavfall från CLAB och inkapslingsanlägg-
ningen.

Anläggningen under jord står i förbindelse med ovanjordsanläggningen via schakt
och/eller en nerfartsramp. Nerfarten kan antingen utformas som en rak, sluttande
ramp eller som en spiralramp. I det första fallet kan anläggningar ovan och under jord
komma att ligga upp till 10 kilometer från varandra, med en mindre ovanjords-
anläggning rakt ovanför förvaret. I det senare fallet ligger ovanjordsanläggningen rakt
ovanför anläggningen under jord.

Byggande av förvar

Utbyggnaden av djupförvaret inleds med anläggningsarbeten ovan jord och byggande av
gemensamma utrymmen och de första deponeringsutrymmena under jord. Samtidigt
färdigställs utrustning för deponering och kringaktiviteter, och anslutande vägar och
eventuell järnväg byggs. Ungefär hälften av den totala bergvolymen tas ut under denna
tid som omfattar ca 5 – 6 år. Resterande mängd tas ut under förvarets driftperiod, vilket
alltså innebär att anläggningsskede och driftskede pågår parallellt.

Drivning av tunnlar och bergrum görs med sprängning och/eller borming.

Som mest sysselsätts ca 400 – 600 personer med anläggande av djupförvaret och
utbyggnad av omgivande infrastruktur.

Deponering av bränsle

Driften av djupförvaret beräknas pågå under ca 30 – 40 år. Totalt beräknas ca 4 500
kapslar med använt bränsle och ca 200 000 m³ annat avfall deponeras under denna tid.
Under ett inledande driftskede på ca 5 – 10 år deponeras ca 10 % eller ca 400 av
kapslarna, följt av en utvärdering av hela systemet. Detta görs för att ta tillvara drift-
erfarenheter och för att ha en möjlighet att vid behov återta de deponerade kapslarna (se
kapitel 4).

Hanteringen vid djupförvaret innebär att kapslar med använt bränsle transporteras ner
under jord i transportbehållare. Där överförs kapseln till en deponeringsmaskin, som kör

fram kapseln till aktuellt deponeringshål och sänker ner den. Kapseln omges med bentonit och deponeringstunneln återfylls när kapslar placerats i tunnelns samtliga deponeringshål. Kollin med annat avfall transporteras ner under jord i sina transportbehållare och deponeras i bergrum med samma metod som används i SFR. Transporterna under jord görs huvudsakligen med eldrivna fordon.

Den inledande driften beräknas sysselsätta ca 150 personer, medan personalbehovet vid reguljär drift ökar till omkring 220 personer.

Hantering av bergmassor

Det finns olika möjligheter för användning av de bergmassor som uppstår vid byggande av underjordsanläggningen. En stor del läggs på upplag för senare användning vid återfyllning av djupförvaret. Resterande mängder avyttras för annan användning. Behovet av krossning och sortering av bergmassorna beror på användningen av dem. Krossning och sortering av bergmassor vid djupförvaret kan ske under jord för att minska störningar i form av buller, damm och vibrationer.

3.1.1 Påverkan på markanvändning och landskapsbild

Ett markområde på ca 18 hektar beräknas bli utnyttjat för djupförvarets ovanjordsanläggningar. Dessutom kan ett upplag för bergmassor kräva ett utrymme på ytterligare ca 15 hektar, dvs ett totalt arealbehov på ca 0,3 km². Byggande av vägar och eventuell järnväg till anläggningen kan medföra att markområden på relativt stort avstånd från förvaret kommer till användning.

Anläggningarna ovan jord kan enligt en preliminär utformning bestå av ett industriområde med byggnader för drift, service och personalfunktioner. Dessutom tillkommer byggnader för ventilation av underjordsanläggningen. Om förvaret utformas med en sluttande ramp med anläggning under jord och ovan jord på stort avstånd från varandra tillkommer byggnader för ventilation utanför industriområdet, liksom en mindre anläggning för personal, besökare, ventilation m m ovanför förvaret.

De ytor som används under byggande och drift av förvaret återställs så långt det är möjligt till ursprungligt skick när driften av förvaret har avslutats. En prövning görs om det finns fortsatt behov av de vägar och eventuella järnvägar som byggts i anslutning till djupförvaret. I annat fall återställs också denna mark.

3.1.2 Påverkan på luft och vatten

Drivning av tunnlar och förvarsutrymmen i berget kan göras genom sprängning och/eller borrhning. Vid sprängning uppstår påverkan på omgivande vatten och luft på grund av gödande och försurande kväveoxider. Mängderna är dels beroende på kvantiteten sprängmedel, dels i hög grad beroende på vilken typ av sprängmedel som används.

Damm och stoft från drivning av tunnlar och berggrum kan bindas upp med vatten och omhändertas vid slamavskiljning av detta. Någon påverkan på luftkvaliteten på grund av stoftbildning sker därför inte. Damm från krossning av bergmassor kan begränsas genom att krossen byggs in och även genom att krossningen genomförs under jord.

Grundvattenytan sänks lokalt i samband med byggande och drift av anläggningen under jord. Storleken på sänkningen beror på bergets sprickighet och på omfattningen av tätning av sprickor. Erfarenheter från gruvdrift och från Äspölaboratoriet visar att upp till någon kubikmeter vatten per minut kan behöva pumpas upp när anläggningen är fullt utbyggd. Detta kan medföra en sänkning av grundvattenytan som påverkar vattentillgången i brunnar på någon eller några kilometers avstånd. Området där vatteninnehållet i ovanliggande jordar påverkas beräknas bli mindre, men markområden och därmed känslig växtlighet i nära anslutning till schakt och tunnelpåslag kan påverkas av den sänkta grundvattenytan. Grundvattennivån beräknas ha återställts till ursprunglig nivå något tiotal år efter förslutning av förvaret.

