



**DokumentID**  
1572396, (1.0 Godkänt)  
**Reg nr**

**Sekretess**  
Öppen  
**Dokumenttyp**  
Promemoria (PM)

**Sida**  
1(33)

**Författare**  
2016-12-13 Miranda Keith-Roach

Maria Lindgren

**Kvalitetssäkring**  
2017-03-14 Eva Andersson (Godkänd)

# Förtydligande gällande underlag och beräkning av mängder och koncentrationer av komplexbildare i SFR

Förttydligande gällande underlag och beräkning av mängder och koncentrationer av komplexbildare i SFR

## Innehåll

<b>1</b>	<b>Inledning .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Nya acceptanskriterier för avfall i SFR .....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Antal kollin som innehåller komplexbildare .....</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>Bedömning av mängderna av komplexbildare i SFR .....</b>	<b>6</b>
4.1	EDTA .....	6
4.2	Barsebäck .....	6
4.2.1	Glukonat, natriumiminodisuccinat och NTA .....	6
4.2.2	Andra komplexbildare .....	8
4.3	Clab .....	9
4.4	Forsmark .....	9
4.5	Oskarshamn.....	10
4.6	Ringhals .....	11
4.7	Studsvik.....	12
4.8	Totala mängder komplexbildare i SFR .....	12
<b>5</b>	<b>Mängd cellulosa till SFR.....</b>	<b>14</b>
<b>6</b>	<b>Osäkerheter i koncentrationer komplexbildare som används i säkerhetsanalysen SR-PSU .....</b>	<b>15</b>
6.1	Säkerhetsanalysens känslighet för osäkerheter i komplexbildarkoncentrationer .....	15
6.2	Inverkan av om hänsyn tas till sorption på konstruktions-betong eller inte .....	19
6.3	Inverkan av om hänsyn tas till porvolym konstruktionsbetong eller inte .....	20
6.4	Osäkerheter i mängderna av komplexbildare.....	20
6.5	Sammanfattning av påverkan på valet av sorptionsreduktionsfaktorer i säkerhetsanalysen SR-PSU.....	22
	<b>Referenslista .....</b>	<b>23</b>
	<b>Bilaga 1 Beräkningar för Barsebäck.....</b>	<b>24</b>
	<b>Bilaga 2 Beräkningar för Clab .....</b>	<b>26</b>
	<b>Bilaga 3 Beräkningar för Forsmark.....</b>	<b>27</b>
	<b>Bilaga 4 Beräkningar för Oskarshamn.....</b>	<b>29</b>
	<b>Bilaga 5 Beräkningar för Ringhals.....</b>	<b>30</b>
	<b>Bilaga 6 Mängd hydratiserad cement samt por- och voidvolym i förvarsdelarna i SFR.....</b>	<b>32</b>

# 1 Inledning

Rengörings- och dekontamineringsmedel förbrukade på kärntekniska anläggningar kan hamna i avfallet som slutförvaras i SFR. Innehållet av organiska komplexbildare i dessa medel har potential att påverka sorptionen av radionuklider till cementmineral. Keith-Roach et al. (2014) beräknade koncentrationerna komplexbildare i kollin, BMA-fack, BMA-kassuner och förvarsdelar som underlag för att välja sorptionsdata i säkerhetsanalysen SR-PSU. Beräkningarna utgick från mängderna komplexbildare per kolli i varje avfallstyp, men Keith-Roach et al. (2014) redovisade inte dataunderlag. I detta PM redovisas dataunderlaget tillsammans med en detaljerad redogörelse av hur mängden komplexbildare i det avfall som erhållits från avfallsproducenterna har beräknats. Dessutom görs en genomgång av osäkerheten i beräkningarna och deras inverkan på säkerhetsanalysens (SR-PSU) resultat.

## 2 Nya acceptanskriterier för avfall i SFR

Nya acceptanskriterier för avfall infördes år 2012 (Almkvist 2012) där det anges att följande ämnesklasser inte anses lämpliga för deponering i SFR:

- N-karboxylerade diaminer, t.ex. EDTA
- N-karboxylerade triaminer, t.ex. DTPA
- N-karboxylerade aminosyror, t.ex. NTA
- Trikarboxylsyror, t.ex. citronsyra
- $\alpha$ -hydroxy karboxylsyror, t.ex. glykonsyra.

Dikarboxylsyror, t.ex. oxalsyra, får användas först efter det att SKB har informerats och det har kunnat visas att koncentrationen i varje enskilt avfallskolli inte överstiger  $1 \cdot 10^{-2}$  M.

De nya acceptanskriterierna har inneburit att anläggningarna behövt byta till rengörings- och dekontamineringsmedel som inte innehåller organiska komplexbildare eller behandla avfallet före deponering. Minskning av cellulosa har skett genom användning av alternativa material eller behandling före deponering. Till följd av de nya acceptanskriterierna är majoriteten av komplexbildare i SFR deponerat före 2012.

Almkvist (2012) ger också gränser för cellulosa i varje förvarsdel eftersom alkalisk nedbrytning av cellulosa bildar isosackarinat (ISA) som är komplexbildare.

Acceptanskriterier för avfall inklusive avfall till utbyggnaden lämnades in som en del av ansökan. I dessa acceptanskriterier begränsas mängden cellulosa till 2 600 kg per kassun i 2BMA (Eriksson Örtengren och Eriksson 2014).

### 3 Antal kollin som innehåller komplexbildare

I detta kapitel redovisas information om antal kollin som bedömdes innehålla komplexbildare i Keith-Roach et al. (2014). Bedömningen av antalet kollin som innehåller komplexbildare är viktig eftersom Keith-Roach et al. (2014) använde mängden (kg) komplexbildare per kolli av en viss avfallstyp som indata och den multiplicerades med antalet kollin som underlag för att beräkna koncentrationer av komplexbildare i kollin, BMA-fack, BMA-kassuner och förvarsdelar. Detta innebär att det bedömda antalet kollin som innehåller komplexbildare kan påverka den totala mängden komplexbildare.

I Tabell 3-1 redovisas en jämförelse av det bedömda antalet kollin med komplexbildare i Keith-Roach et al. (2014) med data om antalet kollin deponerade 2011-12-31 i en draftversion (SKBdoc 1326038 ver 0.36 (företagsinternt dokument)) av Inventarierapporten (SKB 2013). Jämförelsen med antalet kollin deponerade 2011-12-31 bedöms vara relevant eftersom de kärntekniska anläggningarna slutade använda organiska komplexbildare under perioden 2010-2011.

Tabell 3-1 (de två kolumnerna längst till höger) visar att de flesta uppgifterna är precis lika (B.04, F.17, R.15) eller nästan lika (C.02, R.16, R.10, B.07/B.07.01 och O.07/O.07:00). Antalet O.02 var väsentligt färre i Keith-Roach et al. (2014) än i SKB (2012). Det beror på att det vid bedömningen av antal kollin med komplexbildare i Keith-Roach et al. (2014) togs hänsyn till informationen om att oxalat (50 kg) användes vid 16 enskilda tillfällen under åren 1990-2010, varför de bedömdes hamna i färre kollin än det totala antalet.

**Tabell 3-1. Antal kollin av relevanta avfallstyper som deponerats i SFR, finns lagrade samt producerade 2011-12-31 (Draftversion av Inventarierapporten SKB (2013), SKBdoc 1326038 ver 0.36, bilaga A) och antal kollin som bedömdes innehålla komplexbildare i Keith-Roach et al. (2014).**

Förvarsdel	Avfallstyp	Deponerade 2011-12-31	Lagrade 2011-12-31	Producerade 2011-12-31	Bedömt antal kollin med komplexbildare Keith-Roach et al. (2014)
Silo	B.04	0	349	349	349
	C.02	150	278	428	416
	O.02	874	416	1290	346
	R.16	1 068	403	1471	1445
BMA	F.17	447	161	608	608
	R.10	88	3	91	84
	R.15	124	23	147	147
BTF	B.07/B.07.01	216	8	224	212/ 11
	O.07/ O.07:00	537	5	542	400/127

## 4 Bedömning av mängderna av komplexbildare i SFR

Mycket av informationen bakom mängderna komplexbildare i Keith-Roach et al. (2014) kommer direkt från de svenska kärntekniska anläggningarna och den sammanfattas i detta kapitel. En del information kommer från Fanger et al. (2001), men har omvärderats baserat på flödesscheman över anläggningarna och/eller uppdaterad uppskattning av antal kollin som innehåller komplexbildare. I detta kapitel finns det först en beskrivning av uppskattad mängd EDTA i SFR och därefter en beskrivning av mängden andra komplexbildare från varje kärnteknisk anläggning vars avfall hamnar i SFR. Uppskattningarna gäller till och med år 2011. I och med införandet av acceptans-kriterierna 2012 tillförs avfallet mängder av de ämnesklasser som regleras i Almkvist (2012). Fast mindre mängder kan ju fortfarande användas men då ska SKB kontaktas och en genomgång ska göras.

### 4.1 EDTA

EDTA användes på anläggningarna fram till år 1998. Efter det var EDTA förbjudet i avfall till SFR. I Fanger et al. (2001) redovisades att maximalt 10 kg EDTA deponerats i SFR enligt en uppskattning från SKB. Denna mängd fördelades lika mellan de fyra kärnkraftverken. I Keith-Roach et al. (2014) fördelades Forsmarks 2,5 kg EDTA på 352 stycken F.17 kollin för att beräkna koncentrationen. Därefter multiplicerades koncentrationen med 608 kolli (antal F.17 som innehåller komplexbildare från hela drifttiden) vilket ledde till 4,3 kg i F.17 och totalt 11,8 kg EDTA i SFR istället för 10 kg. Beräkningen leder följaktligen till för mycket EDTA och därmed för höga koncentrationer i 1BMA i Keith-Roach et al. (2014).

### 4.2 Barsebäck

Barsebäck var i kommersiell drift från 1975. Keith-Roach et al. (2014) använde en utredning av glukonat i Barsebäcksavfall<sup>1</sup>, information direkt från Barsebäck och data i Fanger et al. (2001) för att beräkna mängden av komplexbildare från Barsebäck till SFR.

#### 4.2.1 Glukonat, natriumiminodisuccinat och NTA

Enligt den rapport som Barsebäck har tagit fram<sup>1</sup> har kemikaliebelastningen på Barsebäcks avfallsanläggning bestått av två huvudsakliga källor: flytande tvättmedel från tvättstugan (ca 900 kg/år) och flytande rengöringsmedel från golvvavlopp och servicebyggnad (ca 225 L/år). Tvättmedlen innehöll inte kemikalier som betraktas vara starka komplexbildare, men de flytande rengöringsmedlen som använts innehöll organiska komplexbildare:

- Nilfisk Industri Kombi användes fram till 2003 och innehöll 0,5 % NTA
- Induren A användes från 2003-2010 och innehöll 3 % natriumglukonat (och 1-2 % natriumiminodisuccinat).

Från januari 2011 har Ikanol Plus Special använts istället för Induren A. Detta medel innehåller inte starka komplexbildare<sup>1</sup>.

