



DokumentID 1430271	Version 1.0	Status Godkänt	Reg nr	Sida 1 (9)
Författare Lena Morén			Datum 2014-02-26	
Kvalitetssäkrad av Åsa Olson (KG) Tomas Rosengren Johan Andersson			Kvalitetssäkrad datum 2014-05-12 2014-05-12 2014-05-12	
Godkänd av Martin Sjölund			Godkänd datum 2014-05-19	

## KBS-3-systemets krav på hantering av bränsle och kapsel i Clink

### Revisionsförteckning

Version	Datum	Revideringen omfattar	Utförd av	Granskad	Godkänd
1.0	Se sidhuvud	Första granskade och godkända version.	Lena Morén	Anders Sjöland (SG) Jan Sarnet (SG) KG se sidhuvud	Se sidhuvud

### Innehåll

<b>1</b>	<b>Inledning.....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Krav på hantering av det använda kärnbränslet .....</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Krav på hantering av kapseln .....</b>	<b>7</b>
3.1	Kapselns krav på anläggningar och transportsystem i KBS-3 systemet.....	7
3.2	Delar av kapsellinjen som genomförs i Clink.....	7

# 1 Inledning

Dokument syftar till att redovisa de krav som ställs på hantering och inkapsling av det använda kärnbränslet, samt på hantering av förslutna kapslar i Clink för att kapslarna ska kunna tas emot i Kärnbränsleförvaret, deponeras och slutförvaras i KBS-3-förvaret.

Dokumentet utgår från de tillståndsansökningar SKB lämnade i mars 2011 och omfattar även de beslutade och föreslagna nya och vidareutvecklade krav och dimensioneringsförutsättningar som tillkommit efter ansökan. I Tabell 1-1 redovisas de dokument i ansökan som innehåller redovisning av det använda kärnbränsle som ska slutförvaras, kraven på hanteringen och inkapslingen av det samt på hanteringen av det inkapslade bränslet.

*Tabell 1-1. De dokument i ansökan som innehåller redovisning av det använda kärnbränsle som ska slutförvaras, kraven på hanteringen och inkapslingen av det samt hanteringen av det inkapslade bränslet.*

Titel	Kortnamn i ansökan och detta dokument	Text i referenslista
Spent nuclear fuel for disposal in the KBS-3 repository	<b>Spent fuel report</b>	<b>Spent fuel report, 2010.</b> Spent nuclear fuel for disposal in the KBS-3 repository. SKB TR-10-13, Svensk Kärnbränslehantering AB.
Design, production and initial state of the canister	<b>Canister production report</b>	<b>Canister production report, 2010.</b> Design, production and initial state of the canister. SKB TR-10-14, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Detta dokument omfattar enbart krav på hanteringen i Clink och krav på det använda kärnbränslet som ska verifieras i Clink. Krav som gäller transport och leverans av använt kärnbränsle till Clink samt krav som gäller i Kärnbränsleförvaret eller i KBS-3-förvaret efter förslutning ingår inte.

Utöver krav på hanteringen av det använda kärnbränslet redovisas de delar av produktionen av kapseln som ska genomföras i Clink. Produktionen av kapseln ställer krav på de tekniska system som ska användas, den personal som krävs samt på hur produktionen ska genomföras, styras och kontrolleras i Clink.

För Kärnbränsleprogrammet finns en metodik, en rutin och en kravdatabas för systematisk hantering och dokumentation av konstruktionsförutsättningar. Samtliga krav och dimensioneringsförutsättningar i detta dokument finns dokumenterade i kravdatabasen och anges följt av sin id-beteckning i kravdatabasen.

