

Ansökan enligt miljöbalken – komplettering III – mars 2015

Toppdokument Begrepp och definitioner

Bilaga K:10
Summering av inlämnade dokument, rättelser och kompletterande information i ansökan om tillstånd enligt miljöbalken

Bilaga MKB
Miljökonsekvensbeskrivning

Bilaga K:20
Tilläggs-MKB

Bilaga AH
Verksamheten och de allmänna hänsynsreglerna

Bilaga TB
Teknisk beskrivning

Bilaga K:24
Revidering av teknisk beskrivning

Bilaga KP
Förslag till kontrollprogram för yttre miljö

Bilaga RS
Rådighet och sakägarförteckning

Bilaga MV
Metodval – utvärdering av strategier och system för att ta hand om använt kärnbränsle

Kompletteringsyttrande I
Kompletteringsyttrande II
Kompletteringsyttrande III

Bilaga SR
Säkerhetsredovisning för slutförvaring av använt kärnbränsle

Bilaga SR-Drift
Säkerhetsredovisning för drift av slutförvarsanläggningen

Bilaga SR-Site
Redovisning av säkerhet efter förslutning av slutförvaret

Bilaga-F
Preliminär säkerhetsredovisning-Clink
Ersatt av bilaga K:23 och K:24

Bilaga PV
Platsval – lokalisering av slutförvaret för använt kärnbränsle

Samrådsredogörelse

Metodik för miljökonsekvensbedömning

Vattenverksamhet Laxemar-Simpevarp

Vattenverksamhet i Forsmark I Bortledande av grundvatten

Vattenverksamhet i Forsmark II Verksamheter ovan mark

Avstämning mot miljömål

Bilaga K:4
Komplettering avseende vattenhantering och vattenverksamhet

Bilaga K:5
Konsekvensbedömning för vattenmiljöer
Mellanlagring, inkapsling och slutförvaring av använt kärnbränsle.

Bilaga K:14
Berg- och bentonittransporter – Kärnbränsleförvaret i Forsmark

Bilaga K:15
Pilotförsök med vattentillförsel till en våtmark i Forsmark

Bilaga K:16
Inventering av gölgröda, större vattensalamander och gulyxne i Forsmark 2012

Bilaga K:17
Åtgärder för bevarande och utveckling av naturvärden i Forsmark

Bilaga K:18
Sammanfattning av påverkan på skyddade arter i Forsmark

Bilaga K:11
SKB:s jämförande bedömningar av andra studerade metoder än den valda metoden, KBS-3

Bilaga K:12
Uppdatering av rapporten Principer, strategier och system för slutligt omhändertagande av använt kärnbränsle

Bilaga K:13
Uppdatering av rapporten Jämförelse mellan KBS-3-metoden och deponering i djupa borrhål för slutligt omhändertagande av använt kärnbränsle

Bilaga K:1
Förslag till villkor

Bilaga K:2
Ämnesvisa svar på kompletteringsönskemålen

Bilaga K:3
Frågor och svar per remissinstans

Bilaga K:19
Säkerhetsrelaterade platsegenskaper – en relativ jämförelse av Forsmark med referensmråden

Bilaga K:21
Samrådsredogörelse – utökad mellanlagring

Bilaga K:22
Bortledande av grundvatten – Clink

Bilaga K:6
Vattenverksamhet i Forsmark

Bilaga K:7
Bortledande av grundvatten från slutförvarsanläggningen i Forsmark

Bilaga K:25
Påverkan på vattenmiljöer – Clink

Kapitel 1 Introduktion
Kapitel 2 Förlägningsplats
Kapitel 3 Krav och konstruktionsföresättningar
Kapitel 4 Kvalitetssäkring och anläggningens drift
Kapitel 5 Anläggnings- och funktionsbeskrivning
Kapitel 6 Radioaktiva ämnen i anläggningen
Kapitel 7 Strålskydd och strålskärning
Kapitel 8 Säkerhetsanalys

Bilaga K:23
Radiologiska konsekvenser – Clab/Clink

DokumentID 1467351	Version 1.0	Status Godkänt	Reg nr	Sida 1 (52)
Författare Erik Möller Martina Sturek Per-Olov Larsson Anders Wiklund			Datum 2015-01-19	
Kvalitetssäkrad av Tomas Rosengren Helene Åhsberg Mikael Gontier			Kvalitetssäkrad datum 2015-03-30 2015-03-30 2015-03-30	
Godkänd av Martin Sjölund			Godkänd datum 2015-03-30	

Radiologiska konsekvenser i samband med mellanlagring och inkapsling av använt kärnbränsle

Bilaga K:23

Ny ansökansbilaga som tillsammans med bilaga K:24, Teknisk beskrivning avseende förändringar i Clink och utökad mellanlagring, ersätter tidigare inlämnad ansökansbilaga F, Preliminär säkerhetsredovisning Clink i ansökan enligt miljöbalken.

Dokumentet ingår också som bilaga till inlagan om förändringar i Clink och tilläggsyrkande avseende utökad mellanlagring enligt kärntekniklagen.

Sammanfattning

SKB har sökt om tillstånd enligt miljöbalken och kärntekniklagen till mellanlagring och inkapsling av använt kärnbränsle. Detta dokument är en ny bilaga till SKB:s ansökan enligt miljöbalken – Hantering och slutförvaring av använt kärnbränsle och till ansökan enligt kärntekniklagen – Inkapslingsanläggningen och centralt mellanlager för använt kärnbränsle vid Simpevarp, Oskarshamn.

Mellanlagring sker i dag i centralt mellanlager för använt kärnbränsle vid Simpevarp (Clab) och kommer att fortsätta på samma sätt när inkapslingsdelen uppförs i direkt anslutning till Clab. Inkapsling av det använda kärnbränslet kommer att ske i den integrerade anläggningen Clink. Både mellanlagring och inkapsling av det använda kärnbränslet innebär kontrollerade utsläpp av radioaktiva ämnen till luft och vatten. Vidare kan störningar och missöden under driften av Clab och Clink innebära utsläpp av radioaktiva ämnen.

SKB:s nuvarande tillstånd för Clab omfattar mellanlagring av 8 000 ton använt kärnbränsle. I dag mellanlagras cirka 6 000 ton använt bränsle i Clab och enligt dagens prognoser beräknas 8 000 ton uppnås cirka år 2023. SKB planerar för att inleda provdrift av slutförvaret för använt kärnbränsle och Clink cirka år 2030 och det är först då som utlastning av använt kärnbränsle från Clab påbörjas. För att kunna fortsätta ta emot kärnbränsle efter 2023 behöver tillståndet till lagringskapaciteten i Clab utökas. Därför tillför SKB ett yrkande till inlämnade ansökningar om att få mellanlagra 11 000 ton använt kärnbränsle i Clab/Clink. Genom att ta ut hårdkomponenter (styrstavar, interndelar och hårdskrot) som i dag mellanlagras i Clab och lasta allt använt kärnbränsle i så kallade kompaktkassetter finns plats för totalt 11 000 ton använt kärnbränsle.

Med anledning av kompletteringar som Strålsäkerhetsmyndigheten (SSM) begärt rörande Clink, då myndigheten bland annat aviserat skärpta strålsäkerhetskrav för nya kärntekniska anläggningar, har SKB föreslagit flera strålsäkerhetsrelaterade ändringar i Clink.

Både utökad mellanlagring och förändringar i Clink påverkar de radiologiska konsekvenser som Clab och Clink kan ge upphov till. Syftet med detta dokument är dels att redovisa radiologiska konsekvenser från mellanlagring och inkapsling av använt kärnbränsle, dels att belysa de skillnader som utökad mellanlagring till 11 000 ton och förändringar i Clink innebär för dessa konsekvenser.

Utsläpp av radioaktiva ämnen och dos till kritisk grupp från dagens Clab är mycket låga och bedöms inte påverkas mer än marginellt av utökad mellanlagring till 11 000 ton använt kärnbränsle. För kärntekniska anläggningar finns krav på att sammanlagd dos till kritisk grupp från anläggningar inom samma geografiska område inte får överskrida 0,1 mSv per år och bidraget från mellanlagring av använt kärnbränsle beräknas bli i storleksordning 10^{-5} mSv per år.

Tillkommande hantering av det använda kärnbränslet i samband med omlastning till kompaktkassetter bedöms inte ge upphov till utsläpp av radioaktiva ämnen till omgivningen. Bearbetning och utlastning av hårdkomponenter beräknas ge upphov till utsläpp och har konservativt uppskattats ge en dos till kritisk grupp i storleksordning $2 \cdot 10^{-5}$ mSv per år under de åren segmentering antas pågå.

Ökad mellanlagring innebär en ökad resteffekt och större kylbehov då den totala mängden använt kärnbränsle ökar i anläggningen. Vid störningar och missöden som resulterar i bortfall av resteffektkylning och spädmätning innebär det ett snabbare förlopp innan vattennivån i bassänger når till kritisk nivå. Dock bedöms sannolikheten för friläggning av det använda kärnbränslet vara försumbar även vid mellanlagring av 11 000 ton. Planerade strålsäkerhetsrelaterade ändringar i Clink innebär en säkrare och mer robust anläggning vid störningar och missöden.

Sammantaget bedöms radiologiska konsekvenser från mellanlagring av upp till 11 000 ton använt kärnbränsle i Clab och Clink bli små och planerade ändringar i Clink bedöms ge en säkrare och mer robust anläggning som effektivt skyddar människor och miljö från joniserande strålning.

Innehåll

1	Bakgrund, syfte och avgränsning.....	5
1.1	Bakgrund	5
1.2	Syfte och avgränsning	7
1.3	Disposition av rapporten.....	7
2	Förutsättningar för beräkningar och bedömningar.....	8
2.1	Pågående och planerade förändringar i Clab	9
2.2	Erforderliga åtgärder för ökad mellanlagring	9
2.3	Förändringar i Clink	11
2.4	Arbetsmoment för inkapsling av använt kärnbränsle	11
2.5	Ordförklaringar och enheter för joniserande strålning	11
2.6	Metodik för beräkning av radiologiska konsekvenser	12
2.7	Metodik för analys av störningar och missöden	14
3	Radioaktiva ämnen i Clab/Clink.....	16
3.1	Radioaktiva ämnen i verksamheten	16
3.2	Mellanlagring i Clab.....	16
3.3	Inkapsling och mellanlagring i Clink	18
4	Radioaktivt driftavfall.....	20
4.1	Driftavfall från nuvarande Clab.....	20
4.2	Driftavfall från utökad mellanlagring.....	22
4.3	Driftavfall från inkapsling	24
4.4	Sammanfattning.....	24
5	Aktivitetsutsläpp vid normal drift	26
5.1	Aktivitetsutsläpp – nuvarande Clab.....	26
5.2	Aktivitetsutsläpp – utökad mellanlagring i Clab	28
5.3	Aktivitetsutsläpp – inkapsling och mellanlagring i Clink	30
5.4	Utsläpp till följd av anläggningsändringar och tillfälliga åtgärder	32
5.5	Slutsatser.....	34
6	Konsekvens – doser vid normal drift.....	37
6.1	Doser – nuvarande Clab	37
6.2	Doser – utökad mellanlagring i Clab	39
6.3	Doser – mellanlagring och inkapsling i Clink	40
6.4	Doser – segmentering av styrtstavar	42
6.5	Slutsatser.....	43
7	Konsekvenser av störningar och missöden.....	44
7.1	Konsekvenser kopplade till störningar och missöden i Clab	44
7.2	Konsekvenser kopplade till störningar och missöden i Clink	46
7.3	Slutsatser.....	47
8	Sammanfattande diskussion och slutsatser	48
8.1	Utveckling av Clab till Clink.....	48
8.2	Verksamhet i anläggningen – radiologiska konsekvenser	48
8.3	Konsekvenser av störningar och missöden.....	50
8.4	Slutsats.....	50
	Referenser	51

1 Bakgrund, syfte och avgränsning

Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB) har uppdraget att omhänderta det radioaktiva avfallet från de svenska kärnkraftverken. För omhändertagandet av det använda kärnbränslet har SKB uppfört samt äger och driver Clab, Centralt mellanlager för använt kärnbränsle, beläget på Simpevarpshalvön i Oskarshamns kommun. Vidare har SKB ansökt om att få uppföra en anläggning för inkapsling av det använda kärnbränslet i direkt anslutning till Clab och anläggningarna ska tillsammans fungera som en integrerad anläggning, benämnd Clink. Det inkapslade kärnbränslet ska placeras i ett slutförvar i berggrunden, som SKB har ansökt om att få uppföra i Forsmark i Östhammars kommun.

1.1 Bakgrund

Sedan tillståndsansökningarna för Clab och Clink lämnades har ansökningarna granskats av Strålsäkerhetsmyndigheten (SSM). SSM har bland annat påtalat att SKB i ansökan enligt kärntekniklagen för Clink i flera fall hänvisat till föråldrade dokument, normer och föreskrifter. Dessutom har olyckan vid kärnkraftverket Fukushima Dai-ichi i mars 2011, föranlett SSM att avisera att högre säkerhetskrav kommer att ställas på nya kärntekniska anläggningar. SKB har därefter reviderat anläggningsutformningen av Clink för att kunna möta de krav som SSM aviserat (SSM 2013). Ansökan enligt miljöbalken har föranlett önskemål om kompletteringar rörande, innehåll, struktur och avgränsningar. SKB har kompletterat ansökan till mark- och miljödomstolen vid två tillfällen (april 2013 och september 2014).

Ansökan enligt *kärntekniklagen* för Clink kompletterades i januari 2015. Det innebar framför allt att tidigare inlämnad ansökansbilaga F, (Preliminär säkerhetsredovisning Clink, PSAR) ersattes med en förberedande PSAR (F-PSAR), som samlat redovisar de tillståndsvillkor, föreskrifter och andra krav som gäller enligt kärntekniklagen och hur dessa har tolkats samt hur de avses att uppfyllas, för Clink med mellanlagring upp till 11 000 ton använt kärnbränsle. Innehållet i F-PSAR är omfattande, men behandlar inte alla aspekter som behövs för *miljöbalksprövningen*. Stora delar av F-PSAR är dessutom sekretessklassade av SSM och därmed inte offentlig handling. Mellanlagring av upp till 11 000 ton använt kärnbränsle i nuvarande Clab beskrivs inte i F-PSAR Clink.

Här tillförs därför en ny bilaga till ansökan enligt miljöbalken – denna rapport, som sammanfattar de radiologiska konsekvenserna av ökad mellanlagring av använt kärnbränsle och verksamheten i inkapslingsanläggningen. Bilagan ersätter, tillsammans med bilaga K:24, Teknisk beskrivning avseende förändringar i Clink och utökad mellanlagring (SKBdoc 1469192), tidigare inlämnad PSAR Clink (ansökansbilaga F). Den är också en referens till ansökansbilaga K:20, Tilläggs-MKB avseende förändringar i Clink och utökad mellanlagring (SKBdoc 1459765) samt lämnas till SSM som en komplettering av ansökan enligt kärntekniklagen.

Prövningen enligt kärntekniklagen sker stegvis. Den förberedande preliminära säkerhetsredovisningen, F-PSAR, är baserad på en preliminär anläggningsutformning av Clink. Säkerhetsredovisningen kommer successivt att bli mer detaljerad allteftersom projekteringen fortskrider.

När tillstånd och tillåtlighet har beslutats av regeringen ska SKB upprätta och lämna in en ansökan till SSM för medgivande till uppförande av Clink och en för medgivande till utökad mellanlagring i Clab. De ansökningarna kommer att omfatta preliminära säkerhetsredovisningar, en PSAR för Clink och en PSAR för Clab med avseende på utökad lagringskapacitet (PSAR Clab 11 000 ton). Vidare omfattar ansökningarna redovisning av uppförandeskedet avseende den nya inkapslingsdelen och anläggningsändringar på Clab på grund av den kommande Clink-anläggningen och den utökade lagringskapaciteten.

PSAR Clab kommer att innehålla en redovisning av kravbild, anläggningens verksamhet och utformning som den förväntas se ut cirka 2023 när det blir aktuellt att mellanlagra mer än 8 000 ton använt kärnbränsle. PSAR Clab kommer i allt väsentligt att baseras på den kravbild (till exempel

acceptanskriterier för utsläpp) och det säkerhetskoncept som gäller för Clab idag. De ändringar i anläggningen som behövs för att kunna mellanlagra mer än 8 000 ton använt kärnbränsle kommer att genomföras som ändringsärenden enligt rutiner för styrning av anläggningsändringar på Clab. Säkerhetsredovisningen (SAR) för Clab kommer att hållas aktuell och ändringar hanteras löpande i enlighet med gällande rutiner för detta.



Figur 1-1. Flygfoto av anläggningen Clab på Simpevarpshalvön.

Clab ligger vid kärnkraftverket på Simpevarpshalvön i Oskarshamns kommun, se figur 1-1. SKB:s nuvarande tillstånd för Clab omfattar mellanlagring av 8 000 ton använt kärnbränsle (räknat som uran i obestrålat bränsle). Clab tar löpande emot cirka 200 ton använt kärnbränsle per år från de svenska kärnkraftverk som är i drift och enligt dagens prognoser beräknas 8 000 ton uppnås cirka år 2023. SKB planerar för att inleda provdrift av slutförvaret för använt kärnbränsle och Clink cirka år 2030 och det är först då som utlastning av använt kärnbränsle från Clab påbörjas. För att kunna fortsätta ta emot bränsle efter 2023 behöver tillståndet för lagringskapaciteten i Clab utökas. Därför tillför SKB ett yrkande till inlämnade ansökningar om att få mellanlagra 11 000 ton använt kärnbränsle i Clab/Clink. Ansökningarna, inklusive tilläggsyrkande, avser således uppförande av en anläggning (Clink) för mellanlagring av högst 11 000 ton använt kärnbränsle och inkapsling av mellanlagrat bränsle.

Genom att ta ut hårdkomponenter (styrstavar, interndelar och härds-krot) som i dag mellanlagras i Clab och lasta allt använt kärnbränsle i så kallade kompaktkassetter finns plats för totalt 11 000 ton använt kärnbränsle i mellanlagret.

1.2 Syfte och avgränsning

Tidigare inlämnat underlag i ansökningarna baserades på mellanlagring och inkapsling av 8 000 ton använt kärnbränsle och föreliggande rapport syftar till, att:

- Redovisa radiologiska konsekvenser av att mellanlagra 11 000 ton använt kärnbränsle i Clab och jämföra med motsvarande konsekvenser vid mellanlagring av 8 000 ton använt kärnbränsle i Clab.
- Belysa radiologiska konsekvenser av mellanlagring av 11 000 ton använt kärnbränsle och inkapsling i Clink.
- Belysa skillnader i radiologiska konsekvenser av mellanlagring av 11 000 ton använt kärnbränsle i Clab och mellanlagring av 11 000 ton kärnbränsle och inkapsling i Clink.

De radiologiska konsekvenserna anges som dos till personal och dos till kritisk grupp, som i detta fall utgörs av boende i Ekerum (två kilometer nordväst om Clab), vid normal drift av Clab och Clink samt vid avvikelser från normal drift. I den terminologi som vanligtvis används i miljökonsekvensbeskrivningar är dos en effekt av aktivitetsutsläpp och konsekvensen uttrycks som till exempel förhöjd risk för människor att få cancer.

I denna rapport ingår inga bedömningar av påverkan på naturmiljö (djur och växter), därmed kvarstår de bedömningar som redovisats i den MKB som lämnades med ansökan i mars 2011.