#### **Glukonat**

Barsebäck utredde mängderna av natriumglukonat i Induren A som bedöms kunna ackumuleras i avfallet i betongtankar av typen B.07:1<sup>1</sup>. Analysen baserades på:

1. Inköpt mängd och förbrukning av Induren A.
2. Massbalans för i natriumglukonat i avfallssystemet.

<sup>1</sup> **Håkansson L, 2011.** Underlagsrapport för typbeskrivning B.07.1. Barsebäck dokument 2117789/2.0. Internt dokument.

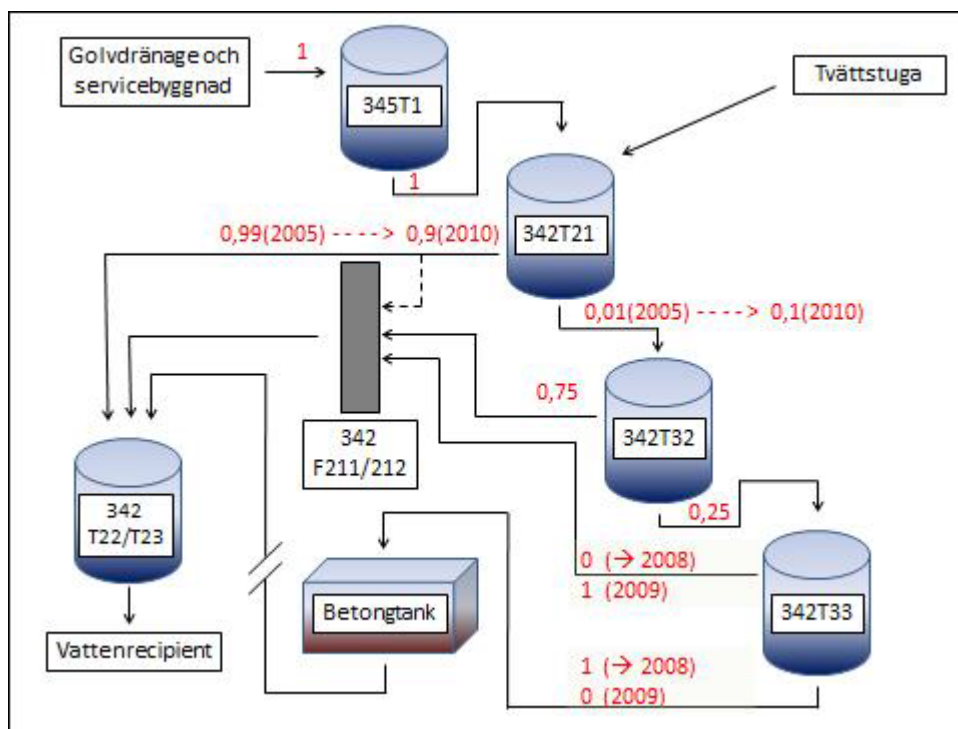
Förtydligande gällande underlag och beräkning av mängder och koncentrationer av komplexbildare i SFR

### 3. Antal producerade betongtankar enligt avfallstypbeskrivning B.07:1.

Enligt den rapport som Barsebäck har tagit fram<sup>2</sup> presenteras information om utsläpp till havet (m<sup>3</sup> vatten/år) under åren 2000-2010 och den tillämpades som volym vatten i vilken Induren A lösts upp varje år. Mängden vatten som överfördes till B.07:1 kollin beräknades baserat på flödesschemat i figur 2-1:

- 100 % av vatten från kontrollerat område överförs till uppsamlingstanken för golvvavlopp 345T1, och vidare till uppsamlingstanken 342T21 i avfallsanläggningens stråk 2 (tvättstuga).
- Från 342T21 pumpas vatten med tillräckligt lågt aktivitetsinnehåll vidare till utsläppstankarna för utsläpp till vattenrecipienten (342T22/T23).
- Vatten från 342T21 med högre aktivitetsinnehåll behandlas via sedimentering (342T32) innan utsläpp (342T22/T23). Andelen vatten som behandlades via sedimentering ökade från 1 till 10 % från 2005-2010 för att minska aktivitetsutsläppet till vattenrecipienten.
- 25 % av natriumglukonaten i vattnet som behandlas i sedimenteringen (342T32) hamnar i slammet, medan 75 % pumpas till utsläppstankarna (342T22/T23)
- Slammet blandas med backspolade jonbytarmassor i 342T33, filtreras och överförs till betongtank. 100 % av natriumglukonat i blandningen överförs till betongtank eftersom laborieförsök med pH9 visade att jonbytarmassorna behåller 100 % natriumglukonat.

Från 2003-2005 hamnade 0,25 % natriumglukonat i B.07:1 och senare ökade det till 1,6 % år 2008. Barsebäck<sup>2</sup> beräknade att det sammanlagt finns 0,28 kg natriumglukonat i de 10 stycken B.07:1 kollina som producerades 2003- 2010 samt 0,309 kg i ett B.07.01 kolli som produceras därefter. Totalt blir det 0,59 kg natriumglukonat från Barsebäck som deponerats i SFR.



**Figur 4-1.** Förenklat flödesschema för rengöringsmedel i Barsebäck's avfallsanläggning under tidsperioden 1975-2009<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> Håkansson L, 2011. Underlagsrapport för typbeskrivning B.07.1. Barsebäck dokument 2117789/2.0. Internt dokument.

### **Natriumiminodisuccinat**

Natriumiminodisuccinat tillhör kategorin dikarboxylsyror för vilka Almkvist (2012) anger koncentrationen  $1 \cdot 10^{-2}$  M som generellt övre gränsvärde. Koncentrationen av natriumiminodisuccinat i B.07:1 kommer att bli mycket lägre än det övre gränsvärdet eftersom koncentrationen av natriumiminodisuccinat i Induren A är lägre än natriumglukonat och natriumglukonat koncentrationerna i B.07:1 kollin var låga (maximalt  $5,3 \cdot 10^{-4}$  M inuti en kulli; Keith-Roach et al. 2014). Det finns därför ingen risk för att natriumiminodisuccinat i Induren A förbrukad på Barsebäck ska påverka sorption av radionuklider.

### **NTA**

Keith-Roach et al. (2014) beräknade mängd NTA i B.07 betongtankarna baserad på informationen att användningen av Nilfisk Industri Kombi var 225 L/år före år 2003 (112,5 L/år vid var och en av reaktorerna B1 och B2) och att 0,25 % NTA hamnade i B.07 betongtankar. Samma behandlingsprocess användes som för glukonat (figur 2-1). Antaganden är att 100 % av NTA fastnar i jonbytarmassorna samt att 1 % av vattnet behandlades i sedimenteringen (342T32) från 1975-2000. Enligt Barsebäck<sup>3</sup> behandlades 1 % av vattnet under perioden 2000-2005 och eftersom det inte fanns högre krav på aktivitetsutsläpp till havet under tidigare år bedöms detta värde rimligt även för perioden före 2000.

Beräkningarna ges i Bilaga 1 och visar att 0,073 kg NTA från Barsebäck deponerats i SFR. I Fanger et al. (2001) redovisades ingen NTA i avfallet från Barsebäck som deponerats i SFR.

## **4.2.2 Andra komplexbildare**

### **Oxalat**

Barsebäck har beräknat att 40 kg oxalat använts för systemdekontaminering och att detta hamnade i kollin av avfallstypen B.04 producerade före år 2010. Detta inkluderades inte i Fanger et al. (2001).

### **Citrat**

Fanger et al. (2001) använde data från en tidigare inventering av kemikalier<sup>4</sup> som angav att 3,8 kg citrat använts på Barsebäck år 1998. Fanger et al. (2001) fördelade citratet mellan B.05, B.06 och B.07 kollin, men flödesschemat i figur 2-1 visar att komplexbildare hamnar i B.07. Barsebäck har konfirmerat att komplexbildare aldrig har hamnat i B.05 och B.06. Därför fördelade Keith-Roach et al. (2014) de 3,8 kg citrat som användes år 1998 på de 15 stycken B.07 kollin som producerades årligen<sup>5</sup> och multiplicerade med de 212 B.07 kollin som producerades under alla år som organiska komplexbildare användes (Tabell 3-1). Detta ger 53 kg citrat totalt från Barsebäck i SFR.

Totala mängden citrat från Barsebäck till SFR som redovisades i Fanger et al. (2001) var 1857 kg vilket bedöms vara en stor överskattning. Det beror mycket på extrapolationen av mängden i 2 stycken B.05 kollin som producerade under 1998 till de totalt 4230 stycken B.05 kollina som förutsågs att deponeras i SFR totalt.

### **Tallsyra**

Tallsyra nämns också som en källa till ISA i Fanger et al. (2001). Keith-Roach et al. (2014) påstår att det inte finns bevis för detta och uteslöt tallsyran.

## **Tabell 4-1. Totala mängder komplexbildare (kg) från Barsebäck till SFR.**

<sup>3</sup> **Håkansson L, 2011.** Underlagsrapport för typbeskrivning B.07.1. Barsebäck dokument 2117789/2.0. Internt dokument.

<sup>4</sup> **SKB 99/13.** Kemikalieinventering – Kärntekniska anläggningar. Drift PM 99/13, 1999-11-26, Reg nr DL 721, Svensk Kärnbränslehantering AB. Internt dokument.

<sup>5</sup> **SKB 99/15.** Prognos över nyttjande av SFR-1. Drift PM 99/15, 1999-10-26, Reg. Nr DL 312, Svensk Kärnbränslehantering AB. Internt dokument.



Förttydligande gällande underlag och beräkning av mängder och koncentrationer av komplexbildare i SFR

Avfallstyp	EDTA kg	NKP kg	NTA kg	Citrat kg	Oxalat kg	Natrium- glukonat kg
B.04					40	
B.07	2,5		0,073	53		
B.07.01						0,59
<b>Total</b>	<b>2,5</b>	<b>0</b>	<b>0,073</b>	<b>53</b>	<b>40</b>	<b>0,59</b>

### 4.3 Clab

Clab har varit i drift sedan 1985. De har lämnat information om mängder använt saneringsmedel under år 2009:

- 200 L Nordex Industrikombi (utgått december 2011) som innehåller max 0,5 % NTA
- 5 L Grovrent som innehåller 0,35 % NTA.

NTA-innehållet delades med antal C.02 kollin som producerades årligen (15 stycken; Almkvist och Gordon 2007) och multiplicerades med antalet C.02 som producerades under den tidsperiod som NTA användes. Beräkningarna ges i Bilaga 2.

Fanger et al. (2001) betraktade C.02 och O.02 tillsammans.

**Tabell 4-2. Totala mängder komplexbildare (kg) från Clab till SFR.**

Avfallstyp	EDTA kg	NKP kg	NTA kg	Citrat kg	Oxalat kg	Natrium- glukonat kg
C.02	0		28			
<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>28</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

### 4.4 Forsmark

Konditioneringsanläggningen på Forsmark 3 har varit i drift sedan 1987. Data över förbrukade mängder av komplexbildare har hämtats från två informationskällor.

Från SAP-systemet hämtades information om antal liter/kilon uttagna kemikalier från huvudförrådet på Forsmark mellan åren 2000-2011. Personal från Forsmark och SKB kommunicerade om hur informationen skulle tolkas och användas. Om inte annat var känt, t ex att en produkt utgått eller tillkommit, antog Keith-Roach et al. (2014) att samtliga kemikalier använts under hela drifttiden (1987-2012). Ett medelvärde av uttagen som redovisas i SAP har antagits som representativt för hela driftperioden.