Koppar (ca 35 000 ton), bly (ca 120 ton), kadmium (ca 1 ton) och beryllium (ca 0,3 ton) tillförs förvaret dels i konstruktionsmaterial för behållare, dels i det avfall från forskningsverksamhet som förs till deponeringsområdet för annat avfall. Ett eventuellt läckage av dessa metaller förorsakar inte någon försämring av vattenkvaliteten i omgivande brunnar enligt de beräkningar som gjorts.

Läckage från lagrade bergmassor bedöms inte ge upphov till några nämnvärda mängder av miljöstörande ämnen i omgivningen. Skulle det emellertid visa sig att bergmassornas innehåll är sådant att miljöstörande läckage kan uppstå, måste en täckning av massorna göras för att förhindra detta.

Vattenförbrukningen vid anläggningen beräknas bli ca 100 m³/dygn. Detta vatten hämtas troligen från en lokal vattentäkt. Ett utbyggt VA-system med rening av avloppsvatten krävs.

3.1.3 Förbrukning av naturresurser

För återfyllnad av förvaret används ca 15 000 ton bentonitlera per år. Denna kan importeras från bland annat medelhavsområdet och USA. Ca 45 000 ton kvartssand per år kan komma till användning som återfyllnadsmaterial. Detta behov kan minska eller helt utebli om sanden kan ersättas med krossat berg. Kwartssand kan hämtas från södra Östersjön. Uttaget av kvartssand ska göras på ett sådant sätt att störningarna för den omgivande miljön minimeras.

3.1.4 Annan påverkan

Buller och vibrationer

Drivning av tunnlar och berggrum görs troligen med en kombination av sprängning och borrhning. Borrhning är helt störningsfri för omgivningen, medan sprängning ger upphov till ett visst buller och vibrationer.

Omgivande buller och vibrationer från krossning av bergmassor kan hållas på en mycket låg nivå genom att krossningen sker nere i berget.

Ventilationen av förvaret innebär ett visst buller, som kan utgå från flera byggnader även utanför industriområdet om anläggningar under respektive ovan jord placeras på stort avstånd från varandra. Ljuddämpning används för att minimera ljudnivåerna från ventilationsbyggnaderna.

Temperaturförhöjning

Temperaturförhöjningen vid markytan ovanför förvaret på grund av bränslets värmeutveckling beräknas aldrig komma att överstiga några tiondels grader vilket ses som försumbart.

Avfall

Byggavfall från anläggningsarbetena källsorteras och återvinns där så är möjligt.

Olja som avskiljs från uppumpat grundvatten omhändertas som farligt avfall.

3.2 Alternativa utformningar

Många av de miljöpåverkande faktorer som redovisats för KBS-3-metoden i avsnitt 3.1 ovan uppkommer även för andra utformningar av ett djupförvar. I detta avsnitt redovisas kortfattat principerna för några alternativa utformningar av ett djupförvar och om miljöpåverkan skiljer sig från KBS-3-alternativet.

3.2.1 Medellånga tunnlar

Ett djupförvar som grundas på ett utförande med medellånga tunnlar kan ses som en variant på KBS-3, placerat på samma djup som detta dvs ca 500 m. Anläggningen består av ett antal parallella, horisontella deponeringstunnlar med en längd på ca 250 m, som alla står i förbindelse med en centraltunnel och en sidotunnel. Kapslar med använt bränsle deponeras horisontellt i rad i deponeringstunnlarna och omges av tätpackad bentonit. Övriga delar av anläggningen, såväl ovan som under jord, är i princip likadana som i KBS-3-alternativet och mängden personal som sysselsätts är av samma storleksordning i de båda fallen.

Bergmassor

Underjordsanläggningen har en total volym på ca 530 000 m³, eller ca hälften av volymen i KBS-3-alternativet. Sprängning och bormning används för drivning av tunnlar och schakt.

Grundvatten

Påverkan på grundvattnet i omgivningen är i princip likadan som för KBS-3.

Förbrukning av naturresurser

En något mindre mängd bentonit och sand åtgår för återfyllnad av förvaret än för KBS-3.

3.2.2 Långa tunnlar

Ett djupförvar bestående av långa tunnlar placeras på samma djup som ett förvar enligt KBS-3 metoden och har liksom detta förbindelse med anläggningarna ovan jord via ett schakt och en ramp. Deponeringsområdet utgörs av tre parallella, horisontella tunnlar, var och en med en längd på ca 4,5 km och på ca 100 m avstånd från varandra. Kapslarna placeras horisontellt i rad i centrum av tunnelarna, med bentonit kring varje kapsel. Anläggningen under jord består dessutom av en undersökningstunnel på 600 m nivå och en central del med samma utformning och funktion som serviceutrymmet under jord i KBS-3-alternativet. Ovanjordsdelen av anläggningen skiljer sig inte från KBS-3 och inte heller mängden personal som sysselsätts vid drift av anläggningen.

Bergmassor

Underjordsanläggningen har en total volym på ca 330 000 m³ d v s ungefär en tredjedel av volymen i KBS-3-alternativet. Sprängning och bormning används för drivning av tunnlar och schakt.