Redovisningen omfattar endast verksamhet i anläggningen Clab/Clink och följaktligen ingår inte transport från terminalbyggnad till hamn och inte heller sjötransport till Forsmark. Dessa verksamheter beskrivs i den MKB som bifogades ansökan 2011 samt i tilläggs-MKB:n, bilaga K:20, Tilläggs-MKB avseende förändringar i Clink och utökad mellanlagring.

1.3 Disposition av rapporten

Kapitel 2 beskriver förutsättningarna för genomförda beräkningar och bedömningar.

Kapitel 3 beskriver förekomsten och hantering av radioaktiva ämnen i Clab och Clink.

Kapitel 4 redovisar en sammanställning av det driftavfall som uppkommer i nuvarande Clab, vid utökad mellanlagring och vid tillfällig verksamhet som föranleds av utökad mellanlagring i Clab/Clink samt från inkapslingen i Clink.

Kapitel 5 redovisar aktivitetsutsläpp från normal drift av nuvarande Clab och Clab med utökad mellanlagring samt mellanlagring och inkapsling i Clink.

Kapitel 6 redovisar konsekvenser av aktivitetsutsläppen, uttryckt som dos till personal respektive dos till kritisk grupp.

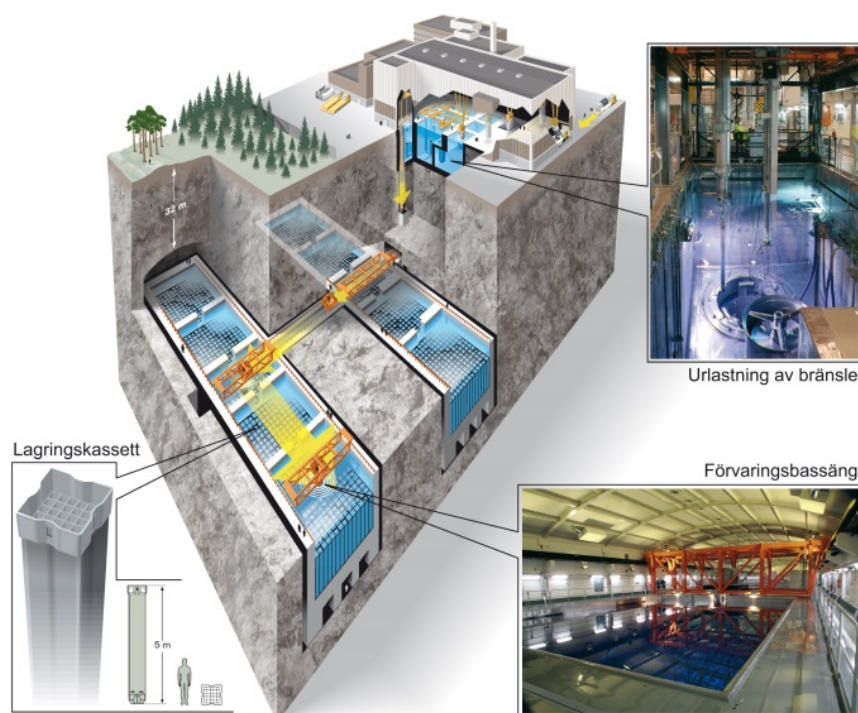
Kapitel 7 redovisar bedömningar av radiologiska konsekvenser av oväntade händelser och missöden.

Kapitel 8 ger en sammanfattande diskussion med slutsatser.

2 Förutsättningar för beräkningar och bedömningar

Utbyggnaden av Clab har skett i etapper. Vid drifttagningen 1985 gällde tillståndet mellanlagring av 3 000 ton använt kärnbränsle. Sedan har drifttillståndet ändrats och utökats i omgångar för att nu gälla 8 000 ton använt kärnbränsle, räknat som uran i det obestrålade kärnbränslet. Vid årsskiftet 2013/2014 mellanlagra cirka 6 000 ton använt kärnbränsle samt även hårdkomponenter¹, varav en stor del utgörs av styrstavar² från BWR-reaktorer (kokvattenreaktorer), se figur 2-1. Därutöver finns det bränsle från reaktorn i Ågesta, bränslerester från Studsvik samt MOX³-bränsle motsvarande 46 ton uran.

Clab är dimensionerad för en mottagningskapacitet på 300 ton använt kärnbränsle per år och det kommer att vara densamma för Clink. Under perioden 2000–2012 har Clab i genomsnitt tagit emot cirka 200 ton använt kärnbränsle per år. Alla uppmätta värden för Clab gäller mottagning av 200 ton kärnbränsle per år vilket är den mängd som produceras årligen av de svenska kärnkraftverken. Alla beräkningar för Clink utgår från ett konservativt antagande om mottagning av 300 ton kärnbränsle per år, vilket kan inträffa något enstaka år i samband med avställning av en reaktor då allt kärnbränsle i sluthärden ska transporteras till Clab/Clink.



Figur 2-1. Översikt av anläggningen Clab med närbild på mottagningsdel, förvaringsbassäng samt lagringskassett.

¹ Hårdkomponenter är delar som har erhållit inducerad strålning i eller nära reaktorhärden och som ska hanteras som radioaktivt avfall.

² Mellan varje bränsleelement i en BWR-reaktor (kokvattenreaktor) finns utrymme för styrstavar för att reglera reaktorns effekt samt för att på ett säkert sätt kunna stänga av reaktorn. I PWR-reaktorer (tryckvattenreaktor) är styrstavarna integrerade i bränsleelementen.

³ MOX-bränsle – mixed oxide fuel (blandoxidbränsle). Använt kärnbränsle som Sverige tagit emot i utbyte mot bränsle som skickades till upparbetning.

2.1 Pågående och planerade förändringar i Clab

Pågående och planerade förändringar i Clab som har inverkan på anläggningens strålsäkerhet är uppgradering och utökad kapacitet för kylning av resteffekten samt införande av membran för filtrering av svårfiltrerat vatten.

Kylkedjan på Clab har till uppgift att kyla bort det använda kärnbränslets resteffekt. Den befintliga kylkedjan behöver uppgraderas därför att mängden kärnbränsle och därmed resteffekten ökar, utrustning åldras och för att säkerställa drifttillgängligheten. Nuvarande kylkedja har en kapacitet på 8,5 MW vid max 18 °C i havsvattnet. Utökning av mellanlagring till 11 000 ton kärnbränsle medför att kylbehovet ökar till cirka 12 MW (vid en genomsnittlig utbränning på 50–60 MWdygn per kilo uran). Den planerade uppgraderingen av kylkedjan dimensioneras för att klara kylbehovet för den utökade mängden använt kärnbränsle, se bilaga K:24, Teknisk beskrivning avseende förändringar i Clink och utökad mellanlagring (SKBdoc 1469192), avsnitt 3.5.1.

Det pågår ett arbete för att installera en utrustning för membranfiltrering på Clab för, att av miljöskäl, rena processvattnet från silvernukliderna Ag-108m och Ag-110m som härstammar från spruckna styrtavar. För närvarande lagras det silverhaltiga vattnet i tankar, men lagringsutrymmet är begränsat och är i dag i det närmaste fullt.

I övrigt förutsätts att Clabs åldringsprogram, modernisering och underhåll genomförs så att säkerheten i anläggningen bibehålls eller förbättras.

2.2 Erforderliga åtgärder för ökad mellanlagring

Förvaringsbassängerna i Clab används i dag även för lagring av förbrukade hårdkomponenter från kärnkraftverken. Utrymme för mellanlagring av en större mängd använt bränsle kan åstadkommas genom omlastning av använt kärnbränsle (BWR-bränsle) från normalkassetter till så kallade kompaktkassetter samt genom utlastning och omhändertagande av hårdkomponenter. Dessa åtgärder innebär arbetsmoment som kan ha säkerhetsmässig påverkan och ge upphov till aktivitetsutsläpp. Mellanlagring av upp till 11 000 ton använt kärnbränsle innebär ett effektivare utnyttjande av anläggningen, eftersom befintliga anläggningar och transportsystem i stor utsträckning kan användas utan nämnvärda ändringar.

En ökning av kapaciteten för mellanlagring till 11 000 ton innebär i huvudsak två förändringar, ökad resteffekt och större aktivitetsinventarium på grund av att mer använt kärnbränsle tillförs anläggningen.

2.2.1 Omlastning av BWR-bränsle

Allt använt kärnbränsle från PWR-reaktorer (tryckvattenreaktorer) lagras redan i kompaktkassetter. Omlastningen av BWR-bränsle från normalkassett till kompaktkassett är verksamhet som redan i dag bedrivs på Clab. Under åren 1992 till 2002 har omlastning till kompaktkassetter genomförts vid flera tillfällen. Kulmen låg under åren 1999–2001, med goda erfarenheter. Dessa ligger delvis till grund för antaganden om utsläpp och personaldos i detta dokument.

2.2.2 Utlastning och bearbetning av styrtavar och andra hårdkomponenter

Hårdkomponenter består huvudsakligen av använda styrtavar, men även av så kallade interndelar och hardskrot från kärnkraftverken. Det betraktas som långlivat avfall och planen är att dessa ska slutförvaras i slutförvaret för långlivat avfall (SFL), som enligt nuvarande planering kommer att driftsättas omkring år 2045.

Hårdkomponenterna kan transporteras från Clab i befintligt skick för bearbetning och mellanlagring på annan plats innan de förs till SFL för slutförvaring. Styrstavarna är emellertid skrymmande och det kan vara fördelaktigt att kunna minska volymen genom att segmentera dem i delar som blir lättare att hantera. Efter segmentering packas delarna i strålskärmda behållare, till exempel i så kallade BFA-tankar (BFA – bergförråd för aktivt avfall) inför transport ut ur anläggningen, se figur 2-2. Det finns också en möjlighet att packa de segmenterade styrstavarna i kassetter anpassade för fortsatt mellanlagring i Clab och de skulle då uppta färre förvaringspositioner de gör i dag.

Om segmentering av styrstavar blir aktuellt, behöver det inte göras i Clab, det är fullt möjligt att lasta ut och transportera dem till en annan plats för bearbetning. Totalt kommer hela det svenska kärnkraftsprogrammetts kokvattenreaktorer (BWR) ge upphov till cirka 4 000 styrstavar. I slutet av 2014 fanns det cirka 1 700 styrstavar i förvaringsbassängerna.

I den fortsatta framställningen antas att segmenteringen görs på Clab. Vidare antas att de cirka 2 000 styrstavarna som kommer att finnas i Clab år 2022 kommer att segmenteras och att arbetet utförs under en tioårsperiod.



Figur 2-2. Transportlådan med BFA-tank över lyftschaktet till reaktor 2 på Forsmarks kärnkraftverk.

Om hårdkomponenterna flyttas från Clab behöver de mellanlagras på annan plats fram till att SFL tas i drift. SKB har översiktligt utrett olika alternativ, exempelvis:

- Bergförråd för aktivt avfall (BFA) vid Oskarshamns kärnkraftverk (OKG).
- Bergrumslagret AM i Studsvik.
- Slutförvaret för kortlivat radioaktivt avfall (SFR) i Forsmark.

SKB kommer att fortsätta utreda alternativ för mellanlagring av hårdkomponenter. Beroende på val av transportbehållare och mellanlagringsanläggning krävs eventuellt en station för omlastning av styrtavarna till någon form av strålskärmad behållare innan de placeras i ett annat mellanlager. Utlastning av hårdkomponenter bedöms inte bli aktuellt förrän cirka 2025.

2.3 Förändringar i Clink

För att uppfylla kommande kärntekniska säkerhetskrav innebär den reviderade anläggningsutformningen av Clink flera större säkerhetshöjande förändringar, jämfört med den utformning som redovisades i ansökan 2011, se bilaga K:24, Teknisk beskrivning avseende förändringar i Clink och utökad mellanlagring (SKBdoc 1469192), avsnitt 4.4.

2.4 Arbetsmoment för inkapsling av använt kärnbränsle

Hantering av använt kärnbränsle i Clink kan ge upphov till aktivitetsutsläpp och består av mottagning, hantering, mellanlagring, inkapsling och uttransport av det använda kärnbränslet. Inkapslingen utförs i anläggningsdelen för inkapsling i Clink, se bilaga K:24, Teknisk beskrivning (SKBdoc 1469192).

Under hela inkapslingsprocessen är kapseln placerad i en lastbärare med strålskydd och all manövrering sker från strålskyddade arbetsplatser.

2.5 Ordförklaringar och enheter för joniserande strålning

Radioaktivitet är ett fysikaliskt fenomen när atomkärnor omvandlas och avger joniserande strålning.

Strålkällans styrka kallas ”aktivitet” och mäts i sönderfall per tidsenhet. Enheten är becquerel (Bq). 1 Bq=1 sönderfall per sekund.

Absorberad dos är den energi som strålningen avsätter per kilogram materia. Enheten är gray (Gy).

Ekvivalent dos fås genom att multiplicera absorberad dos för varje strålningstyp med en viktningsfaktor (anger strålningstypernas relativa biologiska effekt) och summera termerna. Den ekvivalenta dosen anses vara proportionell mot sannolikheten för skada inom ett stort dosområde och för många olika sorters skador. Enheten är sievert (Sv).

Effektiv dos är summan av alla ekvivalenta doser till organ och vävnader, viktade för deras olika känslighet för strålning. Enheten är sievert (Sv). Den effektiva dosen anses vara proportionell mot sannolikheten för att erhålla en skada, till exempel cancer.

Kritisk grupp är en representativ, verklig eller hypotetisk, grupp av personer ur befolkningen som kan förväntas få de högsta stråldoserna från en strålkälla.

Dosrat anger dos per tidsenhet. Enheten kan variera. Exempel är absorberad dos (gray) per sekund (Gy/s) och ekvivalent dos per år (Sv/år).

Kollektivdos är produkten av individernas genomsnittliga stråldos och antalet individer i gruppen som bestrålas av en viss strålkälla eller verksamhet. Enheten är mansievert (manSv).

Dos till kritisk grupp är ett beräknat värde för den dos som en representativ person skulle få av ett års utsläppt aktivitet. Personen är vald så att den motsvarar en person i en grupp boende i omgivningen som får den högsta möjliga dosen. Beräkningarna av dos inkluderar både direkt strålning från markbeläggning och dos från intag av mat och dryck. Då både matvanor och påverkan av strålning på kroppen är åldersberoende, beräknas denna dos ut för ett antal olika ålderskategorier.

Kontamination (radioaktiv) är när ett radioaktivt ämne sprids i material eller till platser där det inte är önskvärt.

ALARA (As low as reasonable achievable) innebär begränsning av stråldoser så långt som detta rimligen kan åstadkommas med hänsyn tagen till såväl ekonomiska som samhälleliga faktorer.

BAT (Best Available Technology) innebär att "bästa möjliga teknik" ska användas.

2.6 Metodik för beräkning av radiologiska konsekvenser

I säkerhetsredovisningen för en kärnteknisk anläggning ingår en analys av säkerheten i anläggningen samt en analys av radiologiska konsekvenser för omgivningen vid normal drift av anläggningen såväl som vid störningar och missöden.

Genom en kartläggning av de radioaktiva ämnen som hanteras i anläggningen och hur de kan komma att frigöras vid verksamheten, fastställs vilka typer av radioaktiva ämnen som skulle kunna släppas ut från anläggningen och i vilka mängder. Denna kartläggning redovisas i kapitel 3. Den radiologiska konsekvensen beräknas sedan för normaldrift i kapitel 6 och i samband med störningar och missöden i kapitel 7.

2.6.1 Mätning av kontrollerade utsläpp

Kartläggningen av radioaktiva ämnen som hanteras i anläggningen och information om de olika arbetsmoment som ingår i huvudprocessen och drift av servicesystem används i analysen av vilka radioaktiva ämnen som kan frigöras och vilka utsläppsvägar som finns. I servicesystemen ingår reningssystem för luft och vatten. Deras uppgift är att samla in och binda frigjorda radiologiska ämnen. Förbrukningsmaterialet från reningssystemen är en del av det så kallade driftavfallet (radioaktivt eller konventionellt). Driftavfallet kategoriseras och hanteras och slutförvaras efter vilken kategori det tillhör, se kapitel 4.

Reningssystemen kan inte hantera hela den mängden radioaktiva ämnen som frigörs vid hantering av använt kärnbränsle och hårdkomponenter, utan en viss del släpps ut till omgivningen. För normaldrift benämns detta kontrollerade utsläpp och de kan ske till luft- eller vattenrecipient. Kapitel 5 redogör för beräkning och analys av utsläpp vid normal drift.

Det finns mångårig erfarenhet av verksamheten i Clab och det kontrollerade utsläppet mäts kontinuerligt och redovisas årligen. Utsläppet är starkt kopplat till verksamheten och då flera arbetsmoment i anläggningen inte utförs kontinuerligt utan bedrivs i kampanjer, varierar de kontrollerade utsläppen under året och även mellan olika år.

Variationerna i utsläpp beror även på egenskaperna hos det använda kärnbränslet som anländer till Clab, som också varierar beroende på kärnbränslets driftshistorik i reaktorn. Det påverkar till exempel om mängden crud (Chalk River unidentified deposits, korrosionsprodukter som fastnat på bränsleelementen) och eventuell förekomst av bränsleskador. Detta innebär att de beräknade utsläppen

som redovisas i säkerhetsanalysen för anläggningen avviker från de uppmätta utsläppen. Beräknade utsläpp är i allmänhet baserade på konservativa antaganden vilket medför att de beräknade utsläppen är större än de uppmätta. En jämförande uppföljning av uppmätta och prognostiserade kontrollerade utsläpp genomförs löpande för att ständigt förbättra verksamheten och med målet att minska utsläppen från anläggningen.

2.6.2 Beräkning av dosomvandlingsfaktorer

Utifrån kunskap om de förväntade kontrollerade utsläppen till omgivningen, via luft- och vattenrecipient, kan radiologisk konsekvens beräknas genom att använda så kallade dosomvandlingsfaktorer. Det finns en dokumenterad metodik för att ta fram dessa och med stöd av dem kan konsekvens för kritisk grupp beräknas, kvantifierat som dos.

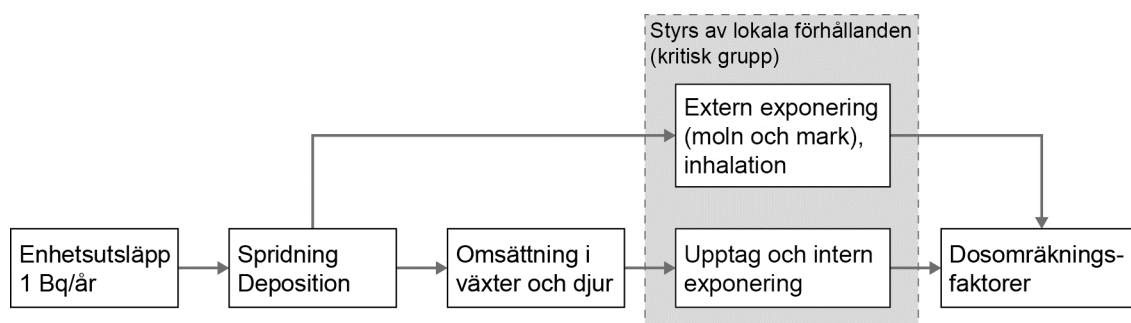
Vid framtagning av dosomvandlingsfaktorerna tas hänsyn till ett flertal parametrar och processer, till exempel:

- Spridning av radioaktiva ämnen i luft och nedfall på mark.
- Spridning av radioaktiva ämnen i vatten.
- Ämnesspecifika data.
- Exponeringsvägar.
- Åldersberoende.
- Modell för upptag av C-14 i vegetation.
- Modell för omräkningsfaktorer för luftutsläpp av tritium.
- Områdesbeskrivning och identifiering av kritisk grupp.