Mängden av olika kemikalier som förbrukats av ISS (bolag som anlitas av Forsmark för ”facility management” där bland annat lokalvård och dekontaminering ingår) hämtades från Forsmarks årliga miljörapporter (1987-2011).

Nedan redovisas en sammanställning av kemikalier med organiska komplexbildare som har använts på Forsmark:

#### Från SAP-systemet

- Nordex Industrikombi (2001-2011) som innehåller max 0,5 % NTA
- Sumatox LpH DEKO maskindisk (2001-2011) som innehåller max 15 % NTA

Förtydligande gällande underlag och beräkning av mängder och koncentrationer av komplexbildare i SFR

- Vattenbaserad avfettning ST 409 (2000-2009) som innehåller 3 % natriumglukonat (enligt mejlkonversation med tillverkaren)
- Citronsyra 1-hydrat (2002-2010)
- Oxalsyra 2-hydrat (2002-2011)

#### Från årliga miljörapporter

- Putsväck (grovtvål; 2006-2011) citronsyra 0,9 %
- Mevon 66 (flytande duschtvål; 1987-2005; efter 2006 IKO) citronsyra 1 %
- Mevon 77 (flytande tvål; 1987-2011) citronsyra 1 %
- Suma alu free (2006-2011; utgått april-11, ersatt av medel fritt från komplexbildare) 3 % MGDA (vilken liknar NTA).

Beräkningarna av totala mängder av komplexbildare från Forsmark redovisas i bilaga 3 och resultatet ges i Tabell 4-3. Notera att beräkningarna baseras på olika antaganden för de två separata delarna på den kontrollerade sidan Forsmark (F3 respektive F1 och F2). Graden av indunstning av vattnet på F1 och F2 har varierat över tid, vilket påverkar mängden av organiska komplexbildare som hamnar i SFR. Detta tas hänsyn till i beräkningarna i bilaga 3.

**Tabell 4-3. Totala mängder komplexbildare (kg) från Forsmark till SFR.**

Avfallstyp	EDTA kg	NKP kg	NTA (inkl. MGDA) kg	Citrat kg	Oxalat kg	Natrium- glukonat kg
F.17	2,5				11	42
<b>Total</b>	<b>2,5</b>	<b>0</b>	<b>420</b>	<b>190</b>	<b>11</b>	<b>42</b>

## 4.5 Oskarshamn

Fanger et al. (2001) presenterar data från en tidigare inventering av kemikalier som användes under år 1998<sup>6</sup>. I rapporten (Fanger et al. 2001) fördelades komplexbildare på avfallstyperna O.01, O.02, O.07 och O.23. Denna fördelning ändrades i Keith-Roach et al. (2014) eftersom komplexbildare bedömts hamna enbart i O.07.

Det finns två sorters O.07 kollin. Före slutet av 2011 hade 400 kollin av den första typen, O.07, och 127 kollin av den andra typen, O.07:00, deponerats i SFR.

### O.07

Keith-Roach et al. (2014) använde data från Fanger et al. (2001) för att beräkna totala mängderna NKP (natriumkapryliminodipropionat), NTA, citrat och natriumglukonat till O.07. Mängderna som redovisades för år 1998 dividerades med 12 (den årliga produktionen av O.07<sup>7</sup>) och därefter multiplicerades de med 400, det totala antalet O.07 kollin som producerats enligt Tabell 3-1. Se bilaga 4 för detaljerade beräkningar. Med det sätt som beräkningarna gjorts kan NTA i C.02 ha inkluderats två gånger i Keith-Roach et al. (2014) eftersom C.02 betraktades tillsammans med O.02 i Fanger et al (2001). Detta är dock en ganska liten del av NTA som deponerats i SFR.

<sup>6</sup> **SKB 99/13.** Kemikalieinventering – Kärntekniska anläggningar. Drift PM 99/13, 1999-11-26, Reg nr DL 721, Svensk Kärnbränslehantering AB. Internt dokument.

<sup>7</sup> **SKB 99/15.** Prognos över nyttjande av SFR-1. Drift PM 99/15, 1999-10-26, Reg. Nr DL 312, Svensk Kärnbränslehantering AB. Internt dokument.

Förtydligande gällande underlag och beräkning av mängder och koncentrationer av komplexbildare i SFR

### O.07:00

I typbeskrivningen för O.07 finns en uppskattning av innehållet av komplexbildare i en variant av O.07. Dessa kollin kallas för O.07:00 här och i Keith-Roach et al. (2014). Den enda organiska komplexbildaren i O.07:00 är NTA. Typbeskrivningen anger att 17,5 kg NTA förbrukades per år och fördelades på 11 stycken O.07:00 kollin, vilket ger 1,59 kg NTA/kolli. Denna typbeskrivning redovisar att i snitt 11 stycken O.07:00 förväntades per år under tio års produktion. Slutligen tillverkades totalt 127 O.07:00 kollin, vilket innebär 202 kg NTA till SFR.

### Oxalat

Enligt typbeskrivningen för O.02 har användningen av oxalat (50 kg) skett vid 16 enskilda tillfällen i samband med systemdekontaminering under åren 1990-2010 och att det då hamnar i ett begränsat antal O.02 kollin.

**Tabell 4-4. Totala mängder komplexbildare (kg) från Oskarshamn till SFR.**

Avfallstyp	EDTA kg	NKP kg	NTA kg	Citrat kg	Oxalat kg	Natrium- glukonat kg
O.02					50	
O.07	2,5	310	60	16		400
O.07.00			200			
<b>Total</b>	<b>2,5</b>	<b>310</b>	<b>260</b>	<b>16</b>	<b>50</b>	<b>400</b>

## 4.6 Ringhals

Saneringsmedel med organiska komplexbildare har använts i Ringhals dekontaminerings-anläggning och saneringsblock sedan 1976. Före 2004 hamnade inget av saneringsmedlen som använts i dekontamineringsanläggningen i SFR. Därför är det bara perioden 2005-2010 som är relevant för bedömningen för denna anläggning.

Den huvudsakliga produkten som innehåller organiska komplexbildare som hamnar i SFR är Induren A. Induren A innehöll 5 % NTA fram till 2005 och 3 % natriumglukonat därefter. Sumatox LPH-dekont med 15 % NTA användes i dekontamineringsanläggningen och hamnade därför i SFR-avfall från 2004-2010. Detaljtvätt KS 101 användes och förväntas användas under hela driftperioden, men merparten av detta samlas upp och hanteras separat och kan eventuellt efter rening med filter ha följt med det som skickas till SAKAB/Ekokem för destruktion. Endast en försumbar mängd borde då sitta i filtren och hamna i SFR avfall enligt en utredning av Möller och Torstenfelt<sup>8</sup>.

Ringhals utredde mängderna saneringsmedel som använts på den aktiva sidan av verksamheten år 2002<sup>4</sup>. Informationen kom från Ringhals miljöredovisning, Ringhals underhållsavdelnings miljöredovisning samt förrådsuttag enligt SAP/R3 på Ringhals. Informationen gällde dekontamineringsanläggningen, avfall från saneringsblocken respektive saneringsblocken för R1, R2, R3 och R4 separat. Keith-Roach et al. (2014) antog att samma mängder användes varje år under hela driftperioden för varje del av Ringhals.

<sup>8</sup> Möller J, Torstenfelt B, 2003. Behandling av aktivt vatten med inblandning av kemikalier från all vattenhantering. SwedPower dokumentnummer T-SEKV 2003-023. Företagsinternt dokument.

Förtydligande gällande underlag och beräkning av mängder och koncentrationer av komplexbildare i SFR

Detaljerade beräkningar av totala mängder komplexbildare visas i bilaga 5. All Induren A som använts på Ringhals antas hamna i SFR utom hälften av det som använts på R1s saneringsblock. All Sumatox LPH som använts under åren 2004-2010 antas att hamna i SFR.

**Tabell 4-5. Totala mängder komplexbildare (kg) från Ringhals till SFR.**

Källa	EDTA kg	NTA kg	Natriumglukonat kg
Dekontamineringsanläggning		100	24
Saneringsblock		1300	120
Ospecifierad	2,5		
<b>Total</b>	<b>2,5</b>	<b>1400</b>	<b>150</b>

Totala mängderna NTA och natriumglukonat i Keith-Roach et al. (2014) är överskattade med 27 % (NTA) och 47 % (natriumglukonat) eftersom 1) antal kollin är olika i fördelningen av komplexbildare i kollin och den senare summeringen av kollin i förvardelar samt 2) innehållet av natriumglukonat i Induren A och innehållet av NTA i Sumatox LPH-dekont förbrukade på dekontamineringsanläggningen var felaktiga i beräkningarna.

## 4.7 Studsvik

Fanger et al. (2001) anger att S.09 och S.23 kollin från Studsvik innehåller komplexbildare och att de ska hamna i SFR, men ännu har inget kolli av dessa typer deponerats. Nu har planen ändrats och S.09 kollin planeras att deponeras i SFL istället för SFR. Inget S.23 kolli producerades före slutet av 2011. Keith-Roach et al. (2014) inkluderade därför inga komplexbildare från Studsvik.

## 4.8 Totala mängder komplexbildare i SFR

Keith-Roach och al. (2014) redovisade inte totala mängder komplexbildare från varje kärntekniskanläggning utan koncentrationer i olika enheter av SFR. De beräknade koncentrationerna togs fram som underlag för att välja sorptionsdata i säkerhetsanalysen SR-PSU.

Totala mängderna komplexbildare i SFR beräknade baserade på koncentrationerna i Keith-Roach et al. (2014) sammanfattas i Tabell 4-6. Totala mängder beräknade här (avsnitt 4.1 till 4.7) sammanfattas i Tabell 4-7. Det finns några skillnader mellan mängderna i de två tabellerna. Några skillnader är väldigt små och speglar avrundningsskillnader osv, men andra är större och speglar att olika antal kolli tillämpades i fördelningen av komplexbildare och summeringen av kollin som innehåller komplexbildare i Keith-Roach et al. (2014), vilket redovisats i detalj i föregående avsnitt i denna rapport. Alla mängder i Keith-Roach et al. (2014) är lika med eller högre än de som beräknats här, och skillnaden är mindre än 20 % av det lägre värdet i samtliga fall. Detta visar att mängderna av komplexbildare i SR-PSU är något pessimistiska.