Grundvatten

I de studier som tidigare gjorts om långa tunnlar har förutsättningen varit att dessa tunnlar förläggs under havsbotten, vilket i så fall leder till stabila grundvattenförhållanden. Påverkan på grundvattenförhållanden av ett förvar lokaliserat under land kräver därför ytterligare utredning.

Förbrukning av naturresurser

Mängden bentonit och sand som åtgår för återfyllnad av förvaret blir ca hälften av den mängd som åtgår för KBS-3.

3.2.3 Djupa borrhål

Ett förvar bestående av djupa borrhål innebär att kapslar med bränsle placeras staplade på varandra, omgivna av bentonit, i 2 – 4 km djupa hål. Förvaret utgörs av flera djupa borrhål med ett inbördes avstånd på ca 500 m. På varje borrhålls plats erfordras ovanjordsanläggningar med borrhög, bodar, verkstad och slamhantering. Till varje borrhål dras också vägar, ledningar för el, VA etc.

I samband med utredningar av detta alternativ till djupförvar diskuterades en tätare packning av det använda bränslet i kapslarna. Detta skulle medföra en mer kompakt lagring och att förvaret upptar en mindre total volym, eller i detta fall ett mindre antal djupa borrhål. Beroende på vilken teknik som väljs för inkapsling består deponeringsområdet av mellan 19 och 38 borrhål och upptar ett område på mellan 3 km² och 7 km².

Påverkan på markanvändning och landskapsbild

Ett betydligt större markområde tas i anspråk än vad som är fallet i KBS-3.

Bergmassor

Ca 80 000 – 160 000 m³ berg tas ut beroende på metod för inkapsling av bränsle, d v s en betydligt mindre mängd än för KBS-3. De bergmassor som uppkommer används inte som återfyllnadsmaterial, utan måste avyttras för annan användning.

Grundvatten

Påverkan på grundvatten och grundvattenströmmar i området kring förvaret beror på hur effektivt borrhålen tätas med bentonit. Påverkan på grundvattnet är emellertid i princip den samma som för KBS-3, d v s en avsänkning kring förvaret under anläggande och drift av detta men troligen mera lokalt.

Förbrukning av naturresurser

Ingen sand förbrukas vid återfyllning av förvaret, medan förbrukningen av bentonit är av samma storleksordning som för KBS-3.

3.2.4 WP-Cave

Den grundläggande skillnaden mellan ett förvar enligt WP-Cave-metoden och KBS-3, är att det inkapslade bränslet i ett WP-Cave-förvar placeras i en relativt liten koncentrerad bergvolym som omges av en tjock lerbarriär och en sk hydraulisk bur. KBS-3 bygger däremot på principen att kapslarna med bränsle fördelas över en större bergvolym och att varje kapsel omges av en egen lerbarriär. En konsekvens av att koncentrera bränslet till en mindre volym är att temperaturen i kapslarnas omgivning blir högre.

WP-Cave är utformat så att det använda bränslet placeras i centrum av anläggningen och omges av en barriär av berg. Runt denna anläggs ytterligare en barriär med en blandning av bentonit och sand. Utanför barriärerna arrangeras en hydraulisk bur.

Totalt skulle sju WP-Cave-förvar behövas för lagring av samma kvantitet bränsle som planeras för ett förvar enligt KBS-3-metoden. Varje WP-Cave-förvar har en höjd på ca 11 m och en total vertikal utsträckning, inklusive den hydrauliska buren, på ca 400 m. På grund av den höga temperaturen behöver förvaret luftkylas under ca 100 år innan det försluts.

Påverkan på markanvändning och landskapsbild

Enligt den utformning av WP-Cave som redovisas här skulle sju förvar krävas för omhändertagande av bränslet från de svenska kärnkraftverken. Eftersom det ställs höga krav på det berg som används, kan man troligen inte förlägga alla dessa i anslutning till varandra, utan behöver lokalisera dem till ett antal olika platser. Detta innebär att alla funktioner kring ett förvar och därmed byggnader ovan jord måste finnas på samtliga dessa platser.

Grundvatten

Påverkan på grundvattnet är i princip den samma som för KBS-3, d v s en avsänkning i närområdet i samband med byggande och drift av förvaret. Avsänkningen och påverkansområdet blir troligen mindre, eftersom förvaret planeras till ett mindre djup och lokaliseras till berg med mycket litet innehåll av sprickor. Nivån på grundvattnet återställs sakta efter förslutning av förvaret.

Bergmassor

WP-Cave utgör ett kompakt sätt för lagring av bränsle vilket betyder att den volym berg som behöver tas ut för förvaret blir mindre än den volym som krävs för KBS-3. Däremot kan bergmassorna inte användas för återfyllnad av förvaret i detta fall utan måste avyttras för annan användning.

Buller

I planeringen för WP-Cave ingår att förvaret ska hållas luftkyllt under ca 100 år före förslutning av förvaret. Detta innebär att fläktsystem är i drift och förorsakar ett visst buller under denna tid.

