

Forskning

---

# Utredning kring förekomst av organiskt material, metaller och kemikalier i SFR

Jan-Olov Sundqvist

Mars 2001

Forskning

---

## **Utredning kring förekomst av organiskt material, metaller och kemikalier i SFR**

Jan-Olov Sundqvist

IVL Svenska Miljöinstitutet AB  
Box 210 60  
SE-100 31 Stockholm

Mars 2001

SKI Projektnummer 99219

Denna rapport har gjorts på uppdrag av Statens kärnkraftinspektion, SKI. Slutsatser och åsikter som framförs i rapporten är författarens/författarnas egna och behöver inte nödvändigtvis sammanfalla med SKI:s.



## SKI perspektiv

Låg- och medelaktivt driftavfall från de svenska kärnkraftverken deponeras sedan 1988 i SFR-förvaret (Slutförvar för radioaktivt driftavfall). SKB (Svensk Kärnbränslehantering AB), som är ansvarig för hanteringen av radioaktivt avfall, har blivit ålagd att varje år rapportera bl.a. mängd av cellulosa, järn/stål och aluminium/zink i det avfall som deponerats. SKI anger en övre gräns (0.1 vikt-%) för den mängd cellulosa som kan deponeras i den s.k. silon i SFR. För övriga förvarsdelar anger SKI endast riktvärden. För deponerade metaller finns inga haltangivelser men de resultat som redovisas används som underlag för beräkningar inom t.ex. säkerhetsanalys.

Denna studie syftar till att utvärdera SKB:s årliga rapportering samt analysera osäkerheter i de uppskattningar av avfallssammansättning som hittills redovisats. Studien pekar på att SKB:s redovisningsmetod med s.k. normalkollin inte är fullt så spårbar och tydlig som skulle vara önskvärt. Detta beror bl.a. på att den antagna avfallssammansättningen för kollin som redan deponerats vid några tillfällen har förändrats retroaktivt. En annan slutsats är att det faktiska underlaget som utnyttjas för att bedöma avfallssammansättningen skulle behöva redovisas tydligare. Författaren för dessutom fram ett antal förslag som syftar till att förbättra SKB:s rutiner för att bestämma avfallets innehåll. SKI avser följa upp denna studie i samband med den löpande tillsynen av SFR-1.

Stockholm, 2001-03-21

Bo Strömberg



## Sammanfattning

Låg- och medelaktivt driftavfall från de svenska kärnkraftverken, samt från Studsvik, deponeras i en berggrumsanläggning SFR-1 (slutförvar för radioaktivt driftavfall) vid Forsmark. Två komponenter i det avfall som läggs i förvaret som kan påverka förvarets funktion är organiska material, t.ex. tyg och papper, samt metaller (skrot). Utläckage av radionuklider från förvaret kan påverkas av kemiska reaktioner som involverar metaller eller organiskt material och deras nedbrytningsprodukter. Under de betingelser som i framtiden kommer att råda i SFR, efter det att förvaret förslutits, kan nedbrytning av organiskt material ge upphov till organiska komplexbildare, som t.ex. isosackarinsyra (ISA), som ökar rörligheten av radionuklider. Gasbildning som främst orsakas av korrosion av metaller kan åstadkomma mekanisk påverkan på förekommande barriärskikt i förvaret så att uttransporten av radionuklider påskyndas.

Varje år gör SKB (Svensk kärnbränslehantering AB) en sammanställning över avfall som förts till SFR-1 ("årsrapport"). Sammanställningen omfattar både det som lagts i förvaret under året, och hur mycket som lagts totalt sedan starten. Vidare gör SKB ungefär vart tredje år en prognos över det framtida läget i SFR-1. Statens kärnkraftinspektion har till uppgift att granska SKB:s rapportering. Denna studie initierades för att analysera och utvärdera osäkerheter som är förknippade med SKB:s redovisningar av mängderna organiskt material, metaller och kemikalier.

SKB:s beräkning av de mängder cellulosa, metaller, mm som förs till SFR baseras på s.k. normalkolliberäkningar. Avfallet klassas i olika avfallstyper och för varje specificerad avfallstyp finns ett antaget "normalkolli" med en specificerad sammansättning. Resultatet av denna studie antyder att SKB:s dokumentation är något bristfälligt dokumenterad, då det förekommer vissa ofullständigheter vad det gäller redovisningen av avfalls- respektive emballagetyper. Vissa direkta felaktigheter har också noterats, där t.ex. sammansättningen på de normalkollin som man refererar till inte stämmer överens med sammansättningen på de normalkollin som man verkligen räknat med. En mera principiellt betydelsefull brist är dock att underlagen för vad som ligger bakom normalkollinas sammansättning är överlag bristfälligt redovisade. Underlagen för samtliga övriga normalkollin skulle behöva redovisas tydligare, varvid även osäkerheter i uppskattningarna bör anges.