Vid val av kritisk grupp tas hänsyn till följande exponeringsvägar och intag av födoämnen:

- Inhalation.
- Extern exponering från moln och från mark.
- Intag av frukt, bär, grönsaker och rotfrukter samt födoämnen från skogen.
- Intag av spannmål samt kött och/eller mjölk från kor.
- Intag av dricksvatten, fisk och kräfter.

Figur 2-3 ger en principiell beskrivning av den komplexa beräkningen av dosomvandlingsfaktorer, från ett utsläpp till dos till kritisk grupp.



Figur 2-3. Principiella steg för beräkning av dosomvandlingsfaktorer.

2.7 Metodik för analys av störningar och missöden

Störningar och missöden som påverkar den normala driften vid en kärnteknisk anläggning analyseras och redovisas i en säkerhetsanalys, vilken ingår i säkerhetsredovisningen. Driften av anläggningen regleras av de fastställda villkor och begränsningar som framgår av en anläggnings säkerhetstekniska driftföresättningar (STF), vilka i sin tur utgår ifrån säkerhetsredovisningen. Om en störning eller ett missöde uppkommer, kan det medföra att villkor och begränsningar inte uppfylls. I SSM:s föreskrifter om säkerhet i kärntekniska anläggningar, indelas numera störningar och missöden in i ett antal så kallade händelseklasser med specificerade analysföresättningar och acceptanskriterier, se tabell 2-1.

En systematisk och dokumenterad inventering av möjliga händelser finns framtagen för Clab, som är en anläggning i drift, samt för den planerade anläggningen Clink. Identifiering av händelser, och värdering av dessa, genomförs regelbundet och utgör en del i redovisningen av anläggningens robusthet. Identifierade händelser för Clab är indelade i följande kategorier:

- Bortfall av resteffekt kylning.
- Mekanisk skada på bränsle.
- Inre händelser.
- Yttre händelser.
- Händelser som påverkar kriticitetssäkerheten.

Identifierade händelser inom respektive kategori klassas och redovisas. Detta innebär att händelsen analyseras utifrån hur ofta den kan inträffa (frekvens) och vilken konsekvens (dos) den kan medföra.

Indelningen av händelser eller händelsesekvenser i olika klasser, där varje klass innefattar händelser inom ett givet frekvensintervall, baseras på strävan att uppnå en balanserad riskprofil för anläggningen. Det innebär att enbart mycket begränsade konsekvenser tillåts för händelser med hög förväntad inträffandefrekvens, medan större konsekvenser endast tillåts för händelser med mycket låg frekvens. Händelseklasser och deras frekvensintervall redovisas i tabell 2.1.

Tabell 2-1. Händelseklassers definition och frekvensintervall.

Händelseklass		Frekvensintervall	Definition
H1	Normal drift		
H2	Förväntade händelser	$f \geq 10^{-2}$ per år	Händelser som kan förväntas inträffa under anläggningens livstid.
H3	Ej förväntade händelser	$10^{-2} > f \geq 10^{-4}$ per år	Händelser som inte kan förväntas inträffa under anläggningens livstid, men som kan förväntas inträffa om ett flertal likvärdiga anläggningar beaktas.
H4	Osannolika händelser	$10^{-4} > f \geq 10^{-6}$ per år	Händelser som inte förväntas inträffa. (Här inkluderas även ett antal övergripande händelser som oberoende av händelsefrekvens analyseras för att verifiera robustheten i en kärnteknisk anläggning.)
H5	Mycket osannolika händelser	Händelseklassen motsvarar händelser som postuleras för att leda till stora utsläpp. Därför finns ingen specifik händelsefrekvens att förhålla sig till, utöver att de postulerade händelser som väljs ska ha lägre sannolikhet för inträffande än osannolika händelsers undre gräns, $f < 10^{-6}$ per år	Händelser som inte förväntas inträffa. Om händelsen ändå skulle inträffa kan den leda till omfattande skador på bränsle och kapsling eller leda till frigörelse av stora mängder radioaktivt material.

Händelseklassen ”mycket osannolika händelser” hanteras inte i SAR Clab, men har införts i F-PSAR Clink.

Risk definieras som produkten av frekvens och konsekvens. Med konsekvens avses främst radiologiska omgivningskonsekvenser och dos till personal. Analys och bedömning av radiologiska konsekvenser avgränsas här till tillkommande eller förändrade radiologiska risker då anläggningen Clink är i drift, inklusive utökad mellanlagring av kärnbränsle.

Antalet identifierade inre händelser som värderas är fler i Clink än i befintlig anläggning Clab, främst beroende på den tillkommande torra hanteringen av bränsle och kapsel i inkapslingsdelen. En del händelser utgör förutsättningar i kommande system- och detaljkonstruktion för Clink, vilket medför att konsekvenserna inte analyseras vidare nu, då konstruktionen är tänkt att antingen eliminera händelsen eller uppkomsten av radiologiska konsekvenser av händelsen.

I vilken grad utökad mellanlagring och reviderade säkerhetskrav i Clink kan komma att påverka radiologiska risker, redovisas utgående från de till SSM ingivna säkerhetsanalyserna för mellanlagring av 8 000 ton använt kärnbränsle i Clab (SAR) samt den förberedande preliminära säkerhetsredovisningen för Clink (F-PSAR).

Den jämförande analysen av konsekvenser i samband med händelser redovisas i kapitel 7.

3 Radioaktiva ämnen i Clab/Clink

Som en del i ansökan om att uppföra en slutförvarsanläggning för använt kärnbränsle har en kartläggning av mängden radioaktivt material som KBS-3-systemet kommer att hantera utförts. Den är detaljerad och redovisar förväntade mängder på nuklidnivå.

Verksamheten vid anläggningen Clab/Clink och anläggningens utformning är beskriven i bilaga K:24, Teknisk beskrivning (SKBdoc 1469192).

3.1 Radioaktiva ämnen i verksamheten

Huvudprocessen i Clink är mottagning, mellanlagring och inkapsling av använt bränsle. Bränslet består nästan uteslutande av urandioxidbränsle från kokvattenreaktorer (BWR) och tryckvattenreaktorer (PWR). Den övervägande delen av radioaktiviteten i anläggningen finns i bränsleelementen. De radioaktiva ämnena är i huvudsak bundna till bränslekutsarna och i bränsleelementens konstruktionsmaterial, som inducerad aktivitet. Bränsleelementen kommer senare att kapslas in i täta kopparkapslar. Endast en ytterst liten andel av den totala mängden radioaktivt material som förs in i anläggningen kommer att avvika från huvudprocessen och därmed inte inneslutas i kopparkapslar och transporteras till slutförvaret för använt kärnbränsle.

I anläggningen mottas och mellanlagras även förbrukade hårdkomponenter som aktiverats vid driften av reaktorerna i kärnkraftverken. De radioaktiva ämnena i hårdkomponenterna är i huvudsak bundna till deras metalliska material, men de kan ha ytbeläggningar av radioaktiva ämnen som lättare kan frigöras. Det finns även komponenter som aktiverats under driften av Clab/Clink, till exempel konstruktionsmaterial, hanteringsutrustning, bränslekassetter med mera.

Dessutom finns mindre mängder övrigt radioaktivt material som kan spridas i anläggningen. Till exempel kan korrosionsprodukter som fastnat på bränsleelementen, så kallat crud, frigöras vid hanteringen av bränsleelementen. Dessutom kan radioaktiva ämnen frigöras från bränsleelement eller styrstavar som skadats. Från skadade bränsleelement kan delar av det så kallade gap-inventariet⁴ frigöras. Från spruckna styrstavar kan radioaktivt silver och tritium frigöras.

Spridning av radioaktiva ämnen i anläggningen och ansamling av dessa i anläggningens servicesystem kan ge upphov till utsläpp av radioaktiva ämnen till vatten eller luft.

3.2 Mellanlagring i Clab

Förvaringsdelen i Clab består av två bergrum som vardera rymmer fem förvaringsbassänger, det vill säga sammanlagt tio förvaringsbassänger, vilket sammanlagt ger 2 850 förvaringspositioner. Ur säkerhetssynpunkt finns det krav på att det ska finnas minst 300 lediga positioner, för att kunna tömma en bassäng på vatten. Detta krav på reservkapacitet medför alltså att den totala förvaringskapaciteten för Clab i praktiken är 2 550 positioner. I varje förvaringsposition kan ställas en kassett, antingen innehållande använt kärnbränsle eller hårdkomponenter.

SKB har tillstånd att mellanlagra 8 000 ton använt kärnbränsle. Clabs nuvarande förvaringsbassänger har fysisk kapacitet att mellanlagra upp till 11 000 ton använt kärnbränsle, men för att kunna rymma denna mängd, måste lagringsutrymmet utnyttjas mer effektivt. Den 1 januari 2014 mellanlagrades förutom använt kärnbränsle även hårdkomponenter (varav en stor del utgörs av styrstavar) i Clab och

⁴ Under bestrålningen i reaktorn segregeras en viss andel av bränslets radionuklidinventarium till gapet mellan bränsle och kapsling och till korngränser i bränslet. Andelen av radionuklidinventariet som finns i gapet, det så kallade gapinventariet, antas frigöras mycket snabbare än andelen som är inbäddad i bränslematrisen.

totalt är drygt 1 800 positioner i förvaringsbassängerna fyllda. Styrstavarna skulle kunna lagras tätare, alternativt skulle samtliga hårdkomponenter kunna mellanlagras på annan plats. Om anläggningen enbart skulle användas för mellanlagring av använt kärnbränsle och allt bränsle placerades i så kallade kompaktkassetter, skulle befintliga förvaringsbassänger kunna rymma cirka 11 000 ton använt kärnbränsle.

Det finns två typer av kassetter för mellanlagring av använt kärnbränsle; normalkassetter och kompaktkassetter. Allt PWR-bränsle i Clab lagras i kompaktkassetter som vardera rymmer nio bränsleelement. Merparten av BWR-bränslet lagras i kompaktkassetter, som vardera rymmer 25 bränsleelement. Dock finns drygt 500 normalkassetter med BWR-bränsle som vardera rymmer 16 bränsleelement, se figur 3-1.

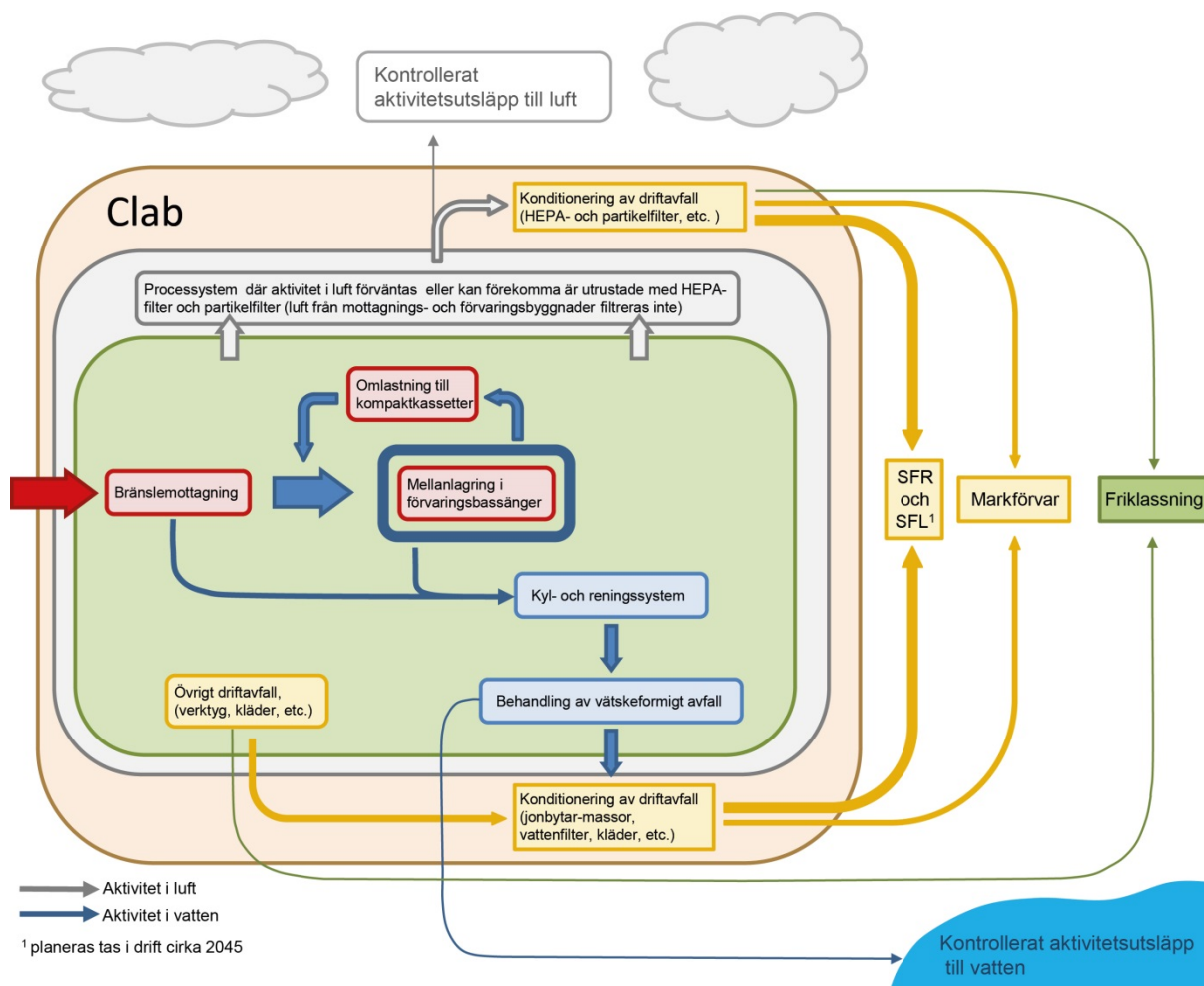


Figur 3-1. Fotografier på kompakt- respektive normalkassett för lagring av BWR-bränsle. Kompaktkassetter innehåller borlegerat stål.

I Clab hanteras bränslet huvudsakligen i vatten, vilket medför att den frigjorda aktiviteten transporteras med de kyl- och reningssystem som utgör delar av anläggningens servicesystem. Systemen samlar in, hanterar och överför frigjorda radioaktiva ämnen till ett mekaniskt stabilt driftavfall, huvudsakligen genom uppsamling i jonbytarmassor och filter. En mindre mängd radioaktiva ämnen frigörs från vattnet till luften. De system som kan avge signifikanta mängder radioaktiva ämnen till luft har en ventilation med ett riktat luftflöde, som driver frånluft till luftfilter (HEPA-filter). HEPA-filter rengör effektivt luften från radioaktiva ämnen innan den lämnar anläggningen. Beskrivning av avfallsströmmar och hanteringssteg som är kopplade till driftavfallet redovisas i kapitel 4.

I figur 3-2 ges en schematisk bild över de radioaktiva ämnens flödesvägar i Clab. Illustrationen indikerar att radioaktiva ämnen kan frigöras från anläggningen utan att de samlas upp via kyl- och reningssystemen. Det rör sig om mycket små mängder som passerar och utgör aktivitetsutsläpp till miljön, antingen till vatten eller till luft. Kartläggningen av vilka ämnen som hanteras i anläggningen, deras egenskaper, servicesystemens effektivitet med mera gör, att det finns en god kunskap om vilka utsläpp som sker och detta utgör basen för analyser av vilka konsekvenser utsläppen får för miljön.

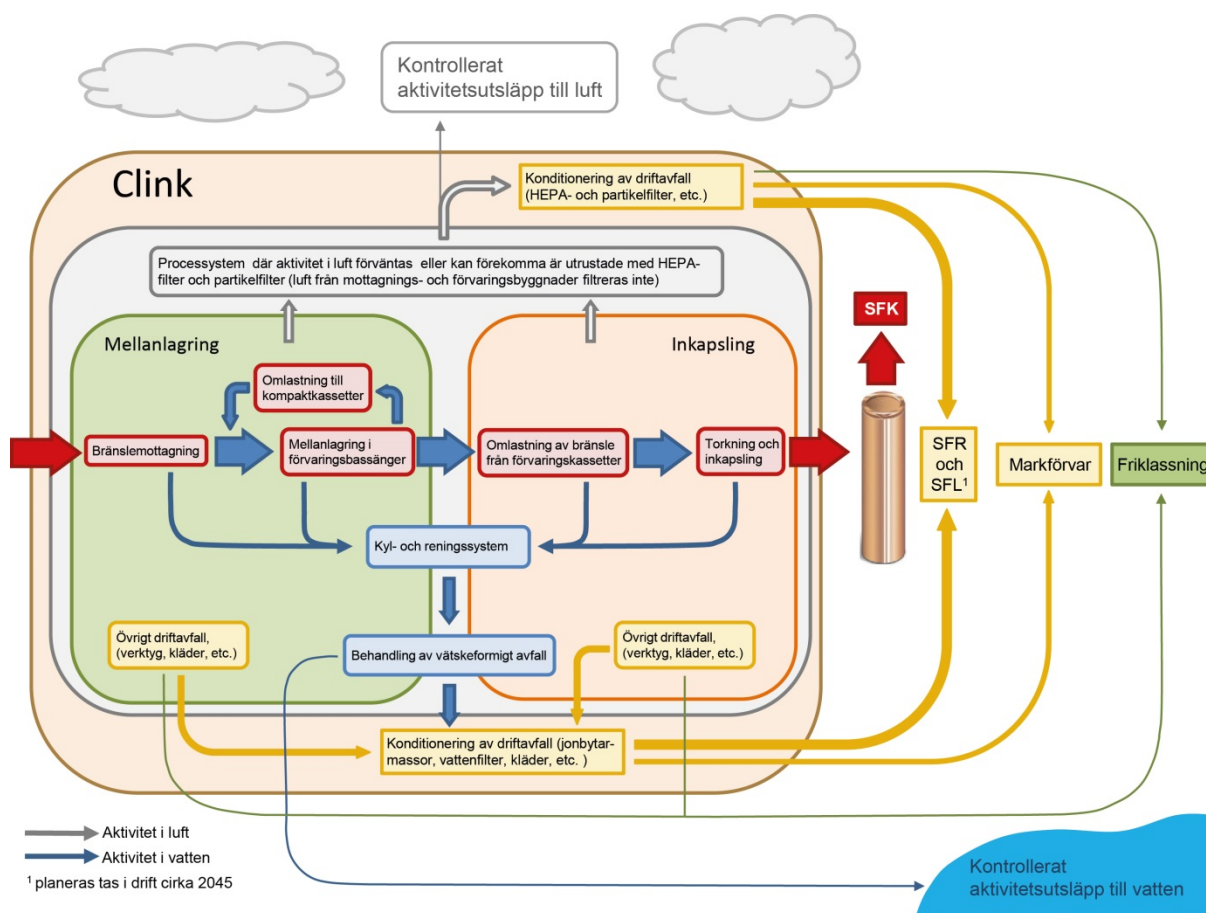
Kapitel 5 redovisar beräkningar av utsläpp av radioaktiva ämnen från anläggningen. Kapitel 6 redovisar konsekvens av utsläppen, uttryckt som dos till kritisk grupp vid normal drift.



Figur 3-2. Radioaktiva ämnens flödesvägar i Clab under normal drift (med en mellanlagringskapacitet på 11 000 ton).