3.3 Slutsatser

Den icke radiologiska miljöpåverkan från fem alternativa utformningar av geologiska djupförvar har beskrivits i avsnitten 3.1 och 3.2 ovan. Samtliga dessa typer av förvar innebär en påverkan på miljön genom:

- lokal grundvattenavsänkning

- utnyttjande av markområden för ovanjordsanläggningar
- hantering och lagring av bergmassor
- förbrukning av bentonitlera och eventuellt kvartssand
- buller från ventilation och eventuell sprängning

Miljöpåverkan från de tre alternativen KBS-3, medellånga tunnlar och långa tunnlar är likartad, eftersom det endast är förvarsdelen som har olika utförande, medan ovanjordsanläggningarna och övriga anläggningar under jord har samma principiella utförande. Påverkan på landskapsbild och markanvändning är således den samma i dessa tre fall. KBS-3-metoden upptar en större volym under jord än de andra två alternativen. Medellånga tunnlar upptar ca hälften så stor volym som KBS-3 och långa tunnlar ca en tredjedel. Detta leder i sin tur till större mängd bergmassor för KBS-3-alternativet. Dessutom är åtgången av bentonitlera och eventuell kvartssand större för KBS-3-alternativet än för medellånga tunnlar och långa tunnlar. Omfattningen på grundvattenavsänkningen beror till stor del på lokala förhållanden, men det bör inte vara någon större skillnad mellan dessa tre alternativ.

WP-Cave och djupa borrhål medför båda att betydligt större områden tas i anspråk för ovanjordsanläggningar. Däremot är anläggningarna under jord mindre för dessa två typer av förvar än för de övriga tre. Detta leder till mindre volymer bergmassor, som emellertid inte kan användas för återfyllnad av förvaret, utan måste avyttras för annan användning. Grundvattenavsänkningen bör vara mindre för dessa två typer av förvar än för de tre övriga, eftersom anläggningarna under jord är mindre och tätningen av förvaren är mer omfattande.

4 ÅTERTAG AV BRÄNSLE

Ca 10 % eller ca 400 kapslar med använt kärnbränsle deponeras under ett inledande driftskede av djupförvaret. Erfarenheterna från detta utvärderas sedan under flera år. Om det skulle visa sig att man därefter vill använda en annan metod för att ta hand om det använda bränslet måste kapslarna återtas och föras till någon typ av mellanlager.

Det finns ett antal möjliga alternativ för lokalisering av ett sådant mellanlager. Det är emellertid rimligt att anta att mellanlagringen sker i anslutning till djupförvaret om kapslarna återförs dit efter förändringar i förvaret. Om djupförvaret helt överges efter återtag av kapslar lagras dessa troligen i anslutning till inkapslingsanläggningen eller CLAB.

Ett lager för återtagna kapslar kan utformas på ett flertal olika sätt. I denna studie antas att lagret antingen lokaliseras till en byggnad i marknivå eller att det utformas som ett enklare bergrumslager. I båda fallen krävs luftkylning av lagret för att avlägsna den värme som avges från det inkapslade bränslet.

Ett lager i marknivå är troligen utformat så att kapslar med bränsle placeras under ett strålskärmande golv. Ovanför detta finns utrymme för hanteringsutrustning för förflyttning av kapslar. Mellanlager i bergrum finns t ex i Studsvik och vid Oskarshamn kärnkraftverk där avfall lagras i avvaktan på transport till slutförvar.

Metod för återtag av kapslar från djupförvaret och tiden det tar att genomföra det är bl a beroende av om deponeringstunnlarna har återfyllts med fyllnadsmaterial och om bentoniten kring kapslarna har hunnit ta upp vatten. Om detta skett kan förfarandet bli tidskrävande, men ytterligare utredning krävs kring dessa frågor.

Påverkan på markanvändning och landskapsbild

Ett mellanlager för återtagna kapslar vid CLAB eller inkapslingsanläggningen innebär att nya byggnader uppförs i anslutning till en befintlig anläggning inom ett industriområde. Ytterligare påverkan på markanvändning och landskapsbild på grund av detta lager begränsas därmed.

Bentonitlera och kvartssand/bergkross som tas ut i djupförvaret i samband med återtag av kapslar från förvaret förutsätts bli kvarlämnat under jord och därför inte medföra någon omgivningspåverkan.

Bergmassor

Vid byggande av ett bergrumslager ska de bergmassor som uppkommer omhändertas. Rutiner för omhändertagande av bergmassor bör finnas på platsen sedan tidigare utsprängning i samband med byggande av inkapslingsanläggning eller CLAB.

Grundvatten

Ett mindre bergrum som lokaliseras relativt nära ytan och som tätas från inläckande grundvatten bedöms ge en mycket liten grundvattenpåverkan i omgivningen.

Buller

Buller uppstår i samband med utsprängning av ett förvar i berget. Kylning av förvaret kan medföra buller från fläktar.

5 TRANSPORTER

Ett behov föreligger av ett antal transporter av olika slag till och mellan de olika anläggningarna. Transporter av använt bränsle och annat radioaktivt avfall görs i strålskärmande transportbehållare, speciellt avsedda för ändamålet. Dessa behållare väger upp till 80 ton med innehåll, vilket leder till en ganska stor mängd tunga transporter. Större kvantiteter av bentonit och eventuellt kvartssand behöver fraktas till djupförvaret, samtidigt som det kan uppkomma behov av borttransport av bergmassor. Till detta kommer ett transportbehov för den personal som arbetar vid anläggningarna, för besökare till anläggningarna och för gods i mindre volymer.