## 2 Krav på hantering av det använda kärnbränslet

I Tabell 2-1 redovisas de krav och relaterade dimensioneringsförutsättningar på hantering av det använda kärnbränslet som finns i avdelning Kärnbränsles kravdatabas. Krav och dimensioneringsförutsättningar redovisas i sin nuvarande form. Efter ansökan har några nya krav och dimensioneringsförutsättningar beslutats och det finns även förslag på ytterligare nya krav. Vidare har några krav som ingick i ansökan fått tydligare formulering men inte ändrats i sak. I Tabell 2-1 kommenteras kravens status, förtydliganden som inte innebär ändring i sak kommenteras inte.

*Tabell 2-1. Krav på hantering av det använda kärnbränslet i Clink med sina relaterade dimensioneringsförutsättningar. Tabellen innehåller även kravens id-beteckning och kommentarer om kravens och dimensioneringsförutsättningarnas status.*

Krav på hantering och inkapsling av det använda kärnbränslet	Dimensioneringsförutsättningar	Status
<b>Mellanlagring</b>		
<b>Radionuklidinventarium, resteffekt och strålning</b>		
Det använda kärnbränslets radionuklidinventarium och dess fördelning i bränslekutsar, konstruktionsmaterial, gap mellan kutsar och bränslekapsling samt i crud ska bestämmas och dokumenteras vid mottagning i Clink (Krav SFH48).		Ingår inte i <b>Spent fuel report</b> . Förslag, eftersom radionuklidinventariet ska bestämmas och kvalitetssäkras som ett underlag för säkerhetsanalysen.
Det använda kärnbränslet ska mellanlagras tills dess radioaktivitet har avtagit till en nivå som är lämplig med hänsyn till acceptabla temperaturer och stråldosrater i KBS-3-förvaret (Krav SFH47).	Tillåten resteffekt i varje enskild kapsel  1700 W: dimensionerande för värmeutveckling efter deponering och Kärnbränsleförvarets layout  2200 W: dimensionerande för värmeutveckling vid transport samt i Clink och hantering före deponering i Kärnbränsleförvaret (Krav SF186)  Korrosion pga av radiolys kan försummas om stråldosraten på kapselytan är < 1 Gray/h (Krav DBC214)	Ingår inte i <b>Spent fuel report</b> . Förslag, eftersom mellanlagring av bränslet före inkapsling är en förutsättning för utformningen av KBS-3-förvaret.
<b>Inkapsling</b>		
<b>Kriticitetssäkerhet</b>		
Bränsleelement och bränslerester som ska kapslas in i en kapsel ska väljas med hänsyn till anrikning, brännbara absorbatörer (BA) och utbränning så att kriticitet inte uppstår i kapseln med inplacerat bränsle även om det mest reaktiva tänkbara fallet avseende kapselns material, dimensioner, innehåll av gaser och vätskor samt omgivande miljö beaktas. (Krav SFH13).	Mest reaktiva miljö i och runt kapseln: vattenfylld kapsel deponerad i KBS-3-förvaret (Krav SF207)  Effektiv multiplikationskonstant $k_{eff} < 0.95$ (inklusive osäkerheter) (Krav SF167)  Mest reaktiva BWR-bränsle Svea 96 Optima 3 (Krav SF168)  Utbränningskreditering BWR (SKBdoc 1993244, Figure 43) (Krav SF169)  Mest reaktiva PWR-bränsle F15x15AFA3G (Krav SF171)  Utbränningskreditering PWR (SKBdoc 1993244, Figure 43) (Krav SF170)  Kapselkonstruktion:  Segjärn, kanalar och stållock: stålqualität (materialsammansättning), järn-, kol- o kiselhalt och densitet  Insats: kanarlörens inre tvärsnitt, centrumavstånd mellan kanalar, avstånd mellan kanalar, kanarlörens tjocklek	Ingår i <b>Spent fuel report</b> . Kriticitetsanalysen förnyas och förbättras. De detaljer i kapselkonstruktionen som ska beaktas kan ändras. För BWR kan utbränningskreditering utgå och ersättas av kreditering av brännbar absorbatör.