3.3 Inkapsling och mellanlagring i Clink

När inkapslingsdelen av Clink tas i drift kommer den nuvarande huvudprocessen (mottagning och mellanlagring) att utökas med processteg som färdigställer kärnbränsleelement (som mellanlagras i förvaringsdelen) för inkapsling i kopparkapslar. Under mellanlagringen har bränsleelementens aktivitet minskat genom avklingning och det är bara hårt bundet crud som följer med bränsleelementen. Under inkapslingsprocessen kommer bränsleelementen delvis att hanteras i en torr miljö, vilket introducerar nya avfallsströmmar och krav på rening av luft och ytor, detta diskuteras vidare i avsnitt 4.3. Huvudprocessen tillsammans med avfallsströmmar och aktivitetsutsläpp till miljön illustreras i figur 3-3, bakgrundsfärgen markerar skillnaden mellan anläggningen för mellanlagring och den tillkommande inkapslingsdelen – tillsammans benämnd Clink.



Figur 3-3. Radioaktiva ämnens flödesvägar i Clink under normal drift. Bakgrundsfärgen markerar skillnaden mellan anläggningen för mellanlagring och den tillkommande inkapslingsdelen – tillsammans benämnd Clink. SFK=slutförvar för använt kärnbränsle.

Befintliga kyl- och reningssystem kommer att kvarstå med samma funktion som tidigare beskrivits. Vattenburna radioaktiva ämnen tas omhand av kyl- och reningssystemen. Dessa ämnen följer därmed inte med bränsleelementen i huvudprocessen till inneslutning i kopparkapslar. De ansamlas istället i avfallssystemen. En mindre mängd släpps ut efter kontroll av aktivitetsinnehåll.

Detaljkonstruktion av hanteringsstegen i inkapslingen (som utförs i torr miljö) görs i senare skede och då kommer stor vikt att läggas på att minimera frigörandet av radioaktiva ämnen samt omhändertagande av den mängd som ändå frigörs. Grundläggande principer som ska tillämpas är dels optimering och ALARA, vilket går ut på att stråldoser ska begränsas så långt detta rimligen kan göras, dels BAT, som innebär att bästa möjliga teknik ska användas.

4 Radioaktivt driftavfall

Detta kapitel redovisar en sammanställning av det driftavfall som uppkommer i samband med mellanlagring respektive inkapsling av använt kärnbränsle.

Radioaktivt avfall delas in i aktivitetskategorier utifrån mängden aktivitet och dessa nuklidens halveringstid, se tabell 4-1. Driftavfallet från Clab och Clink är antingen friklassningsbart eller tillhör aktivitetskategorier 2–4.

Tabell 4-1. Aktivitetskategorier.

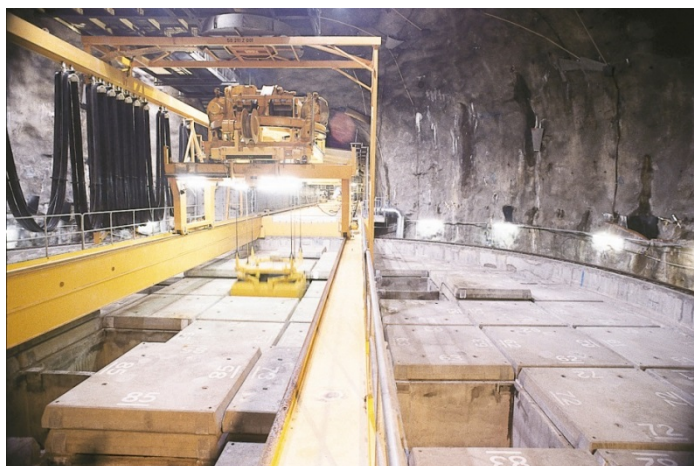
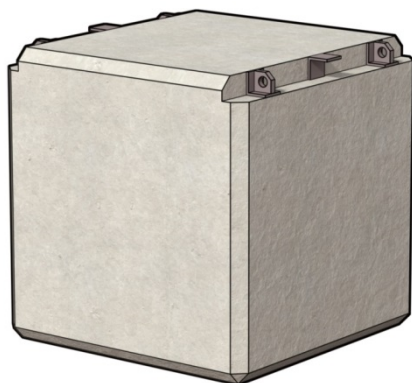
	Kategori	Aktivitetsinnehåll, i ökande ordning	Omhändertagande
1.	Friklassningsbart	Material som inte kräver särskild slutförvaring.	
2.	Kortlivat mycket lågaktivt	Mindre mängder nuklider med halveringstid under 31 år. Mycket små mängder av nuklider med längre halveringstid kan förekomma. Kan hanteras utan kylning eller strålskärmning.	Markförvar Dosraten på ytan på avfallskollin understiger 0,5 mSv/h.
3.	Kortlivat lågaktivt	Nuklider med halveringstid under 31 år. Små mängder av nuklider med längre halveringstid kan förekomma. Kan hanteras utan kylning eller strålskärmning.	SFR Dosraten på ytan på avfallskolli och oskärmad material understiger 2 mSv/h.
4.	Kortlivat medelaktivt	Betydande innehåll av nuklider med halveringstid under 31 år. Nuklider med halveringstid längre än 31 år kan förekomma i begränsade mängder. Hanteringen kräver strålskärmning, men inte kylning.	SFR
5.	Långlivat låg- och medelaktivt	Betydande innehåll av nuklider med halveringstid längre än 31 år. Hantering av medelaktivt avfall kräver strålskärmning medan det normalt inte behövs för lågaktivt avfall.	Kommande slutförvar för långlivat avfall (SFL)
6.	Högaktivt	Avfall som kräver både kylning och strålskärmning på grund av det radioaktiva sönderfallet. Normalt endast använt kärnbränsle.	Kommande slutförvar för använt kärnbränsle

4.1 Driftavfall från nuvarande Clab

Här redovisas en sammanställning av olika typer av driftavfall som förekommer på Clab i dag.

4.1.1 Jonbytarmassor

I anläggningens kyl- och reningssystem används två typer av jonbytarmassor, kornformig respektive pulverformig jonbytarmassa. Årligen förbrukas cirka en kubikmeter kornformig och 0,5 kubikmeter pulverformig jonbytarmassa. Aktiviteten domineras av Co-60 och massorna gjuts in i kokiller kampanjvis och klassas som kortlivat medelaktivt avfall, se figur 4-1.



Figur 4-1. Illustration av en betongkokill (1,2 x 1,2 x 1,2 m) och foto från toppen av silon i SFR.

4.1.2 Oljor

På kontrollerat område (arbetsställe från vilken radioaktivitet kan spridas och stråldos kan erhållas) används bland annat smörjoljor till rörliga komponenter, men även skär-, hydraul- och isoleringsoljor. Den årliga förbrukningen varierar, men ligger i cirka två kubikmeter per år. Oljeavfallet samlas upp i fat. Oljor innehåller mycket låg aktivitet och kan därför i de flesta fall friklassas.

4.1.3 Filterinsatser och filterstavar

I nedkylningssystemet för transportbehållare finns uppsamlingsfilter och i Clabs bassängers kyl- och reningssystem finns stavfilter. Filtren består av stål respektive polypropylen och byts regelbundet och förbrukningen är cirka 300 kilo per år.

Aktiviteten domineras helt av Co-60 och de förbrukade filtren konditioneras och packas i kokiller, cirka två kokiller vart femte år. De klassas som kortlivat medelaktivt avfall.

4.1.4 Slam och sediment

Små mängder slam och sediment – cirka 50 kilo per år, samlas upp och transporteras till OKG för rening och konditionering och slutförvaring i OKG:s markförvar (MLA, markdeponi för lågaktivt avfall) eller i SFR (SKB:s för slutförvar av kortlivat radioaktivt avfall i Forsmark).

4.1.5 Icke kompakterbart avfall

Det icke kompakterbara avfallet består huvudsakligen av metall, men även av HEPA-filter från ventilationen, vars aktivitet kommer att domineras av Co-60. Mängderna varierar mycket beroende på vilka underhållsarbeten som genomförs, men uppgår genomsnittligt till cirka två ton per år. Det består både av friklassningsbart och av låg- respektive medelaktivt kortlivat avfall, som packas i kokiller.

4.1.6 Kompakterbart avfall

Det kompakterbara avfallet består framför allt av emballage, trasor, engångskläder och mineralull, och uppgår till mellan två och 20 ton per år. Det kompakteras till balar. Beroende på aktivitetsinnehåll klassas det som kortlivat mycket lågaktivt eller kortlivat lågaktivt avfall.

4.1.7 Koncentrat från system för filtrering av partiklar och kolloider

Ett nytt system för rening av viss typ av processvatten kommer att tas i bruk under 2015. Det består av membran för filtrering av partiklar och kolloider och möjliggör effektivare partikelrening före jonbyte. Det medför att mängden avfall i form av jonbytmassa kommer att minska och i stället uppkommer

ett vätskeformigt avfall. Vätskan från membran-filtreringen koncentreras till cirka ett kilo koncentrat per kubikmeter vatten som passerar. Aktiviteten i koncentratet kommer att domineras av Co-60, Ag-108m och Ag-110m. Då systemet ännu inte tagits i drift är det svårt att i dagsläget ge en siffra på aktiviteten.

Vätskekoncentratet behöver inte gjutas in i separata kokiller, utan kan ersätta delar av det tillsatsvatten som används vid ingjutningen av jonbytarmassor i kokiller. Kokiller där koncentratet använts vid ingjutningen bedöms kunna klassas som kortlivat medelaktivt avfall.

4.1.8 Avfallsmängder som lämnar anläggningen

Material i anläggningen förbrukas och avfall produceras löpande, men hantering av avfallet sker ofta kampanjvis. Under perioden 2007 till 2011 lämnade 4–7 ton per år (8–14 m³) kompakterbart avfall Clab för slutförvaring antingen i MLA eller i SFR. Under samma period lämnade 171 kokiller med avfall Clab. Av dessa innehöll fem kokiller icke kompakterbart avfall (sopor och skrot), två filterstavar och -insatser samt 164 med jonbytarmassor.

Jonbytarmassor har producerats och sedan lagrats i tankar sedan Clab driftsattes. Under 2007 och 2009 kördes kampanjer med att gjuta in dessa massor i kokiller (76 kokiller med pulverformig jonbytarmassa och 88 med kornformig jonbytarmassa). Avfallskokillerna mellanlagras i BFA hos OKG inför transport till SFR.

4.2 Driftavfall från utökad mellanlagring

En utökad mellanlagring av använt kärnbränsle påverkar inte den årliga mängden använt kärnbränsle som tillförs Clab. Det innebär att hanteringen av mottaget bränsle och antalet arbetsmoment kopplade till den, inte förändras. Det är endast totala mängden bränsle som förvars i bassängerna som förändras.

En större mängd bränsle i förvaringsbassängerna medför en höjning av den resteffekt som behöver kylas bort och att mängderna driftavfall som uppstår på grund av det ökade kylvattenflödet.

Filter och jonbytarmassor bedöms inte behöva ersättas oftare på grund av utökad mellanlagring av använt kärnbränsle, men då det totala flödet genom dem kommer att bli högre, kommer aktiviteten som fångas upp bli något högre. Dock bedöms utbytta filter och jonbytarmassor fortsatt kunna klassas som kortlivat medelaktivt avfall.

Koncentrationen av aktivitet, framför allt Co-60 från crud, i bassängernas vatten bedöms inte öka nämnvärt, eftersom det till största delen är det nyanlända bränslet som är orsak till detta (och bränslet anländer i samma takt som tidigare).

Ett visst tillskott av aktivitet (främst Cs-137) till bassängvattnet kan komma från skadat kärnbränsle. Då betydligt färre skadade bränsleelement tas emot i dag än vad som gjorts tidigare, kommer aktiviteten av Cs-137 att domineras av det skadade bränsle som redan finns i förvaringsbassängerna.

Den ökade mellanlagringen bedöms därför ha mycket liten påverkan på den totala mängden driftavfall som uppstår.

4.2.1 Bearbetning och uttransport av hårdkomponenter

Bearbetning och uttransport av hårdkomponenter beskrivs i bilaga K:24, Teknisk beskrivning avseende förändringar i Clink och utökad mellanlagring (SKBdoc 1469192). Hanteringen i samband med uttransport av hårdkomponenter förväntas inte ge upphov till ytterligare avfall. Segmentering av styrestavar är dock en verksamhet som ger upphov till avfall. Kapning av styrestavar vid segmentering kan utföras under vatten i någon av bassängerna i mottagningshallen. Metallspån och material som

frigörs från styrvastarna samlas upp och placeras i BFA-tankar tillsammans med de kapade styrvastbladen. Segmenterade styrvastar och avfallet från segmenteringen beräknas rymmas i cirka 45 BFA-tankar.

Ordinarie kyl- och reningssystem till bassäng där kapning genomförs kommer att frångöras när kapning sker för att undvika aktivitetsspridning. Eventuellt kvarvarande material i bassängen kan sugas upp med en sugslang kopplad till portabel filterutrustning innan ordinarie reningssystem kopplas in. De förbrukade filtren blir då radioaktivt avfall. Segmentering innebär en ökad mängd slam och sediment de år hanteringen sker.

Slutsatsen är att segmentering av styrvastar inte ger upphov till nya avfallstyper och att ökningen av avfallsmängder på grund av segmentering är liten.

De övriga hårdkomponenterna (interndelar och hårdskrot) som mellanlagras på Clab utgörs av långlivat medelaktivt avfall som någon gång ska tas ut från anläggningen för att slutförvaras i SFL, se avsnitt 2.2.2. För att tillskapa utrymme för utökad mellanlagring måste dessa tas ut tidigare, men utgör inte i egentlig mening driftavfall. I bassängerna på Clab står i dag 43 kassetter med hårdkomponenter i form av diverse interndelar och hårdskrot, som är att betrakta som långlivat medelaktivt avfall.

4.2.2 Uppkomst av annat radioaktivt material – använda kassetter

Omlastningen av använt kärnbränsle från normalkassetter till kompaktkassetter innebär att normalkassetter tas ur bruk. Använda kassetter är inte att betrakta som avfall så länge beslut inte tagits om detta. Det innebär till exempel att använda kassetter kan lagras för att vid ett senare tillfälle och i mån av behov återanvändas. Det finns redan använda PWR-normalkassetter lagrade i BFA hos OKG. I dag finns drygt 500 normalkassetter med använt kärnbränsle i Clab som behöver omlastas till kompaktkassetter för att frigöra plats. Om det bedöms att använda kassetter inte blir aktuella för återanvändning kommer rimligen dessa att klassas som driftavfall. Aktuell fördelning av antal normalkassetter som kan komma att utgöra radioaktivt avfall (februari 2015) ges i tabell 4-2.

Tabell 4-2. Normalkassetter i Clab (februari 2015) som kan komma att utgöra radioaktivt avfall.

Typ av kassett	Antal
Normalkassetter för BWR-bränsle i Clab som innehåller bränsle	517
Använda normalkassetter för PWR-bränsle placerade i BFA	159
Använda normalkassetter för BWR-bränsle placerade i BFA	2

Flera alternativ kan bli aktuella för hantering av använda kassetter. En kassett väger strax över 1,5 ton och har på grund av neutronstrålning från kärnbränslet erhållit en liten inducerad aktivitet. Stickprover pekar på en specifik aktivitet på 5–10 kBq per kilo med Co-60 som helt dominerande nuklid. Om kassetterna inte kan friklassas, kommer de att betraktas som kortlivat lågaktivt avfall. Då finns det två alternativa sätt att hantera dem:

1. Skära ner dem till hanterbara bitar, packa dem i containrar och skicka dessa till SFR.
2. Skicka dem till Studsvik för bearbetning, smältning och därmed återvinning av större delen av metallen i kassetterna.

Det första alternativet resulterar i 1,5 ton avfall per kassett. Det andra alternativet innebär att den återstående slaggen från smältan behöver slutförvaras som kortlivat lågaktivt eller medelaktivt avfall, medan övrig smält metall kan friklassas och tillgodogöras vidare. Vikten på denna slagg uppskattas till 75 kilo per kassett. Totalt omfattas 678 använda normalkassetter. Avfallsmängderna uppgår därför till cirka 1 017 ton för det första alternativet och 51 ton för det andra.

Utöver dessa avfallsmängder tillkommer använda slamsugningsfilter från den slamsugning av kassetterna som behöver göras innan de tas upp ur bassängerna. Därtill dekontamineras och torkas kassetterna, vilket medför ökade vattenmängder som går till rening. I förhållande till det driftavfall som normalt uppkommer på Clab, handlar detta dock om mindre mängder och kan hanteras inom ramen för befintlig avfallshantering.

4.3 Driftavfall från inkapsling

När inkapslingsdelen av Clink tas i drift kommer vissa typer av avfall att tillkomma, huvudsakligen:

- HEPA-filter (partikelfilter för luftrening) från hanteringscellerna, framförallt cellen för torkning av bränsle.
- Driftavfall som uppkommer i samband med underhåll av hanteringsutrustning för den torra hanteringen.
- Spill från inkapslingsprocessen, framför allt kopparspån.
- Kompakterbart avfall.

Konservativt uppskattas en förbrukning av 50 HEPA-filter per år. Dessa utgör icke kompakterbart avfall och kommer att gjutas in i betongkokiller (3–4 per år).

Det driftavfall som uppstår vid underhåll av hanteringsutrustningen är till stor del endast ytkontaminerat och bedöms kunna rengöras för att friklassas och hanteras tillsammans med annat icke kompakterbart avfall. Mängden driftavfall från underhåll bedöms motsvara det som uppkommer i befintligt Clab, det vill säga att mängderna metallavfall bedöms öka till totalt cirka fyra ton från Clink per år.

Det spill som uppstår vid inkapslingsprocessen består till stora delar av kopparspån från svetsning och bearbetning av kopparkapslarna. Konservativt uppskattas dessa mängder till 50 ton per år. Då det inte är kontaminerat, kan mängden koppar återvinnas med konventionella metoder.

Tillkommande mängd kompakterbart avfall (till exempel emballage, trasor, engångskläder och mineralull) bedöms uppgå till sex ton per år, det vill säga totalt 8–20 ton per år kompakterbart avfall från Clink.

4.4 Sammanfattning

Material förbrukas löpande i anläggningen, men viss hanteringen av avfall och borttransport sker i kampanjer. Det gäller framför allt ingjutning i kokiller. I tabell 4-3 redovisas en sammanställning av olika typer av avfallskollin med driftavfall från Clab som lämnar anläggningen och en uppskattning av respektive mängder.

Sammanfattningsvis bedöms en utökad mellanlagring av använt kärnbränsle i Clab endast marginellt påverka uppkommen mängd driftavfall. När Clink tas i drift ökar mängden driftavfall, se avsnitt 4.3. Ökningen av antal avfallskollin alternativt mängd avfall redovisas i tabell 4-3 så som bedömt tillkommande bidrag.

Tabell 4-3. Olika typer av avfallskollin med driftavfall från Clab, samt uppskattat tillkommande från Clink.

Avfallskolli	Innehåller	Mängder från Clab per år	Tillkommande från Clink per år
Kokiller	Jonbytarmassor, filterstavar, filterinsatser, koncentrat från membranfiltrering	15–90 stycken	2–9 stycken
Oljefat	Smörjoljor, skäroljor med mera	4–6 stycken	1 stycken
Icke kompakterbart avfall	Skrot, HEPA-filter, med mera	ca 2 ton	ca 2 ton
Kompakterade balar	Emballage, mineralull, kläder, med mera	2–20 ton	ca 6 ton
Behållare med avfall för vidare behandling på OKG	Slam, sediment	ca 50 kg	–

5 Aktivitetsutsläpp vid normal drift

Här redogörs för de arbetsmoment och komponenter som finns i anläggningen och som kan leda till aktivitetsutsläpp till omgivningen. De sker dels i form av utsläpp till luft via skorstenen, dels till vattenrecipient genom utsläpp via kylkanalen.