Som tidigare nämnts är varken djupförvar, inkapslingsanläggning eller kapselfabrik hittills lokaliserade till någon bestämd plats. Detta leder till att varken transportmedel eller sträckor kan specificeras. Därför går det inte att i detta läge göra någon beräkning av de totala utsläppen på grund av transporter. I denna studie redovisas därför miljöpåverkan från olika transportmedel i form av emissionsfaktorer för dessa. En uppskattning av ungefärliga mängder gods och antal personer som transporteras till och från de olika anläggningarna har också gjorts. Dessa underlag kan sedan användas för att beräkna utsläpp från transporter när val av lokalisering och transportmedel gjorts.

5.1 Miljöpåverkan av olika transportmedel

Båt, järnväg eller landsväg är de transportsätt som kan bli aktuella för det radioaktiva avfallet och annat gods i större kvantiteter. Vid lokalisering av anläggningar i inlandet och med stora avstånd används troligen en kombination av båt och järnväg/landsväg. Till detta kommer transporter av personal och besökare med personbilar och/eller bussar, och transporter av gods i mindre kvantiteter. Detta avsnitt innehåller en allmän redovisning av vilken miljöpåverkan olika transportmedel har. För att bedöma utsläpp till luft från olika transportmedel har bl a Statens Naturvårdsverk (SNV) och Banverket tagit fram emissionsfaktorer för olika luftförorenande ämnen som svaveloxider (SO_x), kväveoxider (NO_x), koldioxid (CO_2), koloxid (CO), kolväten (HC) och partiklar.

5.1.1 Sjötransporter

SKB använder fartyget M/S Sigyn för transporter av använt kärnbränsle och annat avfall från kärnkraftverken till CLAB och för transporter av radioaktivt driftavfall till SFR. M/S Sigyn eller liknande fartyg bör därför kunna komma till användning för sjötransporter av bränsle från CLAB till inkapslingsanläggningen och för transporter av inkapslat bränsle och annat avfall till djupförvaret från inkapslingsanläggningen, CLAB och Studsvik. M/S Sigyn har 10 positioner för transportbehållare och har därmed en last på upp till ca 800 ton per transport. M/S Sigyn är ett kombinerat ro/ro ("roll-on/roll-off"), lo/lo ("lift-on/lift-off") fartyg. Inga emissionsmätningar har gjorts för fartyget,

men generella emissionsfaktorer som angivits av SNV för olika fartygstyper finns redovisade i tabell 1.

Även annat gods behöver fraktas till djupförvaret i sådana mängder att sjötransport kan bli aktuellt. Detta gäller bentonit och eventuellt kvartssand. Borttransport av bergmassor kan också göras med båt.

Tabell 1 Emissionsfaktorer för sjötransporter. (Källa: Naturvårdsverket)

Fartygskategori	Emissioner (g/ton km)			
	SO _x	NO _x	CO ₂	Partiklar
Tank	0,30	0,4	17	0,009
Bulk	0,30	0,4	17	0,009
Styckegods ro/ro	0,36	0,4	19	0,011
Styckegods lo/lo	0,48	0,6	26	0,014

5.1.2 Järnvägstrafik

Järnväg kan användas för godstransporter till och från de olika anläggningarna. I de förstudier för djupförvar som gjorts för några orter, diskuteras möjligheterna att dra en järnvägslinje fram till djupförvaret och att anlägga en godsbangård i anslutning till förvaret.

Den elektrifierade järnvägen har i sig inga emissioner, och produktionen av el till järnvägstrafik har inte inkluderats i denna studie. Transporter med el-drivna tåg anses därför i detta sammanhang inte leda till några luftburna utsläpp.

För den dieseldrivna järnvägstrafiken har SNV och Banverket angivit emissionsfaktorer som redovisas tabell 2. Faktorena är beräknade för tåg lastade till hälften med gods. Banverkets målsättning är att inte använda dieseldriven järnvägstrafik för längre transportsträckor. Därför kan sådana transporter troligen bara bli aktuella om två anläggningar lokaliserats på kort avstånd från varandra eller om en anläggning förläggs nära en hamn dit godset först förs med båt.

Tabell 2 Emissionsfaktorer för järnvägstrafik. (Källa: Banverket)

Typ av tåg	Emissioner (g/ton km)				
	SO _x	NO _x	CO ₂	CO	HC
Eldrivna tåg	0	0	0	0	0
Dieseldrivet godståg	0,032	0,57	22,2	0,03	0,022

Banverket har i sin policy angående buller rekommenderat riktvärden för bullernivåer. Enligt denna policy ska ljudnivån inte överstiga 75 dBA för en befintlig järnväg respektive 60 dBA för nybyggnad. Detta gäller dygnsvärden utomhus vid t ex permanentbebyggelse och rekreationsytor.

5.1.3 Vägtrafik

Det finns ett behov av transporter på landsväg till och från anläggningarna oberoende av deras lokalisering till kust eller inland. Personal som arbetar vid anläggningarna och besökare till dem har behov av transporter, och en viss mängd gods i mindre kvantiteter är mest effektivt att transportera på landsväg. Det är också aktuellt med interna transporter vid anläggningarna med olika typer av fordon. Transporter med använt bränsle och annat avfall kan utföras på landsväg vid en lokalisering av anläggningar till inlandet.

SNV anger emissionsfaktorer för personbilar och bussar som redovisas i tabell 3. I tabell 4 redovisas emissionsfaktorer från äldre (före 1992) och nyare (efter 1996) tunga lastbilar. Tunga lastbilar från åren där emellan har emissionsfaktorer som ligger mellan värdena för de två redovisade kategorierna.