Ett antal åtgärder för att förbättra SKB:s redovisning föreslås. Om användningen av normalkollin fortsätter, bör SKB utarbeta en tydligare redovisning av vilka normalkollin som används och hur de räknats fram. Även feluppskattningar bör göras och redovisas. När normalkollin ändras bör både gamla och nya uppgifter finnas med. Alla avvikelser från normalkolliberäkningarna måste finnas tydligt angivna.

Det bör undersökas om redovisningen av avfallstyperna X.23 och X.12 ("sopor och skrot") kan göras genom en mer individuell bedömning av de olika materialen. Vid kärnkraftverken bokförs avfallet i olika kategorier genom att klassa varje sopsäck efter huvudsakligt innehåll. Om mängdberäkningen skulle utnyttja resultaten från dessa bokföringar skulle man sannolikt få bättre noggrannhet än vid det nuvarande förfarandet.

Det bör vara ett krav att redovisningen i årsrapporterna ska vara repeterbar och genomlyslig – med de uppgifter som anges i årsrapporten ska det vara möjligt att göra en kontrollberäkning som ger samma resultat som det som redovisas. För detta erfordras att alla äldre händelser och avvikelser redovisas i senaste årsrapport.

## Summary

Low- and intermediate level operational waste from the Swedish nuclear power plants, and the Studsvik facility, is currently placed in a repository, termed SFR-1 (final repository for radioactive operational waste) near the Forsmark power plant. Two important components in the waste, which can affect the function of the repository, are organic materials, e.g. cloth and paper, and metals (scrap). The release of radionuclides from the repository may be affected by chemical reactions that involve both organic materials and metals. After sealing the repository, the conditions can be such that complexing agents (e.g. isosaccharinic acid) may form when organic materials degrade. These agents typically increase the mobility of radionuclides. Formation of gas, mainly due to metal corrosion, may affect the barrier system, surrounding the waste, such that the release of radionuclides is enhanced.

SKB (Swedish nuclear fuel and waste management company) makes an annual report with a compilation of the waste that has been placed in SFR-1. The compilation contains both the amount of waste placed in the repository during the last year and a compilation of the waste that have been placed since the start of SFR. Moreover, SKB provides a prognosis of the future situation in SFR-1 every third year. SKI, the Swedish nuclear power inspectorate, is responsible for reviewing this reporting. This study was initiated with the purpose of evaluating the uncertainties in SKB's estimates of the amounts of organic matter, metals and chemicals in the waste in SFR-1.

The estimates of the quantities of e.g. cellulose and metals in the waste are based on a method which is utilising what is called normal-containers. The waste is classified into certain waste categories. For each waste category there is a specified, presumed composition, named normal-container. The results of this study suggest that the documentation provided by SKB is lacking in some respects. There are for instance examples of incomplete notification of waste and container types. Some limited information is erroneous, since the normal container composition that is referred to is in a few cases not the same as the contents used in calculations. A deficiency that is in principle more important is, however, that the background information and data, which is used to estimate the contents of a normal container, is not sufficiently well documented. The background information related to all types of normal containers need to better described and uncertainties in the information need to be estimated.

A number of improvements of the SKB reporting are suggested. If the use of normal containers with specified contents is continued, SKB needs to develop a more transparent documentation of the types of normal containers used, and their associated contents. Uncertainty estimates need to be included. If and when changes are made to the specification of a normal container, both the new and the old information should be given. Deviations from the use of normal containers in calculations must be specified.

It should be studied whether or not the documentation provided with the X.23 and X.12 container types (where the major part of cellulose waste and scrap are put) can be improved by considering their specific and individual contents. At the nuclear power plants, the waste is categorised by notification of the main content of each garbage bag. If this information were to be used in the calculation of the overall waste composition, a better accuracy would probably be obtained.

It should be a requirement that the documentation provided by SKB is transparent and reproducible. The information given in the year report should include the information necessary to carry out independent calculations and obtain the same final results as those reported. In order to achieve this, all extraordinary events and deviations must be recorded in the latest annual report.

## **INNEHÅLLSFÖRTECKNING**

<b>1. INLEDNING</b>	<b>3</b>
1.1 Bakgrund	3
1.2 Syfte	4
1.3 Genomfört arbete	4
<b>2. AVFALL I SFR-1</b>	<b>5</b>
2.1 Uppbyggnad av SFR-1	5
2.2 Begränsningar av cellulosa och metaller i SFR-1	5
2.2.1 Cellulosa	5
2.2.2 Metaller	6
2.2.3 Budget för andra material i avfallet	7
2.3 SKB:s redovisning av avfall i SFR-1	7
2.3.1 Rapporter rörande läget i SFR-1	7
2.3.2 Normalkollin	8
2.3.3 Klassning av ”sopor