Inledningsvis presenteras verksamheten i nuvarande Clab, sedan förändringarna i samband med utökad mellanlagring i Clab och slutligen vid driften av Clink. I slutet av varje avsnitt presenteras aktivitetsutsläpp i tabeller. Urvalet av nukliderna i tabellerna är baserat på deras radiologiska konsekvens.

För nuvarande Clab baseras redovisning på erfarenhet och uppmätta utsläppsvärden för faktisk mottagning av i snitt 200 ton använt kärnbränsle per år, medan de för övriga fall bygger på modellberäkningar med en mottagning av 300 ton per år. Beräkningar baserade på 300 ton per år är konservativa, då även den framtida mottagningen av använt kärnbränsle i medeltal kommer att uppgå till 200 ton per år. Mottagning av upp till 300 ton per år kan inträffa något enstaka år efter det att en reaktor ställts av och hela härden ska skickas för mellanlagring. I bilagan finns halveringstiderna för de nuklider som finns i tabellerna.

Konsekvenserna av dessa utsläpp i termer av stråldos till personal och till kritisk grupp tas upp i kapitel 6.

5.1 Aktivitetsutsläpp – nuvarande Clab

Utsläpp av radioaktiva ämnen från Clab till omgivningen kan vara luftburen eller vattenburen.

5.1.1 Luftburna aktivitetsutsläpp

Vid normal drift släpps luftburen aktivitet ut från Clab via huvudskorstenen. Mottagnings- och förvaringsdelen har egna frånluftssystem. Frånluft från samtliga delsystem i dessa anläggningsdelar sammanförs och lämnar anläggningen via huvudskorsten, som är försedd med utsläppsmontage för att kunna detektera och kvantifiera utsläpp.

Luftburen aktivitet kan frigöras till processventilationen vid bland annat avsug från tankar och backspolning av jonbytare. Även vid punktavsug från andra platser i anläggningen kan luftburen aktivitet tillföras processventilationen. Vissa av dessa ventilationsflöden passerar filter innan de når huvudskorstenen.

Andra källor till luftburen aktivitet är ytor med kontaminerat vatten som får torka, till exempel vid torkning av hanteringsutrustning som används i bassängerna eller vid tömning av bassänger och aktivitet som under åren deponerat i ventilationskanalerna.

Skadat bränsle som är placerat i förvaringsbassäng kan avge gasformiga fissionsprodukter och ge upphov till luftburen aktivitet. Bränslestavar med kapslingsskador är dock mer eller mindre tömda på gasformig aktivitet redan innan dessa placeras i förvaringsbassängerna, och dessutom lagras bränslet i vatten varvid skador på bränslestavar är utsatta för ett vattentryck. Detta innebär att avgivningen av gasformiga fissionsprodukter från sådant bränsle kan förväntas vara låg. Erfarenheter från Clab och från bränslebassänger i svenska kärnkraftverk samt internationella erfarenheter visar att avgivningen av luftburen aktivitet från använt kärnbränsle i bassänger är så liten att den inte är detekterbar.

5.1.2 Vattenburna aktivitetsutsläpp

Aktivitet tillförs process- och bassängvatten vid de olika moment som utförs vid hantering och mellanlagring av det använda kärnbränslet, se avsnitt 3.4 i bilaga K:24, Teknisk beskrivning avseende förändringar i Clink och utökad mellanlagring (SKBdoc 1469192).

Till systemet för rening av processvatten förs bland annat det vatten som kyler bränslet i transportbehållaren samt vattnet som kyler och renar mottagnings- och förvaringsbassängerna. Övrigt vatten i anläggningen hamnar i golvdränaget.

Process- respektive golvdränagevattnet renas från partiklar, till exempel crud som lossnat från bränselementens ytor i bassängerna, i mekaniska filter och i jonbytare. Processvattnet kan efter godkända prov avseende bland annat aktivitet återanvändas. Golvdränagevattnet samlas upp i tankar där radiologiska och kemiska mätningar utförs. Vid godkänt prov pumpas vattnet ut i kylvattenkanalen som mynnar ut i Hamnefjärden, i annat fall går det tillbaka för ytterligare rening.

5.1.3 Uppmätta utsläpp från Clab

I tabellerna 5-1 och 5-2 redovisas uppmätta utsläpp till luft respektive vatten från Clab under åren 2003–2013 i form av medelvärden och max- respektive minvärden. Under perioden togs i snitt cirka 200 ton använt kärnbränsle emot per år.

Tabell 5-1. Uppmätta utsläpp till luft från Clab.

Nuklid	Uppmätta utsläpp Clab 2003–2013 [Bq/år]		
	Medel	Min	Max
Mn-54	3,1E+04	1,7E+04	5,6E+04
Co-60	4,3E+06	5,6E+05	6,9E+06
Kr-85	8,6E+11	1,0E+10	1,7E+12
Sr-90	9,3E+04	1,6E+04	2,0E+05
Cs-137	2,4E+05	3,8E+04	6,2E+05
Pu-238/Am-241	2,2E+04	1,7E+03	4,7E+04
Pu-239/Pu-240	3,8E+03	1,5E+03	1,3E+04
Am-243	9,9E+03	3,2E+03	1,6E+04
Cm-243/Cm-244	1,4E+04	1,9E+03	4,6E+04

Tabell 5-2. Uppmätta utsläpp till vatten från Clab.

Nuklid	Uppmätta utsläpp Clab 2003–2013 [Bq/år]		
	Medel	Min	Max
H-3	1,6E+09	8,3E+07	9,9E+09
Mn-54	5,3E+05	1,5E+05	9,1E+05
Co-58	1,1E+06	3,1E+05	2,1E+06
Co-60	5,5E+07	1,1E+07	1,2E+08
Ag-108m	1,4E+07	2,1E+04	6,7E+07
Ag-110m	2,2E+07	1,0E+06	4,6E+07
Sb-125	1,6E+07	1,2E+06	8,7E+07
Sr-90	1,4E+05	6,9E+04	2,3E+05
Cs-137	2,7E+07	9,5E+06	5,8E+07
Pu-238/Am-241	2,4E+04	1,6E+03	6,0E+04
Pu-239/Pu-240	6,6E+03	2,3E+02	2,2E+04
Am-243	9,8E+03	1,1E+03	6,3E+04
Cm-243/Cm-244	1,0E+04	4,7E+02	3,6E+04

De uppmätta kontrollerade utsläppen av radioaktiva ämnen till luft respektive vatten i tabell 5-1 och 5-2, omräknade till dos till kritisk grupp klarar med marginal gällande doskrav. I tabellerna har två nuklider höga värden, det är Kr-85 till luft och H-3 till vatten. Dosomvandlingsfaktorerna för dessa två är fyra storleksordningar mindre än för till exempel Co-60, vilket resulterar i av bidraget från dessa till dos blir låg. I kapitel 6 förs diskussionen om resulterande doser i relation till gränsvärden till följd av det kontrollerade utsläppet.

5.2 Aktivitetsutsläpp – utökad mellanlagring i Clab

Som redogjordes för i kapitel 4 bedöms en utökad mellanlagring i nuvarande Clab inte att leda till några betydande förändringar av inventariet av fri aktivitet i anläggningen och därmed endast innebära en liten påverkan på utsläppen av aktivitet. De uppmätta utsläppen från nuvarande Clab användes för att ta fram en modell för beräkning av utsläppen vid utökad mellanlagring. Beräkningarna av aktivitetsutsläppen bygger på en mottagning av 300 ton använt kärnbränsle per år, vilket endast kommer att inträffa några enstaka år.

5.2.1 Beräknade värden

Modellberäkningar för utsläpp av aktivitet till luft och vatten från Clab har genomförts, både med konservativa och realistiska antaganden, för mellanlagring av 11 000 ton använt kärnbränsle. Beräkningarna med realistiska antaganden syftar bland annat till att ge just en realistisk uppskattning av de årliga utsläppen av aktivitet. Beräkningarna med konservativa antaganden syftar till att ge konstruktionsdimensionerande data och behandlas inte vidare i detta dokument.

De realistiska beräkningarna ska också ge en rimlig övre gräns för utsläppen från anläggningen, vars värden ska vara tillräckligt robusta för att gälla även när förändringar av driften genomförs, men där förändringarna är av sådan art att de inte föranleder behov av att uppdatera säkerhetsredovisningen. För att åstadkomma detta finns en viss konservatism även i de realistiskt beräknade utsläppen. Den

består bland annat av, att den tid som tillförd aktivitet tillåts klinga av före utsläpp underskattas i förhållande till det verkliga driftsfallet. Det i sin tur leder till att mer aktivitet från kortlivade nuklider överskattas i de beräknade värdena, jämfört med de faktiska utsläppen. Denna konservatism, tillsammans med en högre antagen mängd mottaget använt kärnbränsle per år, medför att det inte är möjligt att direkt jämföra de faktiskt uppmätta utsläppen med de realistiska modellberäkningarna.

Beräkningarna för utökad mellanlagring skiljer sig också från nuvarande Clab i och med att införandet av membran för filtrering av svårfiltrerat vatten tillgodoräknas i beräkningarna och därmed sänker utsläppen av radioaktiva ämnen. Den tillkommande utrustningen för så kallad membranfiltrering beskrivs i avsnitt 2.1.

I tabell 5-3 presenteras resultat från modellberäkningar av utsläpp vid utökad mellanlagring i Clab.

Tabell 5-3. Realistiska beräkningar av utsläpp till luft och vatten för utökad mellanlagring i Clab utgående från beräkningsmodellen för Clink.

Nuklid	Beräknade utsläpp – Clab 11 000 ton [Bq/år]	
	Luft	Vatten
H-3	—	1,6E+10
Mn-54	5,6E+06	3,2E+07
Fe-55	8,2E+07	4,7E+08
Co-58	1,4E+06	7,8E+06
Co-60	8,9E+07	3,1E+08
Ni-59	1,7E+04	9,7E+04
Ni-63	2,6E+06	1,5E+07
Ag-108m	5,4E+06	3,3E+07
Ag-110m	9,4E+05	5,4E+06
Sb-125	6,1E+05	1,1E+07
Kr-85	2,5E+10	—
Sr-90	1,7E+05	3,2E+04
I-129	3,3E-02	1,8E+00
Cs-134	1,4E+04	7,7E+05
Cs-137	8,4E+04	5,4E+06
Pu-238	8,8E+04	1,1E+03
Pu-239	1,2E+04	1,5E+02
Pu-240	2,0E+04	2,6E+02
Pu-241	1,7E+06	2,2E+04
Am-241	1,2E+04	1,6E+02
Am-243	9,2E+02	1,2E+01
Cm-244	6,6E+04	8,5E+02

Resultaten i tabell 5-3 från beräkningar av kontrollerade utsläpp från utökad mellanlagring i Clab bränsle bör med försiktighet jämföras med uppmätta utsläpp från nuvarande Clab, redovisade i tabell 5-1 och 5-2. Överensstämmelsen mellan beräknade och uppmätta utsläpp är dock tillfredställande och indikerar att kunskapen om anläggningen är god.

5.3 Aktivitetsutsläpp – inkapsling och mellanlagring i Clink

I inkapslingsdelen av Clink kan aktivitet frigöras under normal drift i samband med hanteringen i bassängerna och den torra hanteringen av det använda kärnbränslet.

5.3.1 Luftburen aktivitet

Vid normal drift sammanförs frånluften från samtliga delsystem i inkapslingsdelen och lämnar anläggningen via huvudskorsten. Den är försedd med utsläppsmontering för att kunna detektera och kvantifiera utsläpp av luftburen aktivitet.

Vid den torra hanteringen av använt kärnbränsle i anläggningens heta celler kan aktivitet komma att frigöras genom att crud lossnar från bränsleelementens utsida. Den största mängden crud kommer sannolikt att frigöras vid torkning av bränslet. Merparten av den frigjorda aktiviteten bedöms följa med luftströmmen och fastna i torkningssystemets HEPA-filter, medan tyngre partiklar stannar kvar och samlas upp vid dekontaminering av systemet.

Ventilationssystemet är utformat så att luftflödet alltid går från utrymmen med lägre aktivitet mot utrymmen med förväntad högre aktivitet. I utrymmen där luftburen aktivitet förväntas är ventilationssystemet utrustat med HEPA-filter som samlar upp de luftburna partiklarna. En viss kontamination av ventilationssystemen nedströms hanteringscellen bör dock förutsättas. För att minimera den har avskiljningsgraden i filter i torkning- och ventilationssystem specificerats till minst 99,975 procent.

5.3.2 Vattenburen aktivitet

I inkapslingsdelens bassänger förs aktivitet från det uppställda bränslet bort av kyl- och reningssystemet, som är gemensamt med Clab, för att slutligen samlas upp på filter och i jonbytare. Det innebär att mängden uppsamlad aktivitet i reningssystemet förväntas öka något.

Hanteringscellerna för torkning och inkapsling av bränslet kommer att kontamineras. Cellerna rengörs med vatten, som kommer att behöva renas innan det kan släppas ut. Detta leder till att även aktivitetsutsläpp via vatten kan förväntas öka något i samband med inkapslingen. Denna aktivitet samlas upp i anläggningens golvdränagesystem, som är gemensamt med Clab, för rening på samma sätt som sker i Clab idag.

5.3.3 Beräknade utsläpp av aktivitet från Clink

I tabell 5-4 redovisas beräknade aktivitetsutsläpp till luft och vatten från mellanlagring och inkapsling i Clink. Generellt sett är de beräknade utsläppen något högre än de som uppmätts på Clab i dag, se tabell 5-1 och 5-2. Undantagen är nukliden krypton, Kr-85, där det antas att mindre mängd skadat kärnbränsle kommer att komma till anläggningen i framtiden samt aktiniderna (plutonium, Pu-238, och de tyngre isotoperna som redovisas i tabellen). Anledningen till diskrepansen för aktiniderna är kopplad både till osäkerheter i de uppmätta värdena och till osäkerheter i de beräknade värdena.

Tabell 5-4. Realistiska beräkningar av utsläpp till luft och vatten från Clink.

Nuklid	Clink 11 000 ton, beräknade utsläpp [Bq/år]	
	Luft	Vatten
H-3	—	2,9E+10
Mn-54	5,6E+06	1,1E+06
Fe-55	8,2E+07	5,8E+07
Co-58	1,4E+06	2,6E+05
Co-60	8,9E+07	3,1E+08
Ni-59	1,7E+04	3,5E+05
Ni-63	2,6E+06	4,8E+07
Ag-108m	5,4E+06	2,6E+06
Ag-110m	9,4E+05	1,8E+05
Sb-125	6,1E+05	4,1E+05
Kr-85	2,6E+10	—
Sr-90	1,7E+05	2,0E+07
I-129	3,3E-02	5,6E+00
Cs-134	1,4E+04	5,1E+05
Cs-137	8,4E+04	3,1E+07
Pu-238	8,8E+04	3,7E+03
Pu-239	1,2E+04	5,5E+02
Pu-240	2,0E+04	9,5E+02
Pu-241	1,7E+06	4,0E+04
Am-241	1,2E+04	1,8E+03
Am-243	9,2E+02	4,3E+01
Cm-244	6,6E+04	1,8E+03

När de beräknade utsläppen från Clink (tabell 5-4) jämförs med beräkningarna av utsläpp från utökad mellanlagring i Clab (tabell 5-3), är det värt att notera att utsläppen av vissa nuklider uppskattas bli lägre för Clink än för enbart utökad mellanlagring. Det handlar om de nuklider vars utsläppsväg domineras av vatten som renas i systemet för golvdränage och har en kortare halveringstid än Co-60.

Då Co-60 dominerar dosen till kritisk grupp vid utsläpp till vattenrecipient, är det i huvudsak Co-60 som måste ligga under en viss nivå innan vattnet kan tillåtas att släppas ut. Halten Co-60 är högre än halten av de mer kortlivade nukliderna i vattnet i Clink än i vattnet från utökad mellanlagring i Clab. Vattnet från Clink kommer därför att behöva renas under längre tid för att uppnå samma koncentration av Co-60 (200 Bq/kg) som i vattnet från Clab, innan utsläpp. Detta leder till att reningsgraden för de mer kortlivade nukliderna blir lägre för utökad mellanlagring i Clab jämfört med när Clink tagits i drift.

En konsekvens av det högre kravet på vattenrening är att mängden driftavfall i form av jonbytarmassor ökar något, se tabell 4-3.

5.4 Utsläpp till följd av anläggningsändringar och tillfälliga åtgärder

I detta avsnitt redovisas förväntade aktivitetsutsläpp som följd av den hantering av hårdkomponenter (interndelar och styrtavar) samt omlastning till kompaktkassetter som behöver utföras för att skapa utrymme för utökad mellanlagring av använt kärnbränsle.

5.4.1 Omlastning av använt kärnbränsle från normalkassetter till kompaktkassetter

Det finns cirka 500 normalkassetter med BWR-bränsle förvarade på Clab, se avsnitt 4.2.2. Detta kärnbränsle behöver lastas om till kompaktkassetter. Omlastning av kärnbränsle från normalkassetter till kompaktkassetter har tidigare genomförts i kampanjer på Clab. Baserat på utsläppsstatistiken från det arbetet, kan inte någon egentlig påverkan på aktivitetsutsläppen från de åren kampanjerna pågick ses. Av detta skäl antas att förnyad omlastning endast kommer att ha marginell påverkan på utsläppen av aktivitet från anläggningen.