Tabell 3 Emissionsfaktorer för persontrafik (Källa: Naturvårdsverket)

Typ av fordon	Emissioner (g/person km)				
	NO _x	CO ₂	CO	HC	Partiklar
Personbil utan katalysator	2,6	200	30	4,5	0,050
Personbil, miljöklass 1	0,27	185	3,1	0,1	0,01
Buss, miljöklass 1 och 2 ¹	0,2	24	0,06	0,04	0,004

¹ beräknat för buss med 50 passagerare

Tabell 4 Emissionsfaktorer för tunga lastbilar. (Källa: Nätverk för godstransporter och miljö)

Typ av tung lastbil	Emissioner (g/ton km)					
	SO _x	NO _x	CO ₂	CO	HC	Partiklar
Äldre än 1992	0,0003	0,67	41	0,09	0,09	0,026
Nyare än 1996	0,0003	0,41	41	0,045	0,026	0,0071

Buller från en landsväg beror givetvis på hur hård trafikbelastningen är på denna. Som exempel kan emellertid nämnas att en tung lastbil ger 90 dBA på 10 m avstånd och en personbil ger 80 dBA på samma avstånd. Avståndet från bullerkällan minskar ljudnivån så att ljudet avtar med 3 dBA för varje fördubbling av avståndet.

5.2 Transportbehov

I detta avsnitt redovisas det beräknade transportbehovet i systemet för djupförvaring av använt kärnbränsle. Studien omfattar transporter av:

- tom kapsel, använt bränsle, annat avfall och personal till inkapslingsanläggningen
- inkapslat bränsle, annat avfall, bentonit, kvartssand och personal till djupförvaret
- bergmassor från djupförvaret.

I redovisningen görs antagandet att CLAB, kapselfabrik, inkapslingsanläggning och djupförvar lokaliserats till olika platser. En lokalisering av anläggningar inom samma område skulle givetvis innebära att transportbehovet minskar, t ex en lokalisering av inkapslingsanläggningen i anslutning till CLAB eller djupförvaret.

5.2.1 Inkapslingsanläggning

Transporter till inkapslingsanläggningen utgörs av tomma kapslar från kapselfabriken, och använt bränsle och annat avfall från CLAB. Dessutom tillkommer transporter av personal till och från anläggningen och ett mindre antal övriga godstransporter. Lokalisering av en inkapslingsanläggning kan ske:

- vid CLAB
- vid djupförvaret
- vid annan kärnteknisk anläggning
- på annan ort.

I tabell 5 anges det förväntade transportbehovet av gods till inkapslingsanläggningen vid en lokalisering skild från CLAB. (Transporter från inkapslingsanläggning till djupförvar redovisas i avsnitt 5.2.2.). Utöver vad som redovisas i tabell 5 tillkommer dagliga transporter av personal till och från anläggningen. Vid lokalisering skild från CLAB krävs större mängd personal och därmed större antal transporter för dessa. Till detta kan komma ett antal buss- och personbilstransporter per år i samband med visning av anläggningen för allmänheten. Antalet transporter av övrigt gods förväntas bli litet.

Tabell 5 Behov av godstransporter till inkapslingsanläggningen under drift.

Typ av gods	Antal/år	Vikt (ton)	Leverans från
tom kapsel	200	21	kapselabrik
transportbehållare med använt bränsle	140	80	CLAB

Bränsleelement och hårdkomponenter som lagras i CLAB överförs till transportbehållare för transport till inkapslingsanläggningen. Detta sker sannolikt på motsvarande sätt och med samma typ av transportbehållare som används för nuvarande transporter från kärnkraftverken till CLAB. Transporter av tomma kapslar från en kapselabrik kräver inga speciella arrangemang.

5.2.2 Djupförvar

Två huvudtyper av gods, dels tunga enskilda enheter av inkapslat bränsle och annat radioaktivt avfall, dels massgods i form av bentonitlera och eventuell sand, behöver transporteras till djupförvaret. Dessutom tillkommer transporter av personal till och från anläggningen och eventuellt också transporter av bergmassor från anläggningen. Möjlig lokalisering av djupförvaret är:

- vid inkapslingsanläggningen
- i inlandet
- vid kusten.

Djupförvaret har antagits vara utformat enligt KBS-3-alternativet. Mängden radioaktivt material som förs till anläggningen blir det samma för de olika förvaralternativen, medan erforderligt antal transporter av annat gods, som bentonit och sand, kan variera mellan olika typer av förvar.

Behovet av godstransporter vid djupförvaret redovisas i tabell 6. Till detta kommer transporter av personal motsvarande ca 3 – 4 busstransporter eller maximalt 150 – 220 personbilar per dag i vardera riktning och ett antal persontransporter för visning av anläggningen för allmänheten. Antalet övriga godstransporter förväntas bli litet.

Tabell 6 Transportbehov vid reguljär drift av djupförvaret.

Typ av gods	Antal/år	Vikt/kolli (ton)	Leverans från/till
transportbehållare med inkapslat bränsle	200	65	från inkapslingsanläggning
transportbehållare med annat avfall	100	70	från Studsvik, CLAB, inkapslingsanläggning
container med bentonitlera	720	20	från medelhavsområdet, USA
skeppslast med kvartssand	10 ¹	4 500	från södra Östersjön
bergkross		3-5 miljoner ^{1,2}	till okänd ort

¹ vid användning av kvartssand istället för bergkross vid återfyllnad.

² totalt antal ton (större delen produceras under utbyggnadsskedet, under drift produceras ca 500 ton/år).