**Tabell 4-6. Total mängd komplexbildare (kg) till SFR beräknade med data i Keith-Roach et al. (2014).**

Anläggning	EDTA kg	NKP kg	NTA kg	Citrat kg	Oxalat kg	Natrium- glukonat kg
Barsebäck	2,5	-	0,073	53	40	0,59
Clab	0	-	28	-	-	-
Forsmark	4,3	-	420	190	10	42
Oskarshamn	2,5	310	260	16	50	400
Ringhals	2,5	-	1800	-	-	210

Förtydligande gällande underlag och beräkning av mängder och koncentrationer av komplexbildare i SFR

Studsvik	-	-	-	-	-	-
Total	12	310	2500	260	100	660

**Tabell 4-7. Total mängd komplexbildare (kg) till SFR enligt beräkningarna i denna rapport (avsnitt 4.1 till 4.7). När värden skiljer sig från Tabell 4-6 är de givna i fetstil.**

Anläggning	EDTA	NKP kg	NTA kg	Citrat kg	Oxalat kg	Natrium- glukonat kg
Barsebäck	2,5	-	0,073	53	40	0,59
Clab	0	-	28	-	-	-
Forsmark	<b>2,5</b>	-	420	190	<b>11</b>	42
Oskarshamn	2,5	310	260	16	50	400
Ringhals	2,5	-	<b>1400</b>	-	-	<b>150</b>
Studsvik	-	-	-	-	-	-
Total	<b>10</b>	310	<b>2200</b>	260	100	<b>590</b>

## 5 Mängd cellulosa till SFR

Mängden cellulosa till SFR beräknades i Keith-Roach et al. (2014) baserat på information i typbeskrivningar för avfall och antal kollin som enligt prognos kommer att ha deponerats i SFR vid förslutning år 2075 (Tabell 5-1). Information gällande både fördelning av kollin i SFR och antal kollin av en viss typ som innehåller cellulosa kommer från initialtillståndsrapporten (SKB 2014a). För de avfallstyper där inte alla kollin innehåller cellulosa anges bara det antal som innehåller cellulosa i Tabell 5-1 och de har markerats med ”\_cell”.

Total mängd cellulosa till silon, 1BMA och 1BTF beräknades till  $1,04 \cdot 10^5$  kg inklusive  $5,2 \cdot 10^3$  kg cementtillsats (methocel) i kringgjutningsbruket. Beräknade koncentrationer av isosackarinat (ISA) är mycket högre i Keith-Roach et al. (2014) än Fanger et al. (2001) eftersom ny forskning (Glaus och Van Loon 2008) visar att det bildas mycket mer ISA vid cellulosanedbrytning än vad som var känt tidigare.

Total mängd cellulosa i 2BMA beräknades till  $7,06 \cdot 10^4$  kg, men eftersom acceptanskriterier för avfall begränsar mängden till 2600 kg per kassun (Eriksson Örtengren och Eriksson 2014), kommer det att vara  $3,64 \cdot 10^4$  kg för 14 kassuner.

**Tabell 5-1. Mängd cellulosa som enligt prognos kommer att ha deponerats i SFR vid förslutning. När bara en del av en avfallstyp innehåller cellulosa skrivs det som ”\_cell”. ”\_B” och ”-S” betecknar betongkokiller respektive plåtkokiller när båda förekommer för en avfallstyp. ”D<sub>sec</sub>” betecknar sekundärt avfall från avveckling (Keith-Roach et al. 2014).**

Avfallstyp	Kollityp	Antal kollin med cellulosa vid förslutning år 2075		Avfalls-konditionering	Cellulosa (kg koll <sup>-1</sup> )
		1BMA	2BMA		
<b>1 och 2BMA</b>					
B.23	Plåtkokill med betonglock	33	0	Betong	44
B.23:Dsec	Plåtkokill med betonglock	0	122	Betong	44
C.01_cell	Betongkokill	61	0	Cement	20.5
C.23	Betongkokill	63	98	Betong	30
F.17_cell	Plåtkokill	195	0	Bitumen	4.3
F.23_B	Betongkokill	57	0	Betong	29
F.23_S	Plåtkokill med betonglock	220	250	Betong	150
O.01_cell	Betongkokill	278	0	Cement	20.5
O.23	Betongkokill	509	100	Betong	30
R.23_B	Betongkokill	338	0	Betong	11
R.23_S	Plåtkokill med betong lock	172	96	Betong	44
S.21	Plåtfat	488	0	(Betong mellan inner- och ytterfat)	7.9
S.23	Betongkokill	113	605	Betong	29
<b>Silo</b>					
C.24	Betongkokill		350	Betong	35
O.24	Plåtkokill		204	Betong	5
R.24	Plåtkokill		60	Betong	5
S.11	Plåtkokill		106	Betong	3

Förtydligande gällande underlag och beräkning av mängder och koncentrationer av komplexbildare i SFR

S.24_B	Betongkokill	697	Betong	5
S.24_S	Plåtkokill	129	Betong	5
<hr/>				
<b>1BTF</b>				
O.99:1	Stål (Corténlåda)	40	Betong	21
R.23_B	Betongkokill	21	Betong	11

## 6 Osäkerheter i koncentrationer komplexbildare som används i säkerhetsanalysen SR-PSU

Keith-Roach et al. (2014) beräknade koncentrationer av de olika komplexbildarna i olika delar av SFR (inuti kollin av olika avfallstyper, olika delar av förvarsdelar samt hela förvarsdelar). Volymen vatten i varje koncentrationsberäkning var summan av voidvolymen och betongporvolymen i den del som betraktades. Stora mängder betong finns i SFR eftersom många kollin är gjorda av betong, mycket avfall är stabiliserat med betong/cement och/eller innehåller betongavfall. Silon och BMA har också betongbarriärer som lösta ämnen måste transporteras igenom innan de kommer vidare till berget. Betongen påverkar koncentrationer av alla komplexbildare pga porvolymen, men påverkan är större för komplexbildare som sorberar kraftigt på cement. Det gäller till exempel ISA och glukonat.

I säkerhetsanalysen SR-PSU användes preliminära koncentrationer av komplexbildare som beräknats för varje fack i 1BMA, varje kassun i 2 BMA, hela silons betongkonstruktion (allt utom bentoniten) och hela BTF. Data är därför inte precis samma som i Keith-Roach et al.(2014), tabell 3-5 (ISA), tabell 3-7 (glukonat) och tabell 3-9 (andra organiska komplexbildare). Koncentrationer tar hänsyn till konstruktionsbetongen i förvarsdelarna. För både glukonat och ISA beräknades koncentrationerna med hänsyn tagen till sorption på all cement inklusive den i konstruktionsbetong.

För BMA och silon är de valda koncentrationerna representativa för utsläppet från förvaret istället för koncentrationen inuti barriärerna. Detta är nödvändigt för ISA och glukonat eftersom de kommer att sorbera till cementen under transport genom betongbarriärerna och radionuklidtransportberäkningarna inte inkluderar någon sorptionsisoterm för komplexbildare.

I detta kapitel utvärderas följande:

- säkerhetsanalysens känslighet för osäkerheter i komplexbildarkoncentrationer
- skillnader i koncentrationerna om porvolym i konstruktionsbetong inkluderas eller inte
- skillnader i koncentrationerna av glukonat och ISA om sorption på konstruktionsbetong inkluderas eller inte
- osäkerheter och kända överskattningar i mängderna av komplexbildare i SFR
- potentiell påverkan av osäkerheterna på säkerhetsanalysen SR-PSU

### 6.1 Säkerhetsanalysens känslighet för osäkerheter i komplexbildarkoncentrationer

Komplexbildare beaktades i säkerhetsanalysen SR-PSU genom sin påverkan på radionuklidsorptionen. Enligt datarapporten för SR-PSU (SKB 2014b) kan ett tröskelvärde för koncentrationen komplexbildare tillämpas för varje radionuklid eller grupp av radionuklider under vilket ingen effekt på sorptionen antas. De flesta tröskelvärden ligger på  $1 \cdot 10^{-x}$  M, dvs hela tioexponenter (SKB 2014b). För koncentrationer över tröskelvärdet tillämpas sorptionsreduktionsfaktorer på valda fördelningskoefficienter för sorption ( $K_d$ -värden). Sorptionsreduktionsfaktorerna ökar generellt med 10 för varje storleksordnings ökning i koncentration av komplexbildare. Undantaget är en grupp tetravalenta specier (t. ex. Pu(IV), U(IV), Tc(IV)) som har en sorptionsreduktionsfaktor på 100 redan vid tröskelvärdet samt Pb(II) och Pd(II) som har en ökning på 100 direkt vid tröskelvärdet, men ingen ytterligare ökning beroende på koncentrationen.

Förtydligande gällande underlag och beräkning av mängder och koncentrationer av komplexbildare i SFR

När det gäller sorption på betong är det lägsta tröskelvärdet för både ISA och andra komplexbildare  $2 \cdot 10^{-5}$  M för Pb(II) och Pd(II) och näst lägsta är  $1 \cdot 10^{-4}$  M för tetravalenta specier. Varken Pb eller Pd bidrog synligt till dosen i scenariot med höga koncentrationer av komplexbildare enligt huvudrapporten i SR-PSU (SKB 2015, avsnitt 9.3.6). Plutonium däremot bidrog med 8,5 % till den högsta årliga effektiva dosen. Det är betydligt större bidrag än i huvudscenariot, där plutoniums bidrag inte rapporteras men utgjorde <3,4 % (SKB 2015, tabell 9-1). Därför är resultatet i säkerhetsanalysen känsligt för påverkan från komplexbildare när koncentrationen överstiger  $1 \cdot 10^{-4}$  M och påverkan ökar med varje tiopotens ökning av koncentrationen.

Den högsta koncentrationen av någon komplexbildare i varje del som betraktades används för att välja sorptionsreduktionsfaktorn för varje radionuklid i säkerhetsanalysens huvudscenario. Säkerhetsanalysen använde dock preliminära koncentrationer av komplexbildare. Känslighet för osäkerhet i beräknade koncentrationer och värden som användes i säkerhetsanalysen SR-PSU diskuteras nedan med Pu(IV) som exempel på radionuklid (mest känslig enligt ovan):

**EDTA:** Den högsta beräknade koncentrationen av EDTA var  $2,1 \cdot 10^{-5}$  M (1BMA fack 6). Enligt avsnitt 4.1 är EDTA i avfallstyp F.17 överskattad i Keith-Roach et al. (2014). F.17 kollin har redan deponerats i fack 6 i 1BMA. Det finns därför en väldigt stor marginal till att koncentrationen överstiger tröskelvärdet.

**NKP, Natriumkapyriminodipropionat:** Natriumkapyriminodipropionat hamnar i BTF och koncentrationen beräknades till  $7,7 \cdot 10^{-5}$  M. I säkerhetsanalysen SR-PSU tog ingen hänsyn till NKP, eftersom koncentrationerna var så låga. Därför är osäkerheterna i koncentrationerna inte relevanta att diskutera vidare.

**NTA:** Koncentrationer av NTA som användes i valet av sorptionsreduktionsfaktorn visas i Tabell 6-1 i fetstil. Alla preliminära koncentrationer som användes i säkerhetsanalysen var i samma storleksordning som slutgiltiga koncentrationer i Keith-Roach et al. (2014) utom den för silon. Denna rapport visar att uppskattningen av NTA i Ringhals avfall är överskattad med 27 % i Keith-Roach et al. (2014) (se avsnitt 4.6) och Ringhals avfall är den största källan till NTA i silon. Med mängden NTA beräknad i denna rapport ligger NTA-koncentrationen i silon på  $8,8 \cdot 10^{-4}$  M, dvs samma storleksordning som koncentrationen som användes i valet av sorptionsreduktionsfaktorer för silon.