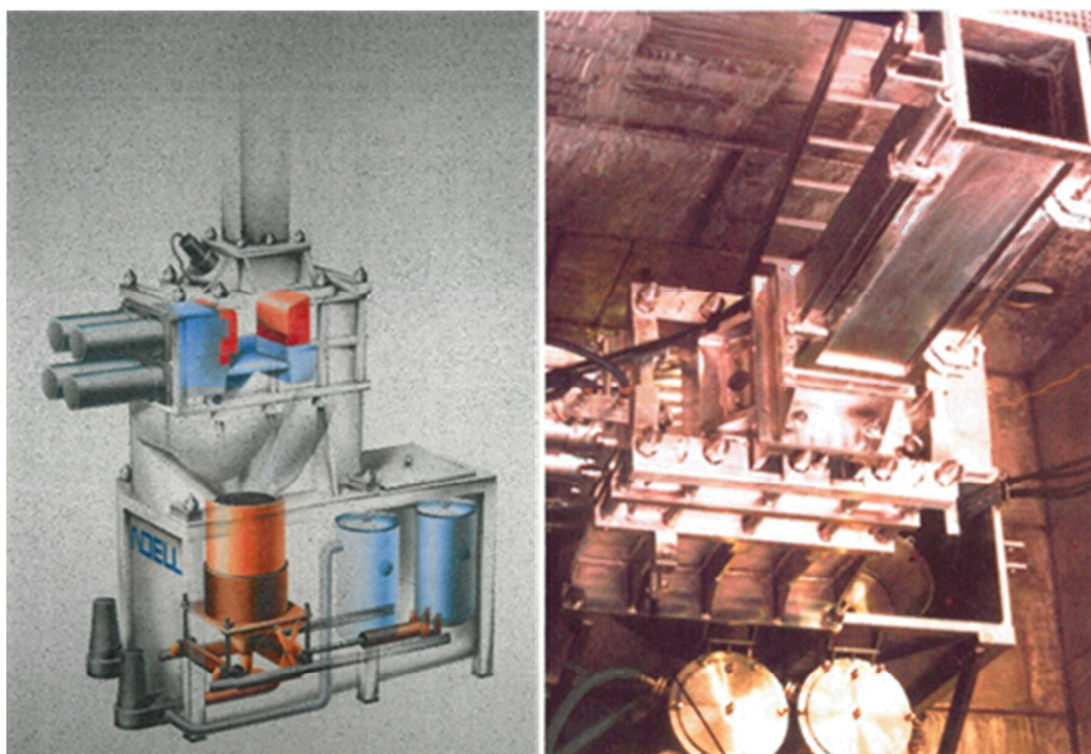
5.4.2 Hantering av interndelar och härds-krot

Interndelar och härds-krot är komponenter som suttit i kärnkraftverkens reaktortankar och är att betrakta som långlivat medelaktivt avfall. Dock rör det sig om relativt få kassetter (43 stycken) i förhållande till det totala antalet lagrade kassetter med använt bränsle. Att lasta om kassetter med interndelar skulle endast innebära en mindre ökning av arbetsmoment jämfört med den löpande mottagningstakten av använt bränsle från kärnkraftverken. Detta innebär att omlastning av dessa interndelar från kassetter till så kallade BFA-tankar inte skulle ha nämnvärd påverkan på utsläppen av aktivitet. När komponenterna är ompackade till BFA-tankar behöver dock dessa torkas. Det sker normalt sett genom vakuumtorkning. Kondenserat vatten förs till Clabs reningssystem och luften leds via HEPA-filer och därför bedöms denna process till försumbara utsläpp i förhållande till dagens normaldriftsutsläpp från Clab.

5.4.3 Hantering av styrtavar

Förbrukade styrtavar hanteras på många olika sätt i världen i dag. Styrtavar från svenska kärnkraftverk mellanlagras för närvarande i Clab, se förutsättningar avsnitt 2.2.2.

Segmenteringen av styrtavar kan ske med olika metoder och det finns internationell erfarenhet, exempelvis i Tyskland. Segmentering av andra hårdkomponenter har framgångsrikt genomförts vid ett flertal tillfällen vid svenska kraftverk, men inhemska erfarenheter av segmentering av styrtavar saknas.



Figur 5-1. Segmenteringstrustning.

SKB har utrett de tekniska möjligheterna att genom kapning segmentera BWR-styrstavar i bassängerna i mottagningshallen i Clab. Den studerade segmenteringslösningen innebär att styrstavarna, som är placerade i kassetter, hämtas från förvaringsbassängerna via bränslehissen till någon av bassängerna i mottagningshallen i Clab. Där placeras styrstaven i en segmenteringsutrustning och kapas på längden till cirka tio centimeter långa bitar, se figur 5-1. Partikulära ämnen såsom metallspån från segmenteringen och borkarbid från styrstavarna samlas upp i segmenteringsutrustningens filtersystem eller i segmenteringssystemets uppsamlingskassett. Eventuellt kvarstående spån samlas upp via befintlig slamsugningsutrustning. Det antas att hälften av spånorna och borkarbiden uppsamlas i segmenteringsutrustningens filter samt att den resterande hälften sedimenterar i uppsamlingskassetten. Denna hantering ger upphov till tillfällig ökat driftavfall, se avsnitt 4.2.1.

Segmentering av styrstavar kommer även att ge upphov till frigörelse av tritium. En konservativ uppskattning av styrstavarnas innehåll av tritium motsvarar $5 \cdot 10^{13}$ Bq per styrstav. Uppskattningen gäller för en så kallad reglerstyrstav, avställningsstyrstavar har en till två storleksordningar lägre aktivitet och utgör majoriteten av styrstavarna. Större delen av tritiumet är bundet till borkarbiden eller har reagerat med stålet i styrstaven, men en mindre del återfinns som gas i staven. Uppskattningsvis rör detta sig om en procent av den totala tritiummängden som är gasformig. När staven kapas kan den gasformiga delen av tritiumet avges och kommer då antingen att följa med utsuget i kapningsutrustningen och avgasas eller lösa sig i bassängens vatten. Baserat på erfarenhet från Tyskland går 60 procent av tritiumet iväg med utsuget och 40 procent löser sig i bassängvattnet.

Avgaserna passerar genom en så kallad tritiumfälla där cirka 99 procent av tritiumet fångas upp. Det tritium som löser sig i bassängens vatten bildar där nya vattenmolekyler (ofta betecknade HTO) och kommer på sikt att släppas ut med utsläppsvattnet till vattenrecipienten. Detta betyder att av de $5 \cdot 10^{13}$ Bq tritium som en styrstav konservativt kan innehålla, kommer uppskattningsvis $3 \cdot 10^9$ Bq att släppas ut till luft via skorstenen och ungefär $2 \cdot 10^{11}$ Bq till vattenrecipienten. Hela segmenterings-

processen, inklusive tritiumfälla och analys av tritiumets transport från styrestaven till recipient kommer att studeras och optimeras utifrån gällande principer för BAT och ALARA.

Segmenteringen kommer också att föregås av noggranna strålsäkerhetsrelaterade analyser, med vilka säkerhetsredovisningen för Clab kommer att uppdateras, för att sedan godkännas av SSM innan åtgärden kan genomföras.

5.5 Slutsatser

5.5.1 Luftburna aktivitetsutsläpp

I tabell 5-5 redovisas realistiska beräkningar av luftburna aktivitetsutsläpp från Clab med mellanlagringskapacitet på 11 000 ton samt från Clink. För jämförelse redovisas i tabell 5-5 även utsläppsvärden från Clabs skorsten enligt nuklidspecifika mätningar. Slutsatsen är att realistiska beräkningar av luftutsläpp från Clink är i nivå med de uppmätta utsläppen från Clab.

Slutsatsen är att realistiska beräkningar av utsläpp från Clink är i nivå med de uppmätta utsläppen från Clab. Som en realistisk prognos för framtiden ansätts att aktivitetsutsläppen från Clink totalt ökar med 50 procent jämfört med de utsläpp från Clab som varit rådande under perioden 2003–2013. Bakgrunden till detta är kombinationen tillkomsten av inkapslingsdelen samt att ha marginal för att viss variation i utsläppen från Clab förekommer.

Tabell 5-5. Jämförelse mellan realistiskt beräknade utsläppsvärden för Clab med utökad mellanlagring och Clink samt uppmätta utsläpp till luft från nuvarande Clab.

Nuklid	Clab 11 000 ton Beräknade utsläpp [Bq/år]	Clink Beräknade utsläpp [Bq/år]	Clab Uppmätta utsläpp 2003–2013 [Bq/år]		
	Realistiskt	Realistiskt	Medel	Min	Max
Mn-54	5,6E+06	5,6E+06	3,1E+04	1,7E+04	5,6E+04
Fe-55	8,2E+07	8,2E+07	—	—	—
Co-58	1,4E+06	1,4E+06	—	—	—
Co-60	8,9E+07	8,9E+07	4,3E+06	5,6E+05	6,9E+06
Ni-59	1,7E+04	1,7E+04	—	—	—
Ni-63	2,6E+06	2,6E+06	—	—	—
Ag-108m	5,4E+06	5,4E+06	—	—	—
Ag-110m	9,4E+05	9,4E+05	—	—	—
Sb-125	6,1E+05	6,1E+05	—	—	—
Kr-85	2,5E+10	2,6E+10	8,6E+11	1,0E+10	1,7E+12
Sr-90	1,7E+05	1,7E+05	9,3E+04	1,6E+04	2,0E+05
I-129	3,3E-02	3,3E-02	—	—	—
Cs-134	1,4E+04	1,4E+04	—	—	—
Cs-137	8,4E+04	8,4E+04	2,4E+05	3,8E+04	6,2E+05
Pu-238	8,8E+04	8,8E+04	—	—	—
Pu-239	1,2E+04	1,2E+04	—	—	—
Pu-240	2,0E+04	2,0E+04	—	—	—
Pu-241	1,7E+06	1,7E+06	—	—	—
Am-241	1,2E+04	1,2E+04	—	—	—
Am-243	9,2E+02	9,2E+02	9,9E+03	3,2E+03	1,6E+04
Cm-244	6,6E+04	6,6E+04	—	—	—

Utsläppsvägar till luft från Clink kommer att vara samma som för utökad mellanlagring i Clab, därför ger beräkningsmodellen i stort sett samma uppskattningar, se tabell 5-5. I en jämförelse av beräkningarna med uppmätta värden från Clab, finns noterbara skillnader, som främst beror på tre faktorer:

- 1) Uppmätta data från Clab gäller för cirka 6 000 ton använt kärnbränsle medan beräkningarna baseras på 11 000 ton.
- 2) Konservativa antaganden i beräkningsmodellen.
- 3) Mängden skadat bränsle som tas emot i Clab har en tydlig tendens att sjunka. Tydligast ses detta för nukliden Kr-85.

5.5.2 Vattenburna aktivitetsutsläpp

I tabell 5-6 redovisas uppskattade realistiska vattenburna aktivitetsutsläpp till omgivningen från Clab med mellanlagringskapacitet på 11 000 ton samt från Clink. För jämförelse redovisas i tabell 5-6 även

utsläppsvärden från Clab hämtade från år 2002–2013. Slutsatsen är att realistiskt uppskattade vattenburna aktivitetsutsläpp från Clink är i nivå med uppmätta utsläpp från Clab.

Tabell 5-6. Jämförelse mellan realistiskt beräknade utsläppsvärden för Clab med utökad mellanlagring och Clink samt uppmätta utsläpp till vatten från nuvarande Clab.

Nuklid	Clab 11 000 ton Beräknade utsläpp [Bq/år]	Clink Beräknade utsläpp [Bq/år]	Clab Uppmätta utsläpp 2003–2013 [Bq/år]		
	Realistiskt	Realistiskt	Medel	Realistiskt	Realistiskt
H-3	1,6E+10*	1,6E+10*	1,6E+09	8,3E+07	9,9E+09
Mn-54	3,2E+07	1,1E+06	5,3E+05	1,5E+05	9,1E+05
Fe-55	4,7E+08	5,8E+07	—	—	—
Co-58	7,8E+06	2,6E+05	1,1E+06	3,1E+05	2,1E+06
Co-60	3,1E+08	3,1E+08	5,5E+07	1,1E+07	1,2E+08
Ni-59	9,7E+04	3,5E+05	—	—	—
Ni-63	1,5E+07	4,8E+07	—	—	—
Ag-108m	3,3E+07	2,6E+06	1,4E+07	2,1E+04	6,7E+07
Ag-110m	5,4E+06	1,8E+05	2,2E+07	1,0E+06	4,6E+07
Sb-125	1,1E+07	4,1E+05	1,6E+07	1,2E+06	8,7E+07
Sr-90	3,2E+04	2,0E+07	1,4E+05	6,9E+04	2,3E+05
I-129	3,2E+04	5,6E+00	—	—	—
Cs-134	1,8E+00	5,1E+05	—	—	—
Cs-137	7,7E+05	3,1E+07	2,7E+07	9,5E+06	5,8E+07
Pu-238	5,4E+06	3,7E+03	—	—	—
Pu-239	1,1E+03	5,5E+02	—	—	—
Pu-240	1,5E+02	9,5E+02	—	—	—
Pu-241	2,6E+02	4,0E+04	—	—	—
Am-241	2,2E+04	1,8E+03	—	—	—
Am-243	1,6E+02	4,3E+01	9,8E+03	1,1E+03	6,3E+04
Cm-244	1,2E+01	1,8E+03	—	—	—

*Konservativt antagande att utsläppen är tio gånger högre än det uppmätta.

Beräkningsmodellen för utsläpp till vattenrecipient är baserad på de i kapitel 2 beskrivna förutsättningarna och de förändringar i Clab som planeras. De tre faktorerna som redovisats för utsläpp till luft under tabell 5-5 som måste beaktas vid jämförelse av beräkningar och uppmätta värden, gäller även vid jämförelse av värden för utsläpp till vatten i tabell 5-6.

De lägre utsläppen av radioaktiva ämnen från Clink jämfört med de från utökad mellanlagring i Clab beror på att Clink kommer ha ett ökat behov att rena vatten från Co-60, se beskrivning under tabell 5-4.

Den ökade utsläppsmängden av Sr-90 från Clink beror på konservativa antaganden av vad som sker vid torkning av skadat bränsle. Ökningen av aktinider (Pu-238 och nedåt i tabellen) härrör från motsvarande konservativa antagande, dessa nuklider är dock inte lika rörliga och fångas till viss del in av reningssystemet.

6 Konsekvens – doser vid normal drift

I detta kapitel redovisas den dos som orsakas av de radioaktiva utsläppen vid normal drift, som redovisats i kapitel 5. Alla stråldoser som redovisas avser effektiv dos.

I enlighet med ALARA-principen ska alla stråldoser hållas så låga som det är rimligt möjligt. I arbetet med optimeringen av strålskyddet är identifieringen av strålskyddsmål och utformningen av handlingsplaner viktiga. Dessa utformas så att de täcker in såväl det dagliga som det långsiktiga arbetet. Utvärdering och uppföljning av mål och handlingsplaner sker minst en gång per år.

För dos till personal gäller enligt ett av strålskyddskraven, att ingen individ av personalen på en kärnteknisk anläggning ska erhålla en årsdos som är högre än 50 mSv och att dosen under fem år i följd ska understiga 100 mSv (SSM 2009a).

För kärntekniska anläggningar finns det krav på att sammanlagd dos till en individ i kritisk grupp från anläggningar inom samma geografiska område inte får överskrida 0,1 mSv per år (SSM 2009b). Doskravet ska därför tillämpas gemensamt för kärnkraftverket i Oskarshamn och Clab/Clink.

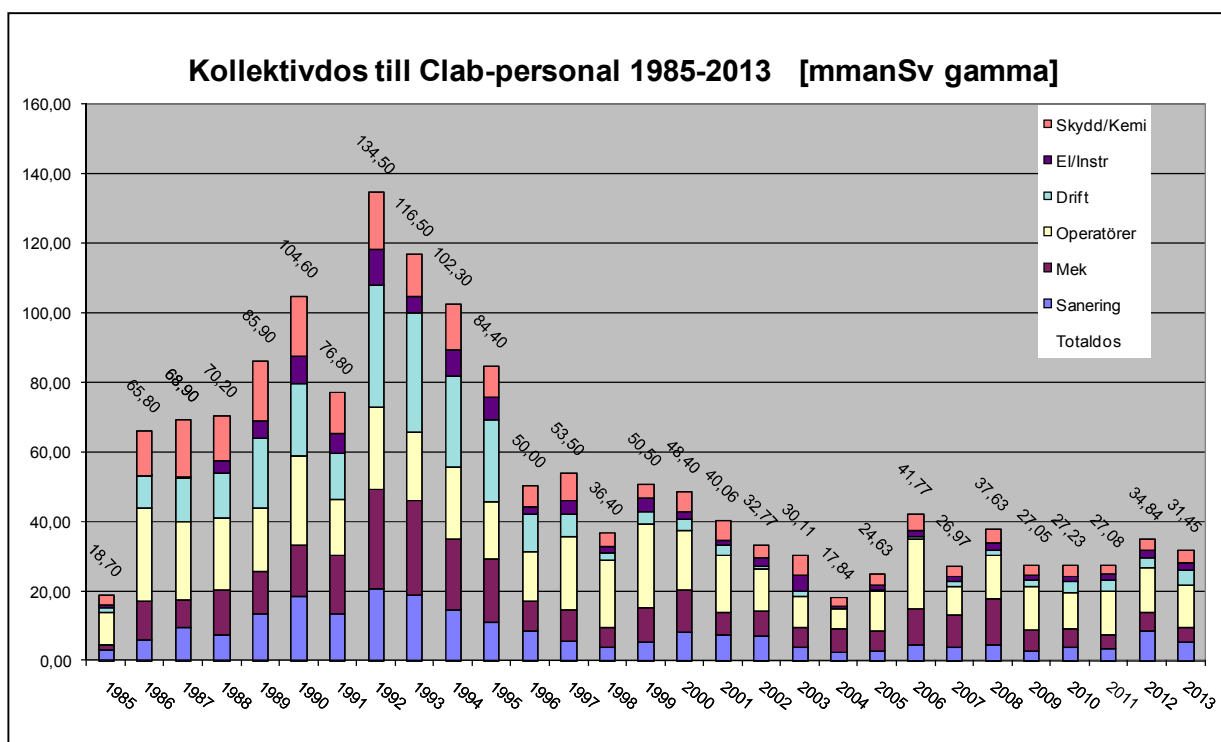
För att registrera personalens exponering av externstrålning används olika typer av dosimetrar. För registrering av individdos används en personlig passiv dosimeter. Det finns system som övervakar aktivitetsnivån i de utrymmen där personal vistas och där risk föreligger för höga dosratnivåer. Lokala larm ges vid överskridande av larmnivån.

6.1 Doser – nuvarande Clab

6.1.1 Dos till personal

Vid konstruktionen av Clab uppskattades kollektivdosen till personalen för verksamheten, med mellanlagring av 3 000 ton använt kärnbränsle, bli 276 mmanSv per år. Varje persons enskilda dos, individdos, summeras till en kollektivdos för hela personalstyrkan. En sammanställning över kollektivdoseerna sedan driftstart finns i figur 6-1. År 2014 uppgick kollektivdosen till 22,7 mmanSv.

Dosutfallet påverkas marginellt av mängden använt kärnbränsle i bassängerna. Det är hantering av bränslet och underhåll av anläggningen som ger dos.



Figur 6-1. Kollektivdoser till Clab-personal 1985–2013.

De erhållna kollektivdoserna till personal är överlag låga och de förhöjda nivåerna under åren 1990–1994 beror på omfattande tillfälliga arbeten på kontrollerade områden, till exempel driftsättning av ny utrustning för hantering av kompaktkassetter (1992) och arbeten i ingjutningsanläggningen och på transportbehållare (1993).

Efter åren med de förhöjda årsdoserna har trenden varit sjunkande, bland annat tack vare att bränslet som i dag kommer från kraftverken ger mindre aktivitet från crud i bassängerna än när Clab togs i drift samt genom förbättrade arbetssätt. Kampanjer med omlastning av använt kärnbränsle från normalkassetter till kompaktkassetter genomfördes åren 1992–2002 med kulmen 1999–2001. Trots detta bibehölls trenden med sjunkande doser.

Sedan 2001 har kollektivdosen legat under 45 mmanSv per år och medelvärdet för kollektivdosen mellan åren 2000–2012 har beräknats till 32,0 mmanSv per år.

6.1.2 Dos till kritisk grupp

Utsläppen av aktivitet från kärnkraftverken och nuvarande Clab utgör betydligt mindre än en tusendel av gällande strålskydds krav på att sammanlagd dos till en individ i kritisk grupp från anläggningar inom samma geografiska område inte får överskrida 0,1 mSv per år (SSM 2009b). Beräknade årsdoser till kritisk grupp av utsläpp från nuvarande Clab redovisas i tabell 6-1.

Tabell 6-1. Beräknade årsdoser till kritisk grupp av utsläpp från nuvarande Clab.