Kapslar med använt bränsle och behållare med annat avfall transporteras i strål-skrämmande transportbehållare. De tomma transportbehållarna transporteras i retur för användning vid nya leveranser till djupförvaret. Bentonit kan fraktas till sjöss i container för att vid behov omlastas till lastbil eller tåg. Om kvartssand används för återfyllning av förvaret, kan detta fraktas till sjöss på bulkfartyg eller pråm. Användning av kvartssand leder också till ett behov av bortförsel av bergkross som utgör ett alternativt återfyllnadsmaterial. Eventuellt kan de fordon som använts för ditförsel av bentonit och kvartssand vid retur användas för dessa bergmassor.

5.2.3 Återtag av kapslar

Ett lager för återtagna kapslar kan komma att lokaliseras till CLAB eller inkapslingsanläggningen. Därvid uppkommer transporter av de ca 400 kapslar som deponerats under den inledande driftperioden till någon av dessa platser. Dessa returtransporter genomförs på samma sätt som transportererna av inkapslat bränsle från inkapslingsanläggningen till djupförvaret. Frekvensen av transporter beror på den tid det tar att ta upp kapslarna ur djupförvaret, vilket kräver ytterligare utredning för att klargöra.

5.3 Slutsatser

Transportbehovet och möjligheten att använda olika transportmedel är beroende av såväl inkapslingsanläggningens som djupförvarets lokalisering. De mycket tunga transportererna av transportbehållare med radioaktivt material kan göras till sjöss, på järnväg eller på landsväg. En lokalisering av anläggningarna nära CLAB medför att

dessa transporter begränsas till att omfatta transporter från Studsvik, samt eventuellt korta transporter mellan inkapslingsanläggning och ett närliggande djupförvar.

Annan lokalisering av dessa anläggningar medför ett behov av transporter, dels från CLAB till inkapslingsanläggningen och dels från inkapslingsanläggningen, CLAB och Studsvik till djupförvaret. Miljöpåverkan från dessa transporter beror dels på utsläpp och buller från de fordon som används vid transporterna, dels på hur ett eventuellt byggande av ny järnväg, väg eller hamn påverkar miljön. Transporter med el-drivna tåg har fördelen att utsläppen av föroreningar till luft blir mycket låga (detta gäller även om hänsyn tas till utsläpp från el-produktion). Däremot kan störningar i form av buller uppkomma från järnvägstrafik. Transporter till sjöss medför större utsläpp till luft än järnvägsfrakter, medan buller i allmänhet blir ett mindre problem. Transporter på landsväg medför större utsläpp av föroreningar till luft än järnvägstrafik. De mycket tunga transporterna av radioaktivt material kan dessutom innebära problem med landsvägarnas bärighet, som ofta är begränsad till 60 ton totalvikt. En fördel med landsvägstransporter är den större flexibiliteten, med möjlighet att transportera enstaka transportbehållare, vilket leder till mindre behov av tillfälliga lagringsutrymmen vid anläggningarna.

En lokalisering av anläggningarna vid kusten medför att transporter mellan dessa kan ske till sjöss. Det är dock inte självklart att detta utgör det miljömässigt bästa alternativet. El-drivna tåg ger betydligt lägre utsläpp än båtar, men kan medföra större störningar i form av buller. Miljöpåverkan uppkommer också i samband med eventuellt byggande av anslutande järnvägslinje. Användning av anslutande landsvägstransporter till närliggande järnväg, som alternativ till en utbyggnad, innebär också en ökning av utsläppen. De miljömässiga aspekterna av de två alternativen järnväg eller båt behöver således jämföras närmare när lokalisering av anläggningarna gjorts så att de lokala förhållandena är kända.

En lokalisering av anläggningarna till inlandet medför att kortare transporter görs per järnväg och/eller landsväg. För mycket långväga transporter kan det även vid en lokalisering i inlandet bli aktuellt att frakta gods till närliggande hamn för vidare transporter till sjöss. Samma principiella miljömässiga förutsättningar gäller för transporter vid lokalisering i inlandet som till kusten, d v s att el-driven järnvägstrafik har minst utsläpp till luft, men att även andra aspekter måste vägas in för en bedömning av den totala miljöpåverkan.

6 SAMMANFATTANDE SLUTSATSER

Ett geologiskt djupförvar för använt kärnbränsle och annat radioaktivt avfall kan utformas på olika sätt, som också leder till skillnader i icke radiologisk miljöpåverkan. De fem alternativ som har ingått i denna studie är: KBS-3, medellånga tunnlar, långa tunnlar, djupa borrhål och WP-Cave. Av dessa leder de tre förstnämnda till likartad påverkan på miljön, med den skillnaden att KBS-3 ger större mängder bergmassor och större förbrukning av bentonitlera och eventuell kvartssand än medellånga och långa tunnlar. Omfattningen på grundvattenavsänkningen beror till stor del på lokala förhållanden men bör inte innebära några större skillnader mellan dessa tre alternativ. Djupa borrhål och WP-Cave medför båda att betydligt större markområden tas i anspråk för anläggningar ovan jord än de tre övriga alternativen. Mängden bergmassor blir mindre för dessa två alternativ, men kan inte användas för återfyllnad av förvaret. Avsänkningen av grundvatten bör bli mer lokal för djupa borrhål och WP-Cave än för de övriga alternativen, eftersom förvarsvolymererna blir mindre och tätningen av förvaren blir mer omfattande.