Krav på hantering och inkapsling av det använda kärnbränslet	Dimensioneringsförutsättningar	Status
Om bränsleelement som ska kapslas in i en kapsel inte kan väljas med hänsyn till anrikning, brännbara absorbatörer och utbränning ska bränslets geometriska konfiguration ändras så att kriticitet inte uppstår i kapseln med inplacerat bränsle även om det mest reaktiva tänkbara fallet avseende kapselns material, dimensioner, innehåll av gaser och vätskor samt omgivande miljö beaktas (Krav SFH12).	<p>Mest reaktiva miljö i och runt kapseln: vattenfylld kapsel deponerad i KBS-3-förvaret (Krav SF207)</p> <p>Effektiv multiplikationskonstant <math>k_{eff} &lt; 0.95</math> (inklusive osäkerheter) (Krav SF167)</p> <p>Kapselkonstruktion:</p> <p>Segjärn, kanalrör och stållock: stålqualität, järn-, kol- o kiselhalt och densitet</p> <p>Insats: kanalrörens inre tvärsnitt, centrumavstånd mellan kanalrör, avstånd mellan kanalrör, kanalrörens tjocklek</p>	<p>Ingår i <b>Spent fuel report</b>.</p> <p>Lågutbrända PWR element som inte uppfyller kriticitetsvillkoret kan förekomma i Clab samt i reaktoreernas sluthärdar.</p>
<b>Radionuklidinventarium, resteffekt och strålning</b>		
Bränsleelement som ska kapslas in i en kapsel ska väljas med hänsyn till sin resteffekt så att den totala resteffekten i kapseln inte medför oacceptabla temperaturer (Krav SFH11).	<p>Tillåten resteffekt i varje enskild kapsel</p> <p>1700 W: dimensionerande för värmeutveckling efter deponering och Kärnbränsleförvarets layout</p> <p>2200 W: dimensionerande för värmeutveckling vid transport samt i Clink och hantering före deponering i Kärnbränsleförvaret (Krav SF186)</p>	<p>Kravet ingår i <b>Spent fuel report</b>.</p> <p>Den tillåtna resteffekten har ändrats i september 2012 (SKBdoc 1315415)</p>
Resteffekten i enskilda bränsleelement ska bestämmas med sådan noggrannhet att sannolikheten att överskrida den tillåtna nivån i kapseln hålls låg (Krav SFH28).	Återstår att fastställa.	<p>Ingår inte i <b>Spent fuel report</b>.</p> <p>Beslutat i mars 2013 (SKBdoc 1371742)</p>
Innan kapseln försluts ska det verifieras att stråldosraten på kapselytan inte överskrider nivån som ansatts i utvärderingen av säkerheten efter förslutning (Krav SFH20).	<p>Korrosion pga av radiolys kan försummas om stråldosraten på kapselytan är <math>&lt; 1</math> Gray/h (Krav DBC214)</p> <p>Kapselkonstruktion:</p> <p>Insatsens och kopparkölets diameter, längd, tjocklek, stål- och kopparkvalitet (materialsammansättning)</p>	Ingår i <b>Spent fuel report</b> .
Innan kapseln försluts ska det verifieras att aktivitetsinnehåll i kapslarna och strålningsnivån på kapselytan inte överskrider innehåll och nivåer som använts som förutsättningar i utvärderingen av driftsäkerheten (Krav SFH24).	Återstår att fastställa.	Ingår i <b>Spent fuel report</b> .
Vid inkapsling ska det verifieras att bränsleelementens stråldosrat inte överskrider den nivå för torr hantering av enskilda element som använts som förutsättning vid utvärderingen driftsäkerheten.	Återstår att fastställa.	<p>Ingår inte i <b>Spent fuel report</b>.</p> <p>Förslag, eftersom vatten ej längre utgör strålskärning.</p>