		Dos till kritisk grupp 2003–2013 [mSv]					
		Vuxen	0-1 år	1-2 år	2-7 år	7-12 år	12-17 år
Luft	Medel	7,9E-07	4,1E-07	6,2E-07	7,1E-07	8,6E-07	1,0E-06
	Max	1,4E-06	7,0E-07	1,0E-06	1,2E-06	1,4E-06	1,6E-06
	Min	7,7E-10	2,1E-10	7,1E-08	6,6E-08	8,0E-08	9,2E-08
Vatten	Medel	3,8E-07	5,3E-08	4,5E-07	4,2E-07	4,8E-07	5,1E-07
	Max	1,9E-06	5,7E-07	1,2E-06	1,4E-06	1,8E-06	2,3E-06
	Min	7,6E-08	5,9E-10	1,5E-07	1,3E-07	1,4E-07	1,3E-07

6.2 Doser – utökad mellanlagring i Clab

En utökad mellanlagring av använt kärnbränsle medför att en större mängd bränsle kommer att förvaras i bassängerna samtidigt och det kommer att ske en omlastning av befintligt bränsle från normalkassetter till kompaktkassetter och omhändertagande av hårdkomponenter.

6.2.1 Dos till personal

Aktivitetsnivåerna i mottagningsdelen kommer inte att öka eftersom mottagningstakten (ton per år) av använt kärnbränsle förblir densamma. Aktivitetsnivåerna i förvaringsbassängerna och i angränsande system kommer att öka något. Det bedöms att aktivitetsnivåerna från ett representativt kylvattenrör, som lämnar förvaringsbassängernas bräddavlopp, ökar med maximalt fem procent vid en ökad mängd bränsle i bassängen. Vidare antas att den ökande aktivitetsnivån endast påverkar personalkategorin operatörer/driftpersonal, då denna grupp i störst utsträckning befinner sig kring förvaringsbassängerna och i avfallsbyggnaden. Medelvärde för kollektivdosen mellan åren 2000–2012 har beräknats till 32,0 mmanSv per år, se avsnitt 6.1. En ökning på fem procent för operatörer och driftpersonal innebär ett medelvärde på kollektivdosen på 33,6 mmanSv per år.

För att få plats med mer använt kärnbränsle i förvaringsbassängerna i Clab behöver kärnbränslet i cirka 500 normalkassetter lastas om till kompaktkassetter. En sådan omlastning kommer att öka dosbelastningen till personalkategorin operatörer/driftpersonal. I tabell 6-2 redovisas uppmätta doser till personal vid urlastning av transportbehållare. En transportbehållare innehåller samma mängd bränsleelement som en normalkassett. Den största dosen vid urlastning ur transportbehållaren erhålls vid nedkylningen. Detta moment finns inte vid omlastning till kompaktkassetter, därför är ett konservativt antagande att dosbelastningen vid omlastning av en normalkassett till kompaktkassett är lika stor som vid urlastning av en transportbehållare. Med data från tabell 6-2 blir en bedömd dosbelastning för personal vid omlastning av normalkassett till kompaktkassett 0,15 mmanSv per kassett. Arbetet beräknas pågå under en femårsperiod (100 kassetter per år), vilket medför ett dospåslag på cirka 15 mmanSv per år.

Tabell 6-2. Registrerad dos till personal, yrkeskategorin operatörer/drift 2012–2013.

	År 2012	År 2013
Dos till personal, [kollektivdos, mmanSv]	12,7	11
Antal mottagna transportbehållare med använt kärnbränsle (TB)	67	62
Antal mottagna transportbehållare med hårdkomponenter (TK)	19	13
Totalt antal transportbehållare som omlastats	86	75
Bedömd personaldos per omlastad kassett [mmanSv]	0,15	0,14

Sammanfattningsvis bedöms utökad mellanlagring i Clab ge ett litet tillskott av dos till personal per år, från ett medelvärde för kollektivdosen på 32 till 34 mmanSv. För den personal som arbetar med omlastning av bränsle från normalkassetter till kompaktkassetter (personalkategorin operatörer/drift-personal) bedöms dostillskottet bli 15 mmanSv per år, under de fem år som arbetet bedöms pågå.

6.2.2 Dos till kritisk grupp

I kapitel 5 redovisas beräkningar av utsläpp vid normaldrift för Clab med en utökad mellanlagring till 11 000 ton, utifrån den beräkningsmodell som tagits fram för Clink, se tabell 5-3. De doser till kritisk grupp som dessa beräkningar resulterar i presenteras i tabell 6-3.

Tabell 6-3. Beräknade årsdoser till kritisk grupp vid utökad mellanlagring i Clab.

	Realistiska antaganden [mSv]					
	Vuxen	0-1 år	1-2 år	2-7 år	7-12 år	12-17 år
Luft	1,0E-05	8,5E-06	1,1E-05	1,1E-05	1,2E-05	1,2E-05
Vatten	7,5E-07	5,3E-09	2,6E-06	2,4E-06	2,3E-06	1,8E-06
Totalt	1,1E-05	8,5E-06	1,4E-05	1,4E-05	1,4E-05	1,4E-05

6.3 Doser – mellanlagring och inkapsling i Clink

Clab är konstruerad för en mottagningskapacitet på 300 ton använt bränsle per år och den kommer att vara samma för Clink. Under perioden 2000–2012 har Clab i genomsnitt tagit emot cirka 200 ton använt bränsle per år. Alla uppmätta värden för Clab gäller mottagning av 200 ton bränsle per år och alla beräkningar för Clink utgår från mottagning av 300 ton bränsle per år. Beräkningar baserade på 300 ton per år är konservativa då även den framtida mottagningen av använt kärnbränsle i medeltal kommer att uppgå till 200 ton per år. Mottagning av upp till 300 ton per år kan inträffa något enstaka år efter det att en reaktor ställts av och hela härden ska skickas för mellanlagring.

6.3.1 Dos till personal

Arbetsomfattningen (och därmed stråldos till personal) antas stå i proportion till mängden mottaget använt kärnbränsle, vilket innebär att prognosen för dosbidraget från mottagningsdelen och förvaringsdelen, blir 50 procent högre under de år mottagning sker av 300 ton än vad erfarenhetsvärdena från driften för Clab visar, se figur 6-1. Denna ökning har inte med inkapslingsprocessen att göra, utan beror på skillnaden i beräkningsförutsättning avseende mottagningskapacitet.

För att kunna göra en prognos av dosbelastning krävs information om bland annat vilken tid som arbetsmomenten tar, var i anläggningen de ska utföras, antal personer som är involverade samt

frekvensen för arbetsmomentet. Vidare behövs uppgifter om antalet personer som arbetar i anläggningen och hur dessa är grupperade behövs för att kunna uppskatta individ- och kollektivdoser.

I uppskattningarna av dos till olika personalkategorier för verksamheterna i Clink, se tabell 6-4, har olika antaganden och beräkningar använts.

Hantering av en ökad mängd driftavfall i Clink jämför med nuvarande avfallshantering på Clab, medför en ökad stråldos till personalen främst till personalkategorin, "Operatörer/Drift". Därför görs antagandet att den tillkommande avfallshanteringen medför en fördubbling av stråldosen till dessa personalkategorier. För personalkategorin "Sanering" har en dosprognos tagits fram baserad på uppskattningar av arbetsmoment, bemanning och aktivitetsnivåer. Antaganden rörande arbetsmomenten har baserats på erfarenheter från driften av Clab. Inkapslingsdelen har inte lika stor mängd mekanisk utrustning som mottagningsdelen och förvaringsdelen och den torra hanteringen av bränslekassetterna sker avståndsmanövrerat i hanteringscellen. Därför antas att stråldosen till personalkategorierna "Mek" och "EI/Instrument" är 50 procent av det beräknade medelvärdet av stråldosen för verksamheten vid Clab. Kollektivdosen till personalkategorin "Skydd/Kemi" antas motsvara erfarenhetsvärden för Clab, eftersom arbetsomfattningen för personalkategorin bedöms vara likvärdig.

Rutinmässigt arbete under normal drift i inkapslingsdelen av Clink utförs i utrymmen med låg dosrat. Avhjälpande underhåll som utförs mindre frekvent, kan dock behöva utföras i utrymmen med förhöjd dosrat. För att begränsa individdosen kan det bli aktuellt med att öka antal personer för vissa arbetsmoment.

Tabell 6-4. Prognos för kollektivdos till olika personalkategorier för ett normaldriftår.

	Sanering	Operatörer /Drift	Mek	EI /Instrument	Skydd /Kemi	Totalt
Clink – totalt [mmanSv/år]	14	56	15	4	8	97

Prognosen för summerad dos till personal i Clink uppskattas sammantaget bli cirka 97 mmanSv per år. Observera att skillnaden jämfört med dagens erfarenhetsvärde på Clab på 32 mmanSv per år till viss del beror på att det för Clink har antagits att mottagningskapaciteten är 300 ton bränsle per år medan erfarenhetsvärdena på Clab baseras på 200 ton mottaget bränsle per år. Den beräknade kollektivdosen kan således endast förväntas nås under enstaka år.

Då inkapslingsprocessen har en torr hantering av bränslet, ökar sannolikheten för att neutroner från bränslet kan spridas och ge upphov till neutrons doser till personalen. Därför kommer ett mätprogram genomföras i samband med provdrift av Clink för att klarställa behovet av neutrons dosimetri.

6.3.2 Dos till kritisk grupp

I kapitel 5 redovisas en uppskattning av aktivitetsutsläppen från Clink till både luft och vatten. De resulterande doserna till kritisk grupp för dessa utsläpp redovisas i tabell 6-5.

Tabell 6-5. Beräknade årsdoser till kritisk grupp för utsläpp från Clink.

	Realistiska antaganden [mSv]					
	Vuxen	0-1 år	1-2 år	2-7 år	7-12 år	12-17 år
Luft	1,0E-05	8,5E-06	1,1E-05	1,1E-05	1,2E-05	1,2E-05
Vatten	5,0E-07	5,2E-09	1,4E-06	1,2E-06	1,2E-06	1,1E-06
Totalt	1,1E-05	8,5E-06	1,2E-05	1,2E-05	1,3E-05	1,3E-05

Vid jämförelse av beräknade årsdoser till kritisk grupp från Clab med utökad mellanlagring (tabell 6-3) och från Clink (tabell 6-5) är det noterbart den beräknade dosen till vatten från Clink är lägre än för utökad mellanlagring i Clab. Det beror på att Clink kommer ha ett ökat behov att rena vatten från Co-60, se beskrivning under tabell 5-4. Fe-55 är en nuklid med betydande påverkan på dos genom sin relativt höga dosomvandlingsfaktor (samma storleksordning som Co-60). Den ökade reningen kommer även att sänka koncentrationen av Fe-55 till ungefär hälften.

6.4 Doser – segmentering av styrtstavar

Strategi och metod för omändertagandet av styrtstavar från det svenska kärnkraftsprogrammet är ännu inte fastställd, se avsnitt 2.2 och avsnitt 5.4.2. Om beslut tas att segmentering av BWR-styrtstavar i Clab är det bästa alternativet – inräknat miljökonsekvenser, logistik och ekonomi – kommer det att medföra ett tidsbegränsat utsläpp av aktivitet i form av huvudsakligen tritium till luft och vatten, se avsnitt 5.4.2.

Segmenteringen medför tillkommande arbetsmoment i form av transporter, lyft och arbete vid bassängerna. Själva kapningen kommer att utföras i någon av bassängerna i mottagningshallen. Tillvägagångssättet och konstruktion av system för segmentering är inte ännu fastställt, men baserat på de förstudier som genomförts kan konservativa uppskattningar av det tillfälliga bidraget till konsekvensen i form av dos genomförts.

6.4.1 Dos till personal

Kapningen av styrtstavar i mindre delar leder till frigörelse av aktivitet till luft och vatten. Det är rimligt att anta att yrkeskategorin operatörer/driftpersonal kommer att utsättas för ökad dos under de år som segmenteringen pågår. Erfarenhetsdata från liknande arbeten saknas.

Kapningen av styrtstavar i mindre delar leder till frigörelse av aktivitet till luft och vatten. Det är rimligt att anta att yrkeskategorin operatörer/driftpersonal kommer att utsättas för ökad dos under de år som segmenteringen pågår. Erfarenhet från segmenteringsarbeten saknas, men utifrån erfarenheter från arbete med annat aktivt material och med god planering av arbetet utifrån BAT och ALARA-principerna, bedöms kriterier avseende dos till personal med god marginal kunna uppfyllas.

6.4.2 Dos till kritisk grupp

Segmentering av styrtstavar är det enda tillfälliga utsläppet kopplat till utökningen av lagringskapacitet som bedöms ge ökad dos till kritisk grupp, detta genom den mängd tritium som frigörs till luft- och vattenrecipienten.

Utifrån det frigjorda tritiumet som i avsnitt 5.4.2 konservativt bedömts släppas ut miljön, har dos till kritisk grupp uppskattats utifrån samma metodik som för kontrollerade utsläpp vid normaldrift. Uppskattningen baseras på att 2 000 styrtstavar segmenteras under tio års tid, vilket ger en dos till kritisk grupp via luft på $1,3 \cdot 10^{-5}$ mSv och från på vatten $1,2 \cdot 10^{-6}$ mSv.

Totalt uppskattas konsekvensen till kritisk grupp öka under tiden för segmentering med en ekvivalent dos på högst $2 \cdot 10^{-5}$ mSv per år. Denna dos är en konservativ beräkning och bedöms kunna minskas genom tillämpning av BAT och ALARA-principerna vid utformning av segmenteringsprocessen.

6.5 Slutsatser

Ovan redovisas beräknade värden för doser till kritisk grupp vid utökad mellanlagring i Clab och i Clink. Ökad mellanlagring i Clab förväntas inte leda till några betydande ökningar av utsläpp till omgivningen. Den bedöms påverka aktivitetsnivåer och personaldoser marginellt, eftersom det endast är aktivitetsnivåerna i förvaringsbassängerna och i angränsande system i Clab som kommer att öka. Personalens kollektivdos beräknas öka från 32 till 34 mmanSv/år och det är yrkeskategorin operatörer/driftpersonal som bedöms få en ökning av dosbelastningen på fem procent årligen.

Omlastning från normalkassetter till kompaktkassetter i Clab kommer att ta cirka fem år. Den kollektiva dosen till personal på grund av omlastning beräknas bli 15 mmanSv per år extra under fem års tid och även här är det yrkeskategorin operatörer/driftpersonal som bedöms få denna ökning.

Segmentering av styrtstavar är det enda tillfälliga utsläppet kopplat till utökad lagringskapacitet som bedöms ge ökad dos till kritisk grupp. En konservativ bedömning av dos till kritisk grupp är $2 \cdot 10^{-5}$ mSv per år. Påverkan på personer i omgivningen bedöms därför bli marginell. Det är rimligt att anta att yrkeskategorierna operatörer/driftpersonal kommer att utsättas för ökad dos under de år som segmenteringen pågår.

7 Konsekvenser av störningar och missöden

För att förhindra att konsekvenserna av störningar och missöden leder till händelser (se avsnitt 2.7) som medför att angivna acceptanskriterier överskrids, är en kärnteknisk anläggning försedd med barriärer och säkerhetsfunktioner. I anläggningens säkerhetsredovisning identifieras och klassificeras de inledande händelser som kan ha påverkan på barriärerna och/eller säkerhetsfunktionerna.

Clab har en säkerhetsredovisning (SAR) som visar att anläggningen är säker och tålig mot händelser och uppfyller SSM:s krav. För Clink lämnade SKB nyligen i en F-PSAR (förberedande preliminär säkerhetsredovisning), se avsnitt 1.1. Resonemanget i detta kapitel beaktar enbart konsekvenser vid händelser som kan uppkomma på grund av utökad mellanlagring i Clab samt verksamheten i Clink.

7.1 Konsekvenser kopplade till störningar och missöden i Clab

I Clabs säkerhetsredovisning (SAR) anges acceptanskriterier för olika händelser: normal drift (H1) 0,1 mSv, förväntade händelser (H2) 1 mSv, ej förväntade händelser och osannolika händelser (H3-H4) 50 mSv, se tabell 2-1. För mycket osannolika händelser (H5) har inget acceptanskriterium angivits. En störning är en förväntad händelse och ett missöde är en osannolik händelse.

Tillkommande arbetsmoment i Clab för att kunna hantera en utökad mellanlagring av använt kärnbränsle är utlastning av hårdkomponenter, omlastning till kompaktkassetter och segmentering av styrtavar. Mottagning av använt kärnbränsle fortgår som tidigare, men mängden bränsle som mellanlagras blir större, upp till 11 000 ton.

7.1.1 Omlastning till kompaktkassetter

Omlastning av BWR-bränsle från normalkassetter till kompaktkassetter görs med en bränslehanteringsmaskin i någon av mottagningsbassängerna. Transport till och från omlastningen sker med bränslehissen. Använd normalkassett lyfts upp ur bassängen, spolats av samt torkas i särskilt torkskåp. Omlastning har tidigare skett i kampanjer och inga hanteringsmissöden har hittills inträffat.

Omgivningspåverkan

Identifierade händelser som är förknippade med omlastning är tappat bränsleelement, tappad bränslekassett och fallande bränslehissskorg. Beräkningar för omgivningspåverkan visar att acceptanskriterierna i Clabs SAR uppfylls med god marginal.

Baserat på genomförda tillförlitlighetsanalyser och med beaktande av att antalet lyft med bränslehanteringsmaskiner och transporter med bränslehisss kommer att öka i samband med omlastning till kompaktkassetter, kommer hanteringsmissöden tillhöra händelseklassen ej förväntade händelser, se tabell 2-1. Då maximal omgivningspåverkan om en bränslekassett tappas i vatten är 0,39 mSv, kommer gällande acceptanskriterierna för Clab att uppfyllas med god marginal.

Kriticitet

Identifierade störningar och missöden förknippade med omlastning till kompaktkassett är händelser i mottagningsdelens bassänger samt i bränslehissen. För samtliga dessa händelser har visats att neutronmultiplikationsfaktorn k_{eff} är mindre än 0,95 vid hantering av antingen normalkassett eller kompaktkassett. Neutronmultiplikationsfaktorn anger marginal mot kriticitet, kriticitet uppstår om faktorn är större än 1. Således kommer marginalen mot kriticitet att vara oförändrad även efter omlastning till kompaktkassetter.

7.1.2 Segmentering av styrstavar

Tillvägagångssätt och metod för segmentering av BWR-styrstavar är ännu inte fastställd, se avsnitt 2.2, men den antas utföras i Clab, se avsnitt 5.4.2. Segmenteringen medför tillkommande arbetsmoment i form av transporter, lyft och arbete vid bassängerna. Arbetet kommer att utföras i någon av bassängerna i mottagningshallen och inte i närheten av kassetter med bränsle. Händelser i form av att en styrvstav eller kapade delar tappas i bassängen, bedöms därför inte medföra någon risk för radioaktiva utsläpp till omgivningen, då inget bränsle kan skadas i samband med händelsen.

7.1.3 Mottagning av använt kärnbränsle

Omgivningspåverkan

Möjliga händelser som kan ge omgivningspåverkan har identifierats som tappade transportbehållare, bränslekassett eller bränsleelement samt fallande bränslehissskorg. Enligt gjorda beräkningar är det tappad bränslekassett i vatten som ger störst omgivningspåverkan.

Baserat på genomförda tillförlitlighetsanalyser och med beaktande av att antalet lyft med bränslehanteringsmaskiner i mottagningsdel och förvaringsdel kommer att öka i samband med omlastning till kompaktkassetter, kommer hanteringsmissöden tillhöra händelseklassen ej förväntade händelser, se tabell 2-1. Då maximal omgivningspåverkan för händelsen kassett tappas i vatten är 0,39 mSv kommer acceptanskriterierna i Clabs SAR att uppfyllas med god marginal.