Omfattningen av transporter och vilka typer av transportmedel som kan bli aktuella beror på inkapslingsanläggningens och djupförvarets lokalisering. En lokalisering av båda dessa anläggningar vid CLAB medför att behovet av mycket tunga transporter av radioaktivt material blir begränsat. Annan lokalisering, till inlandet eller vid kusten, innebär att transporterna kan ske med något eller några av alternativen båt, järnväg eller landsväg. För samtliga dessa transportmedel gäller att miljöpåverkan på grund av utsläpp och buller från fordon, såväl som påverkan på miljön från eventuell nybyggnad av järnväg, väg eller hamn måste vägas in för en helhetsbedömning. Transporter med eldriven järnväg ger mycket små utsläpp till luft, men kan ge upphov till mer omfattande störningar i form av buller än sjötransporter. Närheten till befintlig järnväg och miljöpåverkan från byggande av anslutande linjer måste bedömas när lokalisering av anläggningarna gjorts. Landsvägstransporter av mycket tunga transportbehållare med innehåll kan innebära att landsvägarnas bärighet överskrids och att dessa därför måste förstärkas. Däremot kan behållarna transporteras en och en på landsväg, vilket medför att behovet av tillfälliga lagringsutrymmen vid anläggningarna blir mindre.

En senareläggning av tidpunkten för byggande och drift av inkapslingsanläggning och djupförvar, med längre tids lagring av det använda bränslet i CLAB, leder inte till någon principiell förändring av påverkan på miljön.

7 LITTERATUR

Nedan redovisas den litteratur som använts som källmaterial i studien.

Allmänt

FUD-PROGRAM 95

Kärnkraftavfallens behandling och slutförvaring. Program för inkapsling, geologisk djupförvaring samt forskning utveckling och demonstration.
SKB, september 1995.

Förstudie Malå. Slutrapport

SKB Djupförvar Lokalisering, mars 1996.

Förstudie Nyköping. Preliminär slutrapport.

SKB Djupförvar Lokalisering, maj 1997.

Förstudie Storuman. Slutrapport.

SKB Djupförvar Lokalisering, januari 1995.

Planeringsrapport för miljökonsekvensbeskrivning MKB.

SKB Inkapsling Projekt PM 95-3410-01, december 1995.

Inkapsling

Aggeryd I, Hallberg B

Inkapslingsanläggning. Icke kärntekniska miljökonsekvenser.
Under utarbetande.

Andersson C-G

Utformning av en produktionsenhet för tillverkning av kapslar för slutförvaring av använt kärnbränsle. Version 1.

SKB Inkapsling Projektrapport PR 97-05, augusti 1997.

Gillin K

Preliminär beskrivning av inkapslingsprocessen för använt kärnbränsle.

SKB Inkapsling Projektrapport PR 95-10, juni 1995.

Inkapslingsanläggning. Preliminär anläggningsbeskrivning. Layout D.

SKB Inkapsling Projektrapport PR 96-08, juli 1996.

Djupförvar

Ageskog L, Högbom T

Project on alternative systems study – PASS. Cost comparison of repository systems.
SKB Technical Report TR 92-44, september 1992.

Andersson J, Jennnervik A

Vattenpåverkan vid bergarbeten.

SKB Djupförvar Arbetsrapport AR 44-93-010, maj 1993.

Jennnervik A

Miljöstörningar vid gruvverksamhet.

SKB Djupförvar Arbetsrapport AR 44-93-009, maj 1993.

Johansson S

Buller, vibrationer och damm.

SKB Djupförvar Arbetsrapport AR 44-93-014, oktober 1993.

Johansson S

Utsläpp till luft.

SKB Djupförvar Arbetsrapport AR 44-93-009, maj 1993.

Juhlin C, Sandstedt H

Storage of nuclear waste in very deep boreholes: Feasibility study and assessment of economic potential.

SKB Technical Report TR 89-30, december 1989.

Lindgren M, Brodén K, Carlsson J, Johansson M, Pers K

Low and intermediate level waste for SFL 3-5.

SKB Forskning och Utveckling Arbetsrapport AR 94-32.

Projekt Alternativ Studier för Slutförvar (PASS). Slutrapport.

SKB, oktober 1992.

Sandstedt H, Wichmann C, Pusch R, Börgesson L, Lönnerberg B

Storage of nuclear waste in long boreholes.

SKB Technical Report TR 91-35, augusti 1991.

Wiborgh M (ed)

Prestudy of final disposal of long-lived low and intermediate level waste.

SKB Technical Report TR 95-03, januari 1995.

WP-Cave – assessment of feasibility, safety and development potential.

SKB Technical Report TR 89-20, september 1989.

Transporter

Johansson S

Transportbehov orsakade av djupförvaret.

SKB Djupförvar Arbetsrapport AR 44-93-012, oktober 1993.

Johansson S

Utsläpp till luft.

SKB Djupförvar Arbetsrapport AR 44-93-009, maj 1993.

Planeringsunderlag för samordnad investeringsplan 1994-2003. Regionala miljöförutsättningar. Emissionsfaktorer.

Naturvårdsverk, dnr 641-5147-93, april 1992.

Sammanfattning 5 av n g m energi- och emissionsdata. Inrikes transporter november 1997.

Nätverk för godstransporter och miljö, november 1997.

Trenkle S

SKB:s transportsystem för radioaktivt avfall. M/S Sigyn.

Miljökonserterna, Vattenfall Energisystem, december 1997. (för senare publicering)