Koncentrationer  $>1 \cdot 10^{-4}$  och  $<1 \cdot 10^{-3}$  M ledde till att en sorptionsreduktionsfaktor för Pu(IV) på 100 användes i SR-PSU. För NTA-koncentrationer över  $1 \cdot 10^{-3}$  M valdes sorptions-reduktionsfaktorn för Pu(IV) till 1000 och om någon koncentration hade överstigit  $1 \cdot 10^{-2}$  M skulle sorptionsreduktionsfaktorn varit ytterligare 10 gånger högre. Tabell 6-1 visar att ingen NTA-koncentration (från Keith-Roach et al. 2014) är i närheten av  $1 \cdot 10^{-2}$  M. Med en hypotetisk ökning av NTA med 22 % (fack 11) eller 27 % (fack 9) skulle koncentrationen öka från  $<1 \cdot 10^{-3}$  M till  $>1 \cdot 10^{-3}$  M. Med den nya beräkningen av mängd NTA i fack 9 i 1BMA blir koncentrationen  $5,7 \cdot 10^{-4}$  M, vilket är mycket mindre känslig för en hypotetisk ökning av NTA. Den nya beräkningen av mängd NTA i silon gör att silon bli känslig för en hypotetisk ökning av NTA med 14 %. Fack 11 i 1BMA och silon är därför de enheter som är mest känsliga för osäkerheter i koncentrationen av NTA.

Det mesta NTA i silon kommer från Ringhals och därför från produkten Induren A, som innehåller 5 % NTA. Den hypotetiska ökningen på 14 % NTA är lika med 170 kg NTA, vilket motsvarar 3400 L Induren A. Det mesta NTA i fack 11 i 1BMA kommer från Forsmark i produkten Nordex Industri Kombi, som innehåller 0,5 % NTA. Den hypotetiska ökningen av 22 % NTA är lika med 9,4 kg NTA, vilket motsvarar 1880 L Nordex Industri Kombi använt på den aktiva sidan.

**Citrat:** Ingen citratkoncentration användes i valet av sorptionsreduktionsfaktor eftersom koncentrationerna är lägre än koncentrationerna av NTA och/eller ISA. Osäkerheten i koncentrationen av citrat slår igenom bara om den innebär att koncentrationen blir högre än NTA eller ISA och även innebär att en högre sorptionsreduktionsfaktor skulle väljas. Tabell 6-1 visar att fack 13 är mest känsligt för osäkerheten i citratkoncentrationen, där en hypotetisk ökning på drygt 400 % krävs för att påverka valet av sorptionsreduktionsfaktorer.



Förtydligande gällande underlag och beräkning av mängder och koncentrationer av komplexbildare i SFR

**Oxalat:** Oxalatkoncentrationerna i SFR begränsas till  $1 \cdot 10^{-5}$  M på grund av utfällning av kalciumoxalat. Detta innebär att radionuklidsorptionen inte påverkas av oxalat oberoende av mängden oxalat.

**Glukonat:** Med hänsyn tagen till sorption på all cement i aktuell förvaringsdel beräknades koncentrationen av glukonat till mellan  $10^{-10}$ -  $10^{-9}$  M, vilket innebär mycket liten känslighet för osäkerheter i koncentration.

**ISA:** Koncentrationer av ISA som användes i valet av sorptionsreduktionsfaktorn visas i Tabell 6-1 i fetstil. Alla preliminära koncentrationer som användes i säkerhetsanalysen var i samma storleksordning som slutgiltiga koncentrationer i Keith-Roach et al. (2014) utom de för 2BMA och fack 10 i 1BMA. Många ISA-koncentrationer i 1BMA är  $>1 \cdot 10^{-4}$  M (Tabell 6-1), vilket ger en sorptionsreduktionsfaktor för Pu(IV) på 100. I ett fack (fack 8) beräknades ISA-koncentrationen till  $1 \cdot 10^{-2}$  M och därför valdes sorptionsreduktionsfaktorn för Pu(IV) till 10 000. Bara ett fack är väldigt känsligt för osäkerheter i ISA-koncentrationen – fack 10. I det facket skulle en hypotetisk ökning av ISA-koncentration (i Keith-Roach et al. 2014) på 9 % öka sorptionsreduktionsfaktorn för Pu(IV) 10 gånger från 100 till 1000. Den högre sorptions-reduktionsfaktorn valdes i säkerhetsanalysen SR-PSU i alla fall eftersom den preliminära koncentrationen var högre.

Genomgående är valet av sorptionsreduktionsfaktorer i SR-PSU ganska okänsligt för koncentrationerna eftersom de flesta fack i 1BMA, silon och BTF inte ligger nära gränser för ökning av sorptionsreduktionsfaktorerna. Användning av preliminära data i säkerhetsanalysen har dock lett till val av sorptionsreduktionsfaktorer för Pu(IV) 10 gånger högre i fack 10 i 1BMA än om de valts från de slutgiltiga data i denna rapport.

Ett iterativt arbete mellan analysen av säkerhet efter förslutning och framtagning av acceptanskriterier för avfall till 2BMA ledde fram till krav på mindre än 2600 kg cellulosa per kassun (Örtengren och Eriksson 2014). Detta krav innebär att koncentrationen blir mindre än  $1 \cdot 10^{-4}$  M, vilket den också var i de preliminära data som användes i valet av sorptionsreduktionsfaktorer. I tabell 6-2 redovisas sorptionsreduktionsfaktorerna för 2BMA i huvudscenariot och i scenariot med höga koncentrationer av komplexbildare.

Förtydligande gällande underlag och beräkning av mängder och koncentrationer av komplexbildare i SFR

**Tabell 6-1. Koncentrationer (M) av NTA, citrat och ISA i Keith-Roach et al. (2014) och i preliminära data som använts för val av sorptionsreduktionsfaktorer i säkerhetsanalysen SR-PSU.**

	NTA (Keith-Roach et al. 2014)	Citrat (Keith-Roach et al. 2014)	ISA (5000 år; Keith-Roach et al. 2014)	NTA (använda i SR-PSU)	ISA (5000 år; använda i SR-PSU)
<b>1BMA</b>					
Fack					
1	0	0	0		<b>0</b>
2	0	0	0		<b>0</b>
3	$1,5 \cdot 10^{-3}$	$6,9 \cdot 10^{-4}$	$3,1 \cdot 10^{-5}$	<b><math>1,1 \cdot 10^{-3}</math></b>	$2,9 \cdot 10^{-5}$
4	$2,1 \cdot 10^{-3}$		$2,7 \cdot 10^{-4}$	<b><math>1,6 \cdot 10^{-3}</math></b>	$2,7 \cdot 10^{-4}$
5	$2,8 \cdot 10^{-4}$	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$1,5 \cdot 10^{-6}$	<b><math>1,9 \cdot 10^{-4}</math></b>	$1,5 \cdot 10^{-6}$
6	$3,2 \cdot 10^{-3}$	$1,5 \cdot 10^{-3}$	$8,0 \cdot 10^{-6}$	<b><math>1,9 \cdot 10^{-3}</math></b>	$7,7 \cdot 10^{-6}$
7			$1,5 \cdot 10^{-4}$		<b><math>3,4 \cdot 10^{-4}</math></b>
8	$5,7 \cdot 10^{-4}$		$1,2 \cdot 10^{-2}$	$4,9 \cdot 10^{-4}$	<b><math>1,1 \cdot 10^{-2}</math></b>
9	$7,9 \cdot 10^{-4}$		$4,6 \cdot 10^{-4}$	<b><math>6,5 \cdot 10^{-4}</math></b>	$4,9 \cdot 10^{-4}$
10	$5,0 \cdot 10^{-4}$	$2,3 \cdot 10^{-4}$	$9,2 \cdot 10^{-4}$		<b><math>1,9 \cdot 10^{-3}</math></b>
11	$8,2 \cdot 10^{-4}$	$3,3 \cdot 10^{-4}$	$5,2 \cdot 10^{-4}$		<b><math>5,2 \cdot 10^{-4}</math></b>
12	$6,1 \cdot 10^{-4}$	$2,3 \cdot 10^{-4}$	$5,2 \cdot 10^{-4}$		<b><math>5,1 \cdot 10^{-4}</math></b>
13	$6,1 \cdot 10^{-4}$	$2,4 \cdot 10^{-4}$	$5,3 \cdot 10^{-4}$		<b><math>5,3 \cdot 10^{-4}</math></b>
14	$3,1 \cdot 10^{-4}$		$5,1 \cdot 10^{-4}$		<b><math>5,1 \cdot 10^{-4}</math></b>
15	$3,1 \cdot 10^{-4}$		$5,1 \cdot 10^{-4}$		<b><math>5,1 \cdot 10^{-4}</math></b>
<b>2BMA</b>					
2BMA per kassun			$2,6 \cdot 10^{-4}$		$<1 \cdot 10^{-4}$
<b>Silo</b>					
Silokonstruktionen	$1,2 \cdot 10^{-3}$		$3,8 \cdot 10^{-5}$	<b><math>9,1 \cdot 10^{-4}</math></b>	$3,7 \cdot 10^{-5}$
<b>1BTF</b>					
Hela förvarsdelen	$1,0 \cdot 10^{-4}$	$2,7 \cdot 10^{-5}$	$4,5 \cdot 10^{-6}$	<b><math>1,5 \cdot 10^{-4}</math></b>	

Förtydligande gällande underlag och beräkning av mängder och koncentrationer av komplexbildare i SFR

**Tabell 6-2. Sorptionsreduktionsfaktorer (SRF) för 2BMA i huvudscenariot och scenariot med höga koncentrationer komplexbildare.**

	SRF i huvudscenariot	SRF i scenariot höga koncentrationer komplexbildare
Cd(II)	1	10
Ac(III), Eu(III), Am(III), Cm(III), Ho(III), Pu(III), Sm(III)	1	10
Nb(V)	1	10
Pb(II), Pd(II)	100	1000
Th, Np(IV), Pu(IV), U(IV), Pa(IV), Tc(IV), Zr(IV), Sn(IV)	1	10
Np(V), Pu(V)	1	10
Pa(V)	1	10
Se(IV), Po(IV)	1	10
Sr(II), Ba(II), Ra(II)	1	10
U(VI), Pu(VI)	1	10
Ni(II)	1	10
Ag(II)	1	10

## 6.2 Inverkan av om hänsyn tas till sorption på konstruktions-betong eller inte

De beräknade koncentrationerna av glukonat och ISA är mycket lägre om hänsyn tas till sorption på cement. Konstruktionsbetong spelar därför en viktigare roll för koncentrationerna av glukonat och ISA än för icke-sorberande komplexbildare (avsnitt 0). Konstruktionsbetong innehåller 13-28 % av totala innehållet av cement i de flesta BMA-fack och 2BMA (dock 37 % i fack 14 och 15 i 1BMA) och 32 % i silon (se bilaga 6). Huvuddelen av cement förekommer alltså i annat än i konstruktionsbetongen. Beräkningar som inkluderar sorption på allt utom konstruktionsbetong visar att glukonatsorption är så effektiv att koncentrationer av glukonat även då är  $10^{-10}$  –  $10^{-9}$  M. Koncentrationerna bli 15 - 59 % lägre när konstruktionsbetong inkluderas (porvolym och sorption till cement) jämfört med om de inte inkluderas.