<b>Krav på hantering och inkapsling av det använda kärnbränslet</b>	<b>Dimensioneringsförutsättningar</b>	<b>Status</b>
De bränsleelement som har högst stråldosrat i en vald uppsättning för inkapsling i en BWR-kapsel ska placeras i insatsens centrala positioner. (Krav SFH46).	vald uppsättning element till en kapsel	Ingår inte i <b>Spent fuel report</b> . Förslag, eftersom stråldoser ska begränsas så långt möjligt.
<b>Konstruktion och material</b>		
Anordningar som håller använt kärnbränsle eller bränsleboxar med avvikande dimensioner på plats ska placeras i kapselns bränslekanaler (Krav SFH16).	bränsleelementens dimensioner	Ingår i <b>Spent fuel report</b> .
<b>Inkapslade vätskor och gaser</b>		
Innan bränsleelementen placeras i kapseln ska de torkas så att kvarvarande vatten inte medför oacceptabla tryck och kemiska förhållanden i den förslutna kapseln (Krav SFH18).	Maximal mängd vatten i kapseln: 600 g (Krav DBC218)	Ingår i <b>Spent fuel report</b> . Den maximalt tillåtna vattenmängden är under utredning.
Innan kapseln slutligt försluts ska atmosfären i insatsen bytas så att kvarvarande luft och vattenånga inte medför oacceptabla tryck och kemiska förhållanden i den förslutna kapseln (Krav SFH19).	Maximal mängd vatten i kapseln: 600 g (Krav DBC218)  Atmosfären i insatsen ska bestå av >90% argon (Krav DBC70)	Ingår i <b>Spent fuel report</b> .
<b>Skadat bränsle</b>		
Det får maximalt finnas ett bränsleelement med läckande bränslestav i varje kapsel (Krav SFH45).		Ingår inte i <b>Spent fuel report</b> . Förslag, är under utredning och kommer förmodligen att ändras.
<b>Övrigt</b>		
Allt använt kärnbränsle och alla bränslerester ska kapslas in i BWR- eller PWR-kapslar (Krav SFH15).		Ingår i <b>Spent fuel report</b> .
Bränslerester från Studsvik ska kapslas in separat och får inte blandas med andra bränsletyper (Krav SFH44).		Ingår inte som krav i <b>Spent fuel report</b> , men nämns i den löpande texten.
Antalet kapslar ska minimeras och, om möjligt, ska alla bränslepositioner i de deponerade kapslarna vara fyllda (Krav SFH21).	det använda kärnbränsle som ska slutförvaras och det bränsle som finns i Clink vid inkapslingstillfället	Ingår i <b>Spent fuel report</b> .
Antalet lyft och förflyttningar av bränsleelement ska minimeras (Krav SFH22).	placering av det använda kärnbränslet i Clink	Ingår i <b>Spent fuel report</b> .

Krav på hantering och inkapsling av det använda kärnbränslet	Dimensioneringsförutsättningar	Status
Val av bränsleelement för inkapsling ska göras så att lagringskassetter om möjligt töms innan de förs tillbaka från inkapslingsbyggnaden till mellanlagret (Krav SFH23).	placering av det använda kärnbränslet i Clink	Ingår i <b>Spent fuel report</b> .
Den förslutna kapselns vikt inklusive inkapslat använt kärnbränsle och övriga inkapslade komponenter får inte överskrida den vikt som använts som konstruktionsförutsättning för de tekniska system som hanterar det inkapslade bränslet (Krav SFH29)		Ingår inte i <b>Spent fuel report</b> . Kapselns vikt inklusive bränsle anges dock i <b>Canister production report</b> . Beslutat i mars 2013 (SKBdoc 1371742).
<b>Kärnämneskontroll – safeguards</b>		
Varje försluten kapsel ska utgöra en identifierbar enhet för bokföring av kärnämne (Krav SFH25).		Ingår i <b>Spent fuel report</b> .
Mängden kärnämne i varje kapsel ska specificeras eller mätas i samband med inkapsling (Krav SFH26).		Ingår inte i <b>Spent fuel report</b> . Förslag, eftersom detta nämns i Euratom nr 302/2005 om genomförandet av Euratoms kärnämneskontroll.
Mängden kärnämne i varje bränsleelement ska vara verifierad genom mätning innan elementet placeras i kapseln (Krav SFH27).		Ingår inte i <b>Spent fuel report</b> . Förslag, eftersom detta nämns i Euratom nr 302/2005 om genomförandet av Euratoms kärnämneskontroll.