Kriticitet

Identifierade händelser i Clabs SAR förknippade med hantering och flyttning av bränsleelement och bränslekassetter är lokaliserade till Clabs mottagningsdel och förvaringsdel. För samtliga dessa händelser är neutronmultiplikationsfaktorn k_{eff} mindre än 0,95, med undantag av en händelse för normalkassetter. Den uppfyller dock också acceptanskriteriet för ej förväntade/osannolika händelser, med en neutronmultiplikationsfaktor k_{eff} mindre än 0,98.

Marginalen mot kriticitet kommer att vara oförändrad även beaktat ökad hantering och flyttning av kärnbränsle i samband med utökad mellanlagring av bränsle.

7.1.4 Ökad resteffekt

På grund av den utökade mellanlagringen av kärnbränsle kommer resteffekten att öka i förvaringsbassängerna med konsekvensen att ökningen av bassängtemperaturen vid bortfall av resteffekt-kylningen och spädmatning, får ett snabbare förlopp och att vattennivån i bassängen sjunker snabbare mot kritisk nivå. Nuvarande kylkedja har en kapacitet på att kyla bort 8,5 MW, se avsnitt 2.1. Resteffekten beräknas vid mellanlagring av 11 000 ton använt kärnbränsle öka till 12 MW.

En jämförelse av tidsförlopp och vattennivåer i förvaringsbassängerna med den totala resteffekten på 8,5 MW respektive 12 MW redovisas i tabell 7.1. Beräknad resteffekt i en förvaringsbassäng blir då 4,3 MW respektive 6,1 MW.

Vid jämn fördelning av resteffekten på två förvaringsbassänger kan ett spädmatningsflöde på cirka 5,3 kilo per sekund kompensera för avdunstingen vid kokning med den totala resteffekten 12 MW. Motsvarande spädmatningsflöde vid 8,5 MW är 3,8 kilo per sekund. Påfyllning av förvaringsbassänger kan göras från reservspädmatningssystemet eller via bränslehissschaktet.

Tabell 7-1. Tidsförlopp vid bortfall av kylning och spädmatning vid 4,3 MW respektive 6,1 MW resteffekt i en bassäng.

Temperatur/vattennivå	Bassäng	
	4,3 MW resteffekt	6,1 MW resteffekt*
Temperatur i bassänger 75° C	35 timmar	23 timmar
Temperatur i bassänger 90° C	46 timmar	32 timmar
Nivå vid bränslekassetts överkant	31 dygn	20 dygn

*Temperatur och nivå uppskattad genom extrapolering.

Sannolikheten för friläggning av kärnbränsle, det vill säga förlust av vattentäckning av bränslet, bedöms vara försumbar även vid mellanlagring av 11 000 ton kärnbränsle. Detta främst med hänsyn till att tidsfristen fortfarande är mycket lång till bränslefriläggning.

7.2 Konsekvenser kopplade till störningar och missöden i Clink

Clink-anläggningen har fem djupförsvarsnivåer vars syfte är att förebygga störningar och missöden, hindra att störningar leder till haverier och lindra konsekvenserna om ett haveri ändå inträffar. Händelser som kan utmana definierade barriärer och säkerhetsfunktioner återfinns som följdhändelser till hanteringsmissöden, bortfall av normal resteffektkylning, översvämning eller brand.

Genomförd kriticitetsanalys visar att PWR- och BWR-bränsle med upp till fem procent anrikning kan hanteras och förvaras med tillräcklig marginal mot kriticitet i Clink, med beaktande av osäkerhetsfaktorer.

De dimensionerande fallen avseende dos till personal är tappat bränsleelement i utlastningsbassäng Clab och tappad kassett i inkapslingsanläggningen. Tappad kassett i inkapslingsanläggningen ger det största dosbidraget och uppgår till 0,44 mSv total effektiv dos till personal. Då acceptanskriteriet är 50 mSv klarar den beräknade dosen kriteriet med god marginal.

Acceptanskriterier för radiologisk omgivningspåverkan utgår för Clink från SSM:s inriktningsdokument (SSM 2013) vilket innebär en skärpning av kraven i förhållande till befintliga kriterier för Clab, se 7.1. Högsta effektiva dos till kritisk grupp beräknas till mindre än 0,006 mSv för den dimensionerande händelsen då en transportkassett tappas i en hanteringscell i Clink. Således påvisar redovisade beräkningar för osannolika händelser (se tabell 2-1) att det skärpta acceptanskriteriet på 20 mSv innehålls för samtliga fall med mycket god marginal.

Identifierade händelser i händelseklass osannolika händelser (se tabell 2-1), bedöms även utgöra paraplyfall för förväntade respektive ej förväntade händelser. Således klaras acceptanskriterierna 0,1 och 1 mSv för förväntade respektive ej förväntade händelser med god marginal.

Analys av konsekvenser av hanteringsmissöden, bortfall av normal resteffektkylning, översvämning och brand kräver mer detaljerat underlag än vad som finns tillgängligt i nuvarande anläggningskonstruktionsfas. Allt eftersom anläggning/system ges en konkret utformning, kommer analyser göras för verifiering av de acceptanskriterier som ännu inte verifierats.

Då detaljerat underlag avseende anläggningens utformning saknas i detta skede kan inte alla händelser fastställas som skulle kunna leda till kriticitet, dos till personal eller radiologisk omgivningspåverkan. Detta kan ske när anläggningens olika hanteringssteg och lyftanordningar givits en slutlig utformning samt att detaljkonstruktionen möjliggör kylning i samtliga anläggningsdelar och beaktar konsekvensen av missiler, jordbävning och händelser som medför tryckökning i anläggningen.

7.3 Slutsatser

Tillkommande arbetsmoment och förändringar till följd av utökad mellanlagring, bedöms inte mer än marginellt förändra risken för radiologiska utsläpp eller marginalen mot kriticitet. Dock kommer resteffekten att öka i bassänger vid mellanlagring av 11 000 ton kärnbränsle, vilket medför ett snabbare tidsförlopp avseende stigande bassängtemperatur och sjunkande vattennivå vid bortfall av kylningen och spädmatning. Sannolikheten för friläggning av bränsle bedöms dock vara försumbar, även vid ökad mellanlagring till 11 000 ton kärnbränsle.

Genomförda analyser för Clink avseende kriticitet, radiologisk omgivningspåverkan och personaldos visar att acceptanskriterier enligt SSM:s inriktningsdokument (SSM 2013) för förväntade händelser, ej förväntade händelser och osannolika händelser innehålls.

8 Sammanfattande diskussion och slutsatser

8.1 Utveckling av Clab till Clink

SKB har ansökt om att få tillstånd till att uppföra en inkapslingsanläggning i anslutning till befintligt mellanlager för använt kärnbränsle, Clab, och att driva dessa som en integrerad anläggning, Clink. I samband med detta söker SKB även tillstånd till att öka den mellanlagrade mängden använt kärnbränsle från i dag 8 000 till 11 000 ton.

Efter att tillstånd erhållits avser SKB att, efter medgivande av SSM, inleda uppförandet av Clink och påbörja erforderliga ändringsarbeten i Clab. Parallellt med detta fortsätter driften av Clab med mottagning av använt kärnbränsle och förbrukade hårdkomponenter från kärnkraftverken. Den lagrade mängden bränsle förväntas nå 8 000 ton cirka 2023 och kommer att fortsätta öka tills inkapsling och borttransport av bränsle kommer igång när Clink tas i drift cirka 2030. För att kunna lagra upp till 11 000 ton använt bränsle behöver det bränsle från kokvattenreaktorer (BWR) som i dag finns i normalkassetter omlastas till kompaktkassetter, som ger en mer utrymmeseffektiv lagring av bränslet. Eventuell segmentering och borttransport av hårdkomponenter avsedda för slutförvaring i SFL behöver tidigare reläggas för att ge plats för mer använt bränsle.

Verksamheten vid anläggningen kan således delas in i tre skeden:

- Mellanlagring av upp till 8 000 ton använt bränsle i befintligt Clab.
- Mellanlagring av mer än 8 000 ton, men högst 11 000 ton använt bränsle i befintligt Clab.
- Mellanlagring av upp till 11 000 ton och inkapsling av använt bränsle i Clink.

Uppförande av inkapslingsdelen och driftsättning av Clink innebär att anläggningens säkerhet höjs och att SKB lever upp till SSM:s aviserade strålsäkerhetskrav gällande utsläppskriterier för nya kärntekniska anläggningar (SSM 2013).

8.2 Verksamhet i anläggningen – radiologiska konsekvenser

8.2.1 Mottagning och mellanlagring

Verksamheten vid Clab utgörs i huvudsak av mottagning och mellanlagring av använt kärnbränsle och förbrukade hårdkomponenter.

Lagringen av kärnbränsle i förvaringsbassängerna ger upphov till mycket små utsläpp. De mycket små mängder aktivitet som frigörs till vattnet i bassängerna samlas upp i de filter som finns i anläggningens kyl- och reningssystem. Utsläpp av radioaktiva ämnen från mellanlagringen är i stort sett oberoende av mängden kärnbränsle som mellanlagras i anläggningen.

Frigörelse av aktivitet kan däremot ske vid hantering, framförallt vid mottagning, av använt kärnbränsle (och hårdkomponenter). Vid mottagning frigörs aktivitet till vatten som går till reningssystemet för processvatten. Det är framförallt mottagning av kärnbränsle och underhållsåtgärder som påverkar den mängd aktivitet som släpps ut från anläggningen. Anläggningen (både befintligt Clab och den kommande Clink) är dimensionerad för mottagning av 300 ton använt kärnbränsle per år. Clab har i genomsnitt mottagit cirka 200 ton använt kärnbränsle per år och den årliga mängden förväntas vara likartad även fortsättningsvis. I och med att reaktorer avvecklas kommer mängden använt kärnbränsle som tas emot successivt att minska. Enstaka år kan upp emot 300 ton tas emot i samband med att enskilda reaktorer ställs av och sluthärden skickas för mellanlagring.

Utsläppen och dos till kritisk grupp från mottagning och mellanlagring förväntas således inte påverkas mer än marginellt på grund av att den mängd använt kärnbränsle som ska mellanlagras ökas till 11 000 ton. En marginell ökning av aktivitetsnivån i förvaringsbassängerna och angränsande system förväntas ge en ökning av personalens kollektivdos från 32 till 34 mmanSv/år. Det är yrkeskategorin operatörer och driftspersonal som bedöms få denna ökning.

Den ökade mellanlagringen bedöms även ha en mycket liten påverkan på den mängd driftavfall som kommer att uppstå.

8.2.2 Inkapsling

När Clink tas i drift och inkapslingen av använt kärnbränsle påbörjas tillkommer arbetsmoment och hanteringssteg i inkapslingsdelen av anläggningen. Det är framför allt torkning av kärnbränslet som ger upphov till frigörelse av luftburna radioaktiva ämnen och kontaminerat vatten som behöver renas.

Utrymmen där torkningsprocessen sker kommer att utrustas med filter med en mycket hög avskiljningsgrad (cirka 99,975 %), vilket gör att utsläppet av radioaktiva ämnen till luft i stort sett blir samma som från utökad mellanlagring i Clab. Utsläppen av radioaktiva ämnen till vattenrecipient från Clink beräknas inte öka, förutom för några nuklider, till exempel Sr-90 vilket är en konsekvens av torkning av skadat kärnbränsle.

Eftersom utsläppen av radioaktiva ämnen till luft och vatten inte beräknas öka, kommer dos till kritisk grupp inte heller att förändras vid drifttagning av inkapslingsanläggningen. Den ökade frigörelsen av luftburna radioaktiva ämnen och mängden kontaminerat vatten som behöver renas från inkapslingen, kommer att medföra en ökad mängd driftavfall. Hanteringen av detta kommer emellertid inte att leda till någon ökad dos för kritisk grupp.

Prognosen för summerad kollektivdos till personal som arbetar i Clink, uppskattas sammantaget bli cirka 97 mmanSv per år. Ökningen, jämfört med dagens erfarenhetsvärde på Clab på 32 mmanSv per år, beror förutom konservativa antaganden i beräkningarna till stor del på att beräkningarna för Clink gjorts för mottagning av 300 ton använt kärnbränsle per år, medan erfarenhetsvärdena från Clab baseras på mottagning av 200 ton.

8.2.3 Omlastning till kompaktkassetter

Omlastning av BWR-bränsle till kompaktkassetter är en tillfällig verksamhet. Det är cirka 500 normalkassetter som ska omlastas till cirka 300 kompaktkassetter. Det är en verksamhet som beräknas ta cirka fem år i anspråk. Omlastningen förväntas ge ett dostillskott till den personal som utför arbetet med 15 mmanSv per år under den tid arbetet pågår.

Utsläpp och dos till kritisk grupp påverkas inte märkbart. Mängden driftavfall bedöms inte påverkas nämnvärt.

8.2.4 Segmentering av styrtstavar

Omhändertagandet av Svenska kärnkraftsprogrammet styrtstavar är inte fastlagt. Om segmentering i Clab väljs som alternativ, ska strategin och omfattning av den analyseras i detalj. Det kommer dock att vara en tillfällig verksamhet som i detta skede ansatts till att ta tio år i anspråk. Kapningen av styrtstavar till mindre delar leder till frigörelse av aktivitet till luft och vatten (tritium). Dessa leder till ökade kontrollerade utsläpp till luft och vatten, vilket resulterar i ökad dos till kritisk grupp. Dosen till kritisk grupp uppskattas till $2 \cdot 10^{-5}$ mSv per år under de år verksamheten pågår. Denna dos är i samma storleksordning som den beräknade dosen till kritisk grupp från normala driften av Clink.

Segmenteringen av styrtstavar ger även upphov till dos till personal och ökade mängder driftavfall. Dos till personal kommer att minimeras utifrån ALARA-principen och gällande krav förväntas att mötas

med stor marginal. Segmenteringsprocessen kommer att optimeras för att minska mängden driftavfall och strategi för avfallshantering kommer väljas så att minsta påverkan av avfallsflöden sker.

8.3 Konsekvenser av störningar och missöden

Tillkommande arbetsmoment och förändringar i Clab respektive Clink förändrar inte, annat än marginellt, risken för radioaktiva utsläpp eller kriticitet.

En ökning av mängden lagrat kärnbränsle medför att resteffekten i förvaringsbassängerna ökar. Detta medför ett snabbare tidsförlopp avseende ökande bassängtemperatur och sjunkande vattennivå vid en förlust av kylvattenflödet och spädmatning. Sannolikheten för friläggning av kärnbränsle bedöms dock vara försumbar, även vid ökad mellanlagring till 11 000 ton kärnbränsle.

Övergripande analyser av störningar och missöden för Clink avseende kriticitet, radiologisk omgivningspåverkan och personaldos visar att de krav (acceptanskriterier) som gäller för förväntade händelser, ej förväntade händelser och osannolika händelser innehålls. Marginalerna är goda för samtliga genomförda analyser.

8.4 Slutsats

Utsläpp av radioaktiva ämnen och dos till kritisk grupp från mottagning och mellanlagring av använt kärnbränsle i Clab är mycket låga. Dosen till kritisk grupp är i storleksordningen 10^{-5} mSv per år, beräknat utifrån realistiska antaganden avsedda för en kärnteknisk säkerhetsredovisning (SAR). Analyser av omgivningskonsekvenser av mellanlagring och inkapsling av använt kärnbränsle i den reviderade anläggningsutformningen av Clink visar på fortsatt låga doser till kritiskt grupp.

För kärntekniska anläggningar finns krav på att sammanlagd dos till kritisk grupp från anläggningar inom samma geografiska område inte får överskrida 0,1 mSv per år. Detta innebär att dos till kritisk grupp med stor marginal kommer att underskrida kravet för både Clab och Clink.

Utsläpp av radioaktiva ämnen och dos till personal kommer i allt väsentligt från mottagning och övrig hantering av det använda kärnbränslet. En ökning av den mellanlagrade mängden använt kärnbränsle till 11 000 ton kommer endast att leda till marginella ökning av utsläpp och dos eftersom använt kärnbränsle kommer att tas emot i ungefär samma takt som tidigare (cirka 200 ton per år).

För att kunna mellanlagra 11 000 ton använt kärnbränsle behöver de hårdkomponenter som finns i anläggningen transporteras bort och mellanlagras på annan plats innan de ska slutförvaras. Styrstavar är skrymmande och antas behöva segmenteras innan de förs bort från Clab. Det är ett tidsbegränsat arbetsmoment som ger upphov till ökade mängder avfall, utsläpp av aktivitet och dos till kritisk grupp. Dos till kritisk grupp uppskattas till storleksordningen $2 \cdot 10^{-5}$ mSv per år under de tio år segmenteringen antas genomföras.

Det bör även noteras att en gång att verksamheten i Clink inkluderar hanteringssteg som fortfarande är under design och både BAT och ALARA-principer kommer appliceras i arbetet för, att eventuellt ytterligare reducera uppskattad beräknad dos till kritisk grupp och personal. Clink kommer att konstruerats för att dos till kritisk grupp inte ska överskrida de referensvärden som anges i SSM:s inriktningsdokument (SSM 2013). Clink kommer därmed att ha en mycket hög tålighet mot störningar och missöden, vilket medför att även osannolika händelser inte kommer att leda till oacceptabla utsläpp.

Referenser

Opublicerade dokument lämnas ut vid förfrågan till dokument@skb.se.

SSM, 2009a. SSMFS 2008:51 Strålsäkerhetsmyndighetens föreskrifter om grundläggande bestämmelser för skydd av arbetstagare och allmänhet vid verksamhet med joniserande strålning. Strålsäkerhetsmyndigheten 2009.

SSM, 2009b. SSMFS 2008:23 Strålsäkerhetsmyndighetens föreskrifter om skydd av människors hälsa och miljön vid utsläpp av radioaktiva ämnen från vissa kärntekniska anläggningar. Strålsäkerhetsmyndigheten 2009.

SSM, 2013. Inriktning avseende referensvärden för nya kärntekniska anläggningar och ESS. Diariennr: SSM2013-5169, Dokumentnr: SSM2013-5169-4.

Opublicerade dokument

SKBdoc id	Version	Titel	Utfärdare, år
1469192	1.0	Teknisk beskrivning avseende förändringar i Clink och utökad mellanlagring (K:24).	SKB, 2015
1459765	1.0	Tilläggs-MKB avseende förändringar i Clink och utökad mellanlagring (K:20).	SKB, 2015
1414200	1.0	SKB:s komplettering av Ansökan om tillstånd enligt kärntekniklagen Inkapslingsanläggning och centralt mellanlager för använt kärnbränsle vid Simpevarp, Oskarshamns kommun	SKB, 2014

Bilaga

Halveringstider för de nuklider som förekommer i tabellerna

Nuklid	Halveringstid [år]
H-3	12,3
Mn-54	312 dygn
Fe-55	2,7
Co-58	71 dygn
Co-60	5,3
Ni-59	7,5E+04
Ni-63	100,1
Ag-108m	127
Ag-110m	250 dygn
Sb-125	2,8
Kr-85	10,8
Sr-90	28,1
I-129	1, 57E+07
Cs-134	2,1
Cs-137	30,0
Pu-238	87,7
Pu-239	2,41E+04
Pu-240	6,56E+03
Pu-241	14,3
Am-241	432, 7
Am-243	7,37E+03
Cm-243	29,1
Cm-244	18,1