Koncentrationerna av ISA i 1BMA-fack blir maximalt 3 gånger högre utan hänsyn tagen till konstruktionsbetong (Tabell 6-1). Skillnaden gör att koncentrationerna hamnar på olika sidor av en gräns för ändring av sorptionsreduktionsfaktorn för Pu(IV) i fack 10, 14 och 15 i 1 BMA. Koncentrationerna av ISA är pessimistiska eftersom cellulosa mängden i SFR är baserad på data i typbeskrivningarna, vilket är maximal mängd cellulosa som får deponeras i varje kולי. Vidare räknas allt tygmateriel som cellulosa, även om de flesta tyger är en blandning av material. ISA-koncentrationerna som användes i säkerhetsanalysen SR-PSU är dessutom de högsta som är teoretiskt möjligt att bygga upp (80 % utbyte; 100 % alkalisk degradering). Till sist, som nämnts tidigare, i beräkningarna av radionuklidtransport tas explicit ingen hänsyn till sorption av ISA på konstruktionsbetong vilket innebär att koncentrationerna som användes för val av sorptionsreduktionsfaktorer i SR-PSU är de mest lämpliga.

Förtydligande gällande underlag och beräkning av mängder och koncentrationer av komplexbildare i SFR

**Tabell 6-3. Beräknad koncentration av ISA med och utan hänsyn tagen till sorption på konstruktionsbetong.**

	ISA (med konstruktionsbetong)	ISA (utan konstruktionsbetong)*
<b>1BMA</b>		
Fack		
1	0	0
2	0	0
3	$3,1 \cdot 10^{-5}$	$4,4 \cdot 10^{-5}$
4	$2,7 \cdot 10^{-4}$	$3,4 \cdot 10^{-4}$
5	$1,5 \cdot 10^{-6}$	$2,0 \cdot 10^{-6}$
6	$8,0 \cdot 10^{-6}$	$1,1 \cdot 10^{-5}$
7	$1,5 \cdot 10^{-4}$	$1,8 \cdot 10^{-4}$
8	$1,2 \cdot 10^{-2}$	$2,5 \cdot 10^{-2}$
9	$4,6 \cdot 10^{-4}$	$6,3 \cdot 10^{-4}$
10	$9,2 \cdot 10^{-4}$	$2,0 \cdot 10^{-3}$
11	$5,2 \cdot 10^{-4}$	$9,2 \cdot 10^{-4}$
12	$5,2 \cdot 10^{-4}$	$9,2 \cdot 10^{-4}$
13	$5,3 \cdot 10^{-4}$	$9,4 \cdot 10^{-4}$
14	$5,1 \cdot 10^{-4}$	$1,5 \cdot 10^{-3}$
15	$5,1 \cdot 10^{-4}$	$1,5 \cdot 10^{-3}$
<b>2BMA</b>		
2BMA per kassun (avfallet fördelat i 8,4 kassuner)	$2,6 \cdot 10^{-4}$	$3,9 \cdot 10^{-4}$
<b>Silo</b>		
Silokonstruktionen	$3,8 \cdot 10^{-5}$	$*4,5 \cdot 10^{-5}$
<b>1BTF</b>		
Hela förvardsdelen	$4,5 \cdot 10^{-6}$	$3,5 \cdot 10^{-6}$

\* för silon inkluderas inre väggarna men inte yttre väggarna

### 6.3 Inverkan av om hänsyn tas till porvolym konstruktionsbetong eller inte

Som beskrevs ovan användes de koncentrationer som beräknats med hänsyn till konstruktionsbetong vid valet av sorptionsdata i SR-PSU. För icke-sorberande komplexbildare (EDTA, NKP, NTA, citrat, oxalat) är de använda koncentrationerna lägre än motsvarande utan hänsyn till konstruktionsbetong pga av porvolymen i konstruktionsbetong. Porvolymen i konstruktionsbetong utgör 12-15 % av totala void- och porvolymen i 1BMA (dock 24 % i de två mindre facken i 1BMA (fack 14 och 15)), 21 % i silon och 5 % i BTF (se bilaga 6).

### 6.4 Osäkerheter i mängderna av komplexbildare

Det finns osäkerheter i mängderna av komplexbildare som kommer från de olika kärntekniska anläggningarna till SFR. Det beror på att tillgänglig informationen ofta gäller ett års (eller ett antal års) förbrukning. Totala förbrukningen erhålls genom extrapolation med antagandet att samma mängd kemikalier förbrukades under all drifttid fram till 2012 om inget annat är känt. När information från ett års förbrukning extrapoleras kan två olika tillvägagångssätt användas för att beräkna totala mängderna:

Förtydligande gällande underlag och beräkning av mängder och koncentrationer av komplexbildare i SFR

1. Fördelning av ett års (eller ett antal års) förbrukning av kemikalier (kilo) på årligt antal kollin och extrapolera till totalt antal producerade kollin
2. Multiplicera ett års förbrukning med antal år som produkten förbrukades och dela med totalt antal producerade kollin.

Båda tillvägagångssätten innebär osäkerheter eftersom kolliproduktionen inte är jämn och förbrukningen av produkter troligen också varierar över tid. Osäkerheterna för de kollityper vars komplexbildarmängder extrapolerades från ett års förbrukning (B.07, C.02 och O.07) kan utvärderas genom att jämföra andel kollin som producerades årligen med årsförbrukningens andel av totala förbrukningen. Tabell 6-4 visar att osäkerheten från detta var störst för citrat i B.07 kollin. Citrat var inte med i den nya uppskattningen från Barsebäck, så data är extrapolerade från Fanger et al. (2001). Osäkerheterna är mindre för C.02 och O.07. Det är svårt att göra något motsvarande för osäkerheterna för avfall från Ringhals eftersom det är en mer komplicerad beräkning, men osäkerheten kan möjligen uppskattas till 30-50%.

**Tabell 6-4. Jämförelse mellan beräknad andel kollin som producerades årligen med andel av förbrukningen.**

Avfallstyp vars indata är extrapolerad	Andel kollin producerade årligen	Ett års andel av förbrukningen	större värde/mindre värde (% ökning)
B.07 (bara citrat innehållet)	0,071 (15/212)	0,036	100
C.02	0,036 (15/416)	0,037	2,8
O.07	0,030 (12/400)	0,040	33

Tabell 4-6 och 4-7 visar att det fanns en överskattning av den totala mängden av EDTA och NTA till SFR som användes för att beräkna koncentrationerna i Keith-Roach et al. (2014). Denna rapport identifierade (avsnitt 4.5) också möjligheten att NTA i C.02 från Clab räknades två gånger i Keith-Roach et al. (2014). Osäkerheter i mängderna komplexbildare till SFR beror på vad som är de dominerande källorna och hur mängden beräknas. Det diskuteras vidare nedan:

Osäkerheterna i mängden EDTA, natriumglukonat, oxalat och NKP är inte relevanta eftersom koncentrationerna av EDTA och glukonat är så låga (och överskattade i Keith-Roach et al. 2014), koncentrationen av löst oxalat är låg på grund av utfällning och NKP har låga koncentrationer samt inkluderades inte i valet av sorptionsreduktionsfaktorer i säkerhetsanalysen SR-PSU (se avsnitt 6.1).

Osäkerheter i mängderna NTA till SFR kan uppskattas till 30-50 % eftersom det fanns många antaganden i beräkningarna för Ringhals (66 % av NTA till SFR kommer från Ringhals). Denna rapport visar att uppskattningen av NTA i Ringhals avfall (som hamnar i BMA och silon) är överskattad med 27 % i Keith-Roach et al. (2014) (se avsnitt 4.6). Det visar att risken är liten för att det finns mer NTA i SFR än vad som användes i Keith-Roach et al. (2014).

Osäkerheter i mängden citrat till SFR uppskattas till 40 % eftersom det finns osäkerhet på 20 % i mängden citrat från Barsebäck (100 % på mängden i B.07; mängden i B.07 är 20 % av totala mängden citrat till SFR) och en generell osäkerhet på ungefär ~20% på uppskattningen för Forsmark eftersom data underlaget var bra.

## 6.5 Sammanfattning av påverkan på valet av sorptionsreduktionsfaktorer i säkerhetsanalysen SR-PSU

Diskussionen ovanför visar att:

- Några mängder komplexbildare var överskattade i SR-PSU, vilket minskar risken att mängden är högre än vad som användes i SR-PSU.
- Det finns betydande osäkerheter i extrapoleringen av förbrukningen av komplexbildare under ett eller några år till totalförbrukningen för alla driftår.
- Skillnaden i koncentrationer av icke-sorberande komplexbildare när man inkluderar eller exkluderar porvolymen i konstruktionsbetong är 5 – 24 % i de olika facken och förvarsdelarna.
- Koncentrationer av EDTA, NKP, oxalat och glukonat är mycket låga och deras osäkerheter påverkar inte säkerhetsanalysen SR-PSU.
- NTA och citrat koncentrationer kan påverka valet av några sorptionsreduktionsfaktorer i SR-PSU men de flesta koncentrationer är okänsliga för de osäkerheter som har identifierats. Fack 11 i 1BMA och silon är känsliga, men där kan NTA-koncentration vara 22 % respektive 14 % högre innan den överstiger en gräns för ökning av sorptionsreduktionsfaktorn.
- Betydelsen av att valet gjordes på preliminära data har visats vara begränsad.
- De mest lämpliga koncentrationsdata för komplexbildare som sorberar på cement är de som inkluderar konstruktionsbetong eftersom radionuklidtransportberäkningarna inte explicit tar hänsyn till sorption av ISA på konstruktionsbetong.
- För sorberande komplexbildare är valet av sorptionsreduktionsfaktorer ganska oberoende av om konstruktionsbetong inkluderades eller inte vid beräkningen av koncentrationer (påverkar bara valet av sorptionsreduktionsfaktor i fack 10, 14 och 15 i 1BMA).
- ISA-koncentrationer är de maximala som kan beräknas utifrån tillgängliga litteraturdata, så det finns väldigt liten risk att de i verkligheten kommer att vara högre än de som användes i valet av sorptionsreduktionsfaktorer i SR-PSU.
- Osäkerheten gällande om hänsyn tas till porvolym i konstruktionsbetongen är bara relevant för NTA och citrat eftersom de andra koncentrationerna är så låga. Som det visats är påverkan av porvolym i konstruktionerna lika eller mindre än överskattningen av NTA till SFR (18 %). För citrat är koncentrationer i fack och förvarsdelar mindre känslig än för NTA.

Ovanstående punkter visar att även om det finns osäkerheter i koncentrationerna i SFR, så finns det en mycket liten sannolikhet att valda sorptionsreduktionsfaktorer är för låga.

## Referenslista

**Almkvist L, 2012.** Acceptanskriterier för avfall i SFR. SKBdoc 1336074 ver 1.0, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**Almkvist L, Gordon A, 2007.** Low and intermediate level waste in SFR 1. Reference waste inventory 2007. SKB R-07-17, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**Eriksson Örtengren M, Eriksson A, 2014.** Acceptanskriterier för avfall, Projekt SFR-utbyggnad. SKBdoc 1368638 ver 1.0, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**Fanger G, Skagius K, Wiborgh M, 2001.** Project SAFE: Complexing agents in SFR. SKB R-01-04, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**Glaus M A, Van Loon L R, 2008.** Degradation of cellulose under alkaline conditions: new insights from a 12 year degradation study. Environmental Science & Technology 42, 2906–2911.