### 3 Krav på hantering av kapseln

#### 3.1 Kapselns krav på anläggningar och transportsystem i KBS-3 systemet

För att kapseln ska upprätthålla sina barriärfunktioner i KBS-3-förvaret och vara tillåten för deponering ställer den de krav med relaterade dimensioneringsförutsättningar som redovisas i Tabell 3-1 på KBS-3-systemets anläggningar och transportsystem.

Tabell 3-1. Kapselns krav på anläggningar och transportsystem i KBS-3-systemet.

Kapselns krav på anläggningar och transportsystem i KBS-3 systemet	Dimensioneringsförutsättningar	Status
Kapseln får inte utsättas för mekanisk påverkan som resulterar i skador på kopparhöljet som signifikant påverkar dess barriärfunktioner (Krav DRC30).	Acceptabla ytskador: läge:#, djup < #, längd < # (Krav C155)	Ingår i <b>Canister production report</b> .  Dimensioneringsförutsättningar avseende acceptabla lyft- och sänkhastigheter, svängningar och accelerationer förutses tillkomma.
Kapseln får inte utsättas för temperaturer som signifikant påverkar materialegenskaper med betydelse för dess barriärfunktioner (Krav DRC57).	Kopparhöljet och insatsen får inte utsättas för temperaturer avsevärt över 100°C. För högre temperaturer (e.g. 125°C) behöver materialen bli ytterligare utvärderade (Krav DBC215).  Temperatur för materialmodellernas giltighet: 100°C (koppar krav C154, stål krav C190).	Ingår i <b>Canister production report</b> .
Kapseln får inte utsättas för kemisk påverkan som resulterar i korrosionsangrepp på kopparhöljet som signifikant påverkar dess barriärfunktioner (Krav DRC58).	Återstår att fastställa.	Ingår i <b>Canister production report</b> .  Vilka ämnen och kemikalier kapseln inte får utsättas för utreds. Ammonium, acetat och nitrit är potentiellt skadliga.

#### 3.2 Delar av kapsellinjen som genomförs i Clink

Produktion, hantering och deponering av kapslar redovisas samlat i **Canister production report**. De steg i kapselns produktion som ska genomföras i Clink redovisas i Tabell 3-2. I tabellen anges vilka metoder som ska tillämpas och vilka resurser de kräver, vidare anges vilka rutiner och instruktioner som ska tillämpas vid hanteringen i Clink. De krav som produktionen av kapseln ställer på resurser, såväl personella som tekniska system, är under utveckling. Kraven tas fram som en del av utvecklingen av ett produktionssystem för kapseln och ska tillsammans med rutiner och instruktioner för produktionen redovisas inom ramarna för det kvalitetsledningssystem som ska tas fram för produktionen av kapseln.

I ansökan har SKB valt att redovisa hanteringen av det inkapslade använda kärnbränslet som en del av kapselproduktionen eller kapsellinjen. Mot bakgrund av det omfattar Tabell 3-2 även hantering av det inkapslade bränslet som inte påverkar kapselns kvalitet och därmed inte ingår i det kvalitetsledningssystem som ska tas fram för produktionen av kapseln.

**Tabell 3-2. De steg i kapselproduktionen eller kapsellinjen som ska genomföras i Clink, de metoder som ska tillämpas vid genomförandet och de resurser de kräver samt de instruktioner som ska tillämpas och som ska redovisas ramarna för kapselns kvalitetsledningssystem.**

Steg i kapselns produktion	Tillämpade metoder	Resurser	Instruktioner och kommentar
mottagningskontroll av tomma kapslar	granskning av dokumentation och märkning	driftekniker	specifikation av godkänd dokumentation och märkning
	provning av kopparyta	driftekniker provningstrustning	specifikation av acceptabla ytskador instruktion för genomförande och dokumentation
kontroll av täthet, stållock och insats	täthetsprovning	driftekniker utrustning för täthetsprovning	specifikation av acceptabel täthet instruktion för genomförande och dokumentation
montering av stållock	granskning av dokumentation och märkning	driftekniker	specifikation av godkänd dokumentation och märkning
montering av kopparlock	granskning av dokumentation och märkning	driftekniker	specifikation av godkänd dokumentation och märkning
	rengöring av svetsytor	driftekniker	instruktion för genomförande och dokumentation
fastsvetsning av kopparlocket på kapseln	FSW-svetsning	driftekniker FSW-svets	specifikation av processfönster instruktion för genomförande och dokumentation
bearbetning av svetsen	svarvning och polering	driftekniker svarv	instruktion för genomförande och dokumentation
märkning av lock	fix ID-märkning	driftekniker utrustning för inristning	specifikation av ID nummer och märkningens placering instruktion för genomförande och dokumentation
OFP av svetsen	ultraljudsprovning radiografisk provning	driftekniker, ackrediterad kontrollant provningstrustning	specifikation av acceptabla defekter instruktion för genomförande och dokumentation
kontroll av det förslutna kopparhöljets yta	provning av kopparyta	driftekniker provningstrustning	specifikation av acceptabla ytskador instruktion för genomförande och dokumentation
kontroll av det förslutna kopparhöljets dimensioner	dimensionskontroll	driftekniker mätutrustning	specifikation av acceptabla dimensioner instruktion för genomförande och dokumentation
kontroll av ytkontamination <sup>1</sup>	torkprov av kopparyta	driftekniker mätutrustning utrustning för tvättning av kontaminerad yta	specifikation av acceptabel ytkontamination instruktion för genomförande och dokumentation av torkprov instruktion för genomförande och dokumentation av



Steg i kapselns produktion	Tillämpade metoder	Resurser	Instruktioner och kommentar
			tvättning
placering i KTB <sup>1</sup>	granskning av dokumentation och märkning	driftekniker	specifikation av godkänd dokumentation och märkning
	nedsänkning	driftekniker kran	instruktion för genomförande
	stängning och försegling av KTB	driftekniker utrustning för stängning och försegling	instruktion för genomförande och dokumentation

1) Ingår inte i kvalitetsledningssystem för produktionen av kapseln, gäller det inkapslade använda kärnbränslet.

## Kravtabell

### Avdelning Kärnbränsles kravdatabas

Modul prefix, krav id	Modulnamn, versionsnummer (suffix)
C154-155, C190	Referensutformning kapsel, 2.0 (Kupp 1)
DBC70, DBC214-215, DBC218	Konstruktionsstyrande fall och förutsättningar, 2.1 (granskning Clink F-PSAR)
DRC30, DRC57, DRC58	Utformningskrav kapsel, 1.0 (Ansökan 2011)
SF167-171, SF186, SF207	Använt kärnbränsle, 2.0 (Kupp 1)
SFH11-13, SFH15-16, SFH18-29, SFH44-48	Hantering av bränsle, 2.0 (Kupp 1)

## Referenser

**Canister production report, 2010.** Design, production and initial state of the canister. SKB TR-10-14, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**Spent fuel report, 2010.** Spent nuclear fuel for disposal in the KBS-3 repository. SKB TR-10-13, Svensk Kärnbränslehantering AB.

### Dokument i SKBdoc

SKBdoc id, version	Titel	Utfärdare, år
1315415, 2.0	Tillåten resteffekt i enskilda kapslar	SKB 2012
1371742, 1.0	KBS-3-system - inkapsling och inkapslat bränsle	SKB 2013