**Keith-Roach M, Lindgren M, Källström K, 2014.** Assessment of complexing agent concentrations in SFR. SKB R-14-03, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**SKB, 2012.** Låg- och medelaktivt avfall i SFR – Referensinventarium för avfall 2012. SKBdoc 1326038 ver 0.36, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**SKB, 2013.** Låg- och medelaktivt avfall i SFR. Referensinventarium för avfall 2013. SKB R-13-37, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**SKB, 2014a.** Initial state report for the safety assessment SR-PSU. SKB TR-14-02, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**SKB, 2014b.** Data report for the safety assessment SR-PSU. SKB TR 14-10, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**SKB, 2015.** Redovisning av säkerhet efter förslutning för SFR. Huvudrapport för säkerhetsanalysen SR-PSU. Svensk Kärnbränslehantering AB.

## Bilaga 1 Beräkningar för Barsebäck

### Glukonat

Från den utredning Barsebäck gjort<sup>9</sup>:

”Senaste produktionen av betongtankar på Barsebäckverket var under 2008. Induren A´ användes fram tills april 2010. Restmängden av natriumglukonat som kan finnas i avfallstankarna inför användning av avfallstypen B.07:1 har beräknats. Samma mängd redovisas som en uppskattning av hur mycket natriumglukonat som maximalt kan komma att ackumuleras i betongtankar av avfallstypen B.07:1.

Resultaten sammanfattas av följande:

- BKAB har under perioden 2003-2010 inhandlat 1650 liter av ämnet ´Induren A´, varav 1575 liter har förbrukats under perioden fram tills april 2010. Förbrukningen av ´Induren A´ motsvarar 41,9 kg av komplexbindaren natriumglukonat.
- Massbalans för natriumglukonat i avfallsanläggningen visar att endast en mindre andel förbrukad mängd kommer i kontakt med jonbytarmassa i betongtankar. Andelen är 0,25 % för åren 2003-2005. Därefter ökar andelen linjärt till 1,6 % år 2008, Åren 2009 och 2010 är andelen 0 %, eftersom inga betongtankar producerats dessa år. Om typbeskrivning B.07:1 kan användas under 2011 beräknas andelen bli 2,1 % för 2011, baserat på rester i tankarna av natriumglukonat, som förbrukades åren 2009 och 2010.
- Laboratorieförsöken med att bestämma fördelningen av natriumglukonat mellan vattenlösning och jonbytarmassa har visat att glukonat har hög affinitet till pulverjonbytarmassa. Baserat på detta antas 100 % av det natriumglukonat som tillförs betongtankarna ackumuleras i desamma.
- BKAB har under perioden 2003-2010 producerat totalt 10 betongtankar (typbeskrivning B.07), sammanlagt innehållande mängden 280 gram natriumglukonat.
- BKAB uppskattar att restmängden 309 gram natriumglukonat kommer att finnas kvar i avfallstankarna och ackumuleras i betongtankar av typbeskrivningen B.07:1 under 2011. ”

**Totalt 280 + 309 = 589 g natriumglukonat**

### NTA

Baserad på förbrukning av Nilfisk Industri Kombi (Håkansson 2011)

112,5 L/år Nilfisk Industri Kombi per reaktor

Använt på reaktorn B1 i 24 år

Använt på reaktorn B2 i 28 år

**Total använd volym = 112,5 · (24 + 28) = 5850 liter**

Nilfisk Industri Kombi = 0,5 % NTA

Nilfisk Industri Kombi densitet = ca 1 kg/L

**Total mängd NTA använd på Barsebäck = 5850 · 0,5/100 · 1 = 29,25 kg**

Procent som hamnar i B.07 kollin = 0,25 %

---

<sup>9</sup> **Håkansson L, 2011.** Underlagsrapport för typbeskrivning B.07.1. Barsebäck dokument 2117789/2.0. Internt dokument.



Förtydligande gällande underlag och beräkning av mängder och koncentrationer av komplexbildare i SFR

**Total mängd NTA i B.07 kollin =  $29,25 \cdot 0,25/100 = 0,073$  kg**

***Andra komplexbildare***

40 kg oxalat har använts för systemdekontaminering och detta hamnade i avfallstypen B.04 producerade före 2010 (information från Barsebäck).

Informationen i Fanger et al. (2001) var att 3,8 kg citrat användes på Barsebäck under 1998<sup>10</sup> och att 15 stycken B.07 kollin producerades per år<sup>11</sup>. Som beskrivs i Tabell 3-1 bedömdes produktionen till 212 kollin B.07 som innehåller citrat (inte typen B.07.01).

$3,8 / 15 = 0,25$  kg/B.07 kolli

**Total mängd citrat från Barsebäck i SFR =  $0,25 \cdot 212 = 53$  kg**

---

<sup>10</sup> **SKB 99/13.** Kemikalieinventering – Kärntekniska anläggningar. Drift PM 99/13, 1999-11-26, Reg nr DL 721, Svensk Kärnbränslehantering AB. Internt dokument.

<sup>11</sup> **SKB 99/15.** Prognos över nyttjande av SFR-1. Drift PM 99/15, 1999-10-26, Reg. Nr DL 312, Svensk Kärnbränslehantering AB. Internt dokument.

Förtydligande gällande underlag och beräkning av mängder och koncentrationer av komplexbildare i SFR

## Bilaga 2 Beräkningar för Clab

Beräkningen av totala mängden NTA i avfallstypen C.02 visas i tabell B2-1. Årlig produktion av C.02 är 15 kollin/år (Almkvist och Gordon 2007) och totalt bedömdes 416 stycken C.02 innehålla NTA (Tabell 3-1). Både Nordex Industrikombi och Grovrent antas att ha en densitet på 1 kg/L.

**Tabell B2-0-1. NTA från kemikalier använd på Clab 2009.**

Saneringsmedel	%NTA	Volym använt under 2009 (L)	NTA använt under 2009 (kg)	NTA (kg) per C.02 kolli	NTA (kg) till SFR
Nordex Industrikombi	0,5	200	1	0,0667	27,7
Grovrent	0,35	5	0,0175	0,00117	0,49
<b>Totalt</b>					<b>28,2</b>

Förtydligande gällande underlag och beräkning av mängder och koncentrationer av komplexbildare i SFR

## Bilaga 3 Beräkningar för Forsmark

Från SAP-systemet hämtades data om antal liter eller kilon uttagna kemikalier från huvudförrådet på Forsmark under åren 2000-2011 (tabell B3-1). Personal från Forsmark och SKB kommunicerade om hur data skulle tolkas och användas. Om inte annat var känt, t ex att en produkt utgått eller är ny, antog Keith-Roach et al. (2014) att samtliga kemikalier använts under hela drifttiden (1987-2012). Ett medelvärde av uttagen som redovisas i SAP-systemet antas vara representativt för hela driftperioden.

ISS kemikalieförbrukning hämtades från Forsmarks årliga miljörapporter (1987-2011) och dessa presenteras i tabell B3-2.

Beräkningarna görs med antagandet att alla flytande medel har en densitet på 1 kg/L.

**Tabell B3-1. Mängder kemikalier med organiska komplexbildare som använts på Forsmark baserat på information från SAP-systemet. FP= förpackning.**

Namn	FP-storlek (L eller kg)	Antal FP i SAP	Startår lista	Slutår lista	Total mängd i SAP (L eller kg)	Antal mån i SAP	Faktor för 300 mån drifttid	Total mängd 1987-2012 (L eller kg)
Nordex Industrikombi	5	10 744	Feb 2001	Dec 2011	53 720	131	2,29	123 000
Sumatox LpH DEKO	10	33	Dec 2001	Maj 2011	330	114	2,63	868
Vattenbaserad avfettning ST409	25	28	Sep 2000	Juli 2009	700	104	2,88	2 020
Absorptionsmedel ABSOL	40	999	Sep 2000	Dec 2011	39 960	136	2,21	88 100
Citronsyra 1-hydrat	5	30	Dec 2002	Dec 2010	150	97	3,09	464
Oxalsyra 2-hydrat	0,5	23	Maj 2002	Maj 2011	12	109	2,75	32

**Tabell B3-2. Mängder kemikalier med organiska komplexbildare som använts på Forsmark baserat på ISS kemikalier i årliga miljörapporter**

Namn	Medelförbrukning 2004-2009 (L/år)	Total förbrukningstid	Antal år	Total mängd alla år (L)
Putsväck (grovtvål)	240	2006-2011	6	1 440
Mevon 66 (flytande duschtvål, efter 2006 IKO)	775	1987-2005	19	14 700
Mevon 77 (flytande tvål)	1 111	1987-2011	25	27 800
Suma alu free	1 550	2006-2011	5,3	8 200



Förtydligande gällande underlag och beräkning av mängder och koncentrationer av komplexbildare i SFR

## Bilaga 4 Beräkningar för Oskarshamn

### O.07

Mängden komplexbildare som användes på Oskarshamn beräknades från totala mängderna för år 1998 i Fanger et al. (2001, tabell B4-1).

**Tabell B4-1. Data från Fanger et al. (2001) om komplexbildare i Oskarshamns avfall till SFR under 1998.**

Kärnkraft anläggning	NKP kg	NTA kg	Citrat kg	Natrium glukonat kg
Oskarshamn	9,2	1,8	0,5	12

Mängderna som redovisas i tabell B4-1 fördelades på de 12 stycken O.07 som producerades årligen<sup>12</sup>, se tabell B4-2. Därefter multiplicerades med de 400 stycken O.07 kollin som producerades totalt (Tabell 3-1) för att få totala mängder till SFR (tabell B4-3).

**Tabell B4-2. Mängd komplexbildare per kolli om alla komplexbildare hamnar i O.07.**

Avfallstyp	Kolli/år	NKP kg/kolli	NTA kg/kolli	Citrat kg/kolli	Natrium glukonat kg/kolli
O.07	12	0,77	0,15	0,04	1,0

**Tabell B4-3. Totala mängd komplexbildare (kg) från O.07 till SFR.**

Avfallstyp	EDTA* kg	NKP kg	NTA kg	Citrat kg	Glukonat kg
O.07	2,5	308	60	16	400

\* Se avsnitt 4.1.

<sup>12</sup> SKB 99/15. Prognos över nyttjande av SFR-1. Drift PM 99/15, 1999-10-26, Reg. Nr DL 312, Svensk Kärnbränslehantering AB. Internt dokument.

Förtydligande gällande underlag och beräkning av mängder och koncentrationer av komplexbildare i SFR

## Bilaga 5 Beräkningar för Ringhals

### Dekontamineringsanläggningen

Mängderna saneringsmedel som användes på Ringhals dekontamineringsanläggning år 2002 visas i tabell B5-1. Totala mängder för hela driftperioden beräknades med antagandet att samma mängd av varje produkt användes varje år under driftperioden. Inget av saneringsmedlen som användes på dekontamineringsanläggning före år 2004 hamnade i SFR därför finns det relativt lite NTA i SFR från förbrukning av Induren A på dekontamineringsanläggningen.

**Tabell B5-1. Komplexbildare från Ringhals dekontamineringsanläggning till SFR.**

Produkt	Innehåll av komplexbildare	Period till SFR	Förbrukning år 2002 (kg/år)	Andel till SFR	Komplexbildare (kg/år)	Total mängd (kg)
Induren A (1981-2005)	5 % NTA	2004-2005	160	1	8	8
Induren A (2005-2011)	3 % natriumglukonat	2005-2010	160	1	5	24
Sumatox LPH-dekont	15 % NTA	2004-2010	106	1	16	95

### Saneringsblocken

Mängderna produkter förbrukade på Saneringsblocken under hela driftperioden beräknades från information om förbrukningen år 2002. Avfall och de olika reaktorer betraktas individuellt och samma mängd produkt antas förbrukas varje år.

**Tabell B5-2. Komplexbildare från Ringhals saneringsblock till SFR. Induren A användes under hela perioden men receptet förändrade år 2005.**

Enhet (tidsperiod)	Innehåll av komplexbildare	Period till SFR	Förbrukning (kg/år)	Andel till SFR	Komplexbildare till SFR (kg/år)	Total mängd komplexbildare till SFR (kg)
Avfall (1981-2005)	5 % NTA	1981-2005	64	1	3	77
Avfall (2005-2011)	3 % natriumglukonat	2006-2010	64	1	2	8
R1 (1981-2005)	5 % NTA	1976-2005	585	0,5	15	424
R1 (2005-2011)	3 % natriumglukonat	2006-2010	585	0,5	9	35
R2 (1981-2005)	5 % NTA	1976-2005	250	1	13	363
R2 (2005-2011)	3 % natriumglukonat	2006-2010	250	1	8	30
R3 (1980-2005)	5 % NTA	1980-2005	215	1	11	258
R3 (2005-2011)	3 % natriumglukonat	2006-2010	215	1	6	26
R4 (1981-2005)	5 % NTA	1982-2005	188	1	9	216

Förtydligande gällande underlag och beräkning av mängder och koncentrationer av komplexbildare i SFR

R4 (2005-2011)	3 % natrium- glukonat	2006-2010	188	1	6	23
<b>Total NTA</b>						<b>1340</b>
<b>Total natriumglukonat</b>						<b>121</b>

---

Förtydligande gällande underlag och beräkning av mängder och koncentrationer av komplexbildare i SFR

## Bilaga 6 Mängd hydratiserad cement samt por- och voidvolym i förvarsdelarna i SFR

Tabell B6-1. Mängd hydratiserad cement samt por- och voidvolym i förvarsdelarna i SFR.

	Hydratiserad cement, kg				Por- och voidvolym, m <sup>3</sup>			
	Kollin	Konstruktions- betong	Kring- gjutning	Total	Kollin	Konstruktions- betong	Kring- gjutning	Total
<b>1BMA fack</b>								
1	1.02·10 <sup>6</sup>	1.63·10 <sup>5</sup>	5.23·10 <sup>4</sup>	1.24·10 <sup>6</sup>	3.11·10 <sup>2</sup>	4.76·10 <sup>1</sup>	2.27·10 <sup>1</sup>	3.81·10 <sup>2</sup>
2	2.63·10 <sup>5</sup>	1.50·10 <sup>5</sup>	1.64·10 <sup>5</sup>	5.76·10 <sup>5</sup>	2.38·10 <sup>2</sup>	4.37·10 <sup>1</sup>	7.11·10 <sup>1</sup>	3.52·10 <sup>2</sup>
3	2.56·10 <sup>5</sup>	1.50·10 <sup>5</sup>	1.20·10 <sup>5</sup>	5.25·10 <sup>5</sup>	2.53·10 <sup>2</sup>	4.37·10 <sup>1</sup>	5.21·10 <sup>1</sup>	3.49·10 <sup>2</sup>
4	8.13·10 <sup>5</sup>	1.50·10 <sup>5</sup>	5.23·10 <sup>4</sup>	1.02·10 <sup>6</sup>	2.70·10 <sup>2</sup>	4.37·10 <sup>1</sup>	2.27·10 <sup>1</sup>	3.37·10 <sup>2</sup>
5	2.56·10 <sup>5</sup>	1.50·10 <sup>5</sup>	1.73·10 <sup>5</sup>	5.78·10 <sup>5</sup>	2.46·10 <sup>2</sup>	4.37·10 <sup>1</sup>	7.52·10 <sup>1</sup>	3.65·10 <sup>2</sup>
6	2.59·10 <sup>5</sup>	1.50·10 <sup>5</sup>	1.78·10 <sup>5</sup>	5.86·10 <sup>5</sup>	1.75·10 <sup>2</sup>	4.37·10 <sup>1</sup>	7.71·10 <sup>1</sup>	2.96·10 <sup>2</sup>
7	8.60·10 <sup>5</sup>	1.50·10 <sup>5</sup>	5.23·10 <sup>4</sup>	1.06·10 <sup>6</sup>	3.01·10 <sup>2</sup>	4.37·10 <sup>1</sup>	2.27·10 <sup>1</sup>	3.67·10 <sup>2</sup>
8	5.85·10 <sup>5</sup>	1.50·10 <sup>5</sup>	6.19·10 <sup>4</sup>	7.97·10 <sup>5</sup>	3.07·10 <sup>2</sup>	4.37·10 <sup>1</sup>	2.69·10 <sup>1</sup>	3.78·10 <sup>2</sup>
9	7.59·10 <sup>5</sup>	1.50·10 <sup>5</sup>	5.23·10 <sup>4</sup>	9.61·10 <sup>5</sup>	2.97·10 <sup>2</sup>	4.37·10 <sup>1</sup>	2.27·10 <sup>1</sup>	3.64·10 <sup>2</sup>
10	4.03·10 <sup>5</sup>	1.50·10 <sup>5</sup>	1.11·10 <sup>5</sup>	6.64·10 <sup>5</sup>	2.02·10 <sup>2</sup>	4.37·10 <sup>1</sup>	4.81·10 <sup>1</sup>	2.93·10 <sup>2</sup>
11	2.52·10 <sup>5</sup>	1.50·10 <sup>5</sup>	2.27·10 <sup>5</sup>	6.29·10 <sup>5</sup>	1.41·10 <sup>2</sup>	4.37·10 <sup>1</sup>	9.87·10 <sup>1</sup>	2.83·10 <sup>2</sup>
12	2.54·10 <sup>5</sup>	1.50·10 <sup>5</sup>	2.25·10 <sup>5</sup>	6.28·10 <sup>5</sup>	1.43·10 <sup>2</sup>	4.37·10 <sup>1</sup>	9.77·10 <sup>1</sup>	2.84·10 <sup>2</sup>
13	2.52·10 <sup>5</sup>	1.50·10 <sup>5</sup>	2.25·10 <sup>5</sup>	6.27·10 <sup>5</sup>	1.41·10 <sup>2</sup>	4.37·10 <sup>1</sup>	9.77·10 <sup>1</sup>	2.83·10 <sup>2</sup>
14	3.73·10 <sup>4</sup>	6.17·10 <sup>4</sup>	6.78·10 <sup>4</sup>	1.67·10 <sup>5</sup>	2.83·10 <sup>1</sup>	1.80·10 <sup>1</sup>	2.94·10 <sup>1</sup>	7.57·10 <sup>1</sup>
15	3.73·10 <sup>4</sup>	6.17·10 <sup>4</sup>	6.78·10 <sup>4</sup>	1.67·10 <sup>5</sup>	2.83·10 <sup>1</sup>	1.80·10 <sup>1</sup>	2.94·10 <sup>1</sup>	7.57·10 <sup>1</sup>
Totalt i fack	6.31·10 <sup>6</sup>	2.08·10 <sup>6</sup>	1.83·10 <sup>6</sup>	1.02·10 <sup>7</sup>	3.08·10 <sup>3</sup>	6.07·10 <sup>2</sup>	7.94·10 <sup>2</sup>	4.48·10 <sup>3</sup>
Totalt i 1BMA förvar	6.31·10 <sup>6</sup>	2.12·10 <sup>6</sup>	2.11·10 <sup>6a</sup>	1.05·10 <sup>7</sup>	3.08·10 <sup>3</sup>	6.19·10 <sup>2</sup>	2.77·10 <sup>5b</sup>	1.49·10 <sup>4</sup>
<b>2BMA</b>								
2BMA kassun <sup>c)</sup>	7.28·10 <sup>5</sup>	2.55·10 <sup>5</sup>	1.67·10 <sup>5</sup>	1.15·10 <sup>6</sup>	4.77·10 <sup>2</sup>	7.42·10 <sup>1</sup>	6.50·10 <sup>1</sup>	6.16·10 <sup>2</sup>
<b>Silo</b>								
Silo <sup>d)</sup>	7.23·10 <sup>6</sup>	2.84·10 <sup>6</sup>	3.84·10 <sup>6</sup>	1.39·10 <sup>7</sup>	4.02·10 <sup>3</sup>	8.28·10 <sup>2</sup>	1.67·10 <sup>3</sup>	6.50·10 <sup>3</sup>
Silo <sup>e)</sup>	7.23·10 <sup>6</sup>	5.21·10 <sup>6</sup>	3.84·10 <sup>6</sup>	1.63·10 <sup>7</sup>	4.02·10 <sup>3</sup>	1.52·10 <sup>3</sup>	1.67·10 <sup>3</sup>	7.21·10 <sup>3</sup>
<b>1 och 2BTF</b>								
1BTF <sup>f)</sup>	3.08·10 <sup>6</sup>	1.03·10 <sup>6</sup>	1.64·10 <sup>6</sup>	5.75·10 <sup>6</sup>	1.84·10 <sup>3</sup>	3.00·10 <sup>2</sup>	9.33·10 <sup>2</sup>	3.07·10 <sup>3</sup>
1BTF bergsal	3.08·10 <sup>6</sup>	1.08·10 <sup>6</sup>	1.82·10 <sup>6a</sup>	5.98·10 <sup>6</sup>	1.84·10 <sup>3</sup>	3.16·10 <sup>2</sup>	4.25·10 <sup>3b</sup>	6.40·10 <sup>3</sup>
2BTF <sup>f)</sup>	1.58·10 <sup>6</sup>	1.03·10 <sup>6</sup>	1.06·10 <sup>6</sup>	3.67·10 <sup>6</sup>	2.59·10 <sup>3</sup>	3.00·10 <sup>2</sup>	6.03·10 <sup>2</sup>	3.49·10 <sup>3</sup>
2BTF bergsal	1.58·10 <sup>6</sup>	1.08·10 <sup>6</sup>	1.24·10 <sup>6a</sup>	3.90·10 <sup>6</sup>	2.59·10 <sup>3</sup>	3.16·10 <sup>2</sup>	3.92·10 <sup>3b</sup>	6.82·10 <sup>3</sup>



Förtydligande gällande underlag och beräkning av mängder och koncentrationer av komplexbildare i SFR

*a) inklusive sprutbetong*

*b) inklusive sprutbetong, macadam och tomt utrymme överst i förvardsdelen*

*c) beräkningarna har gjorts för 8,4 kassuner, vilket motsvarar avfallsmängden enligt prognosen i inventarierapporten (SKB 2013)*

*d) innanför de yttre betongväggarna*

*e) inklusive yttre betong-väggarna*

*f) avfalls "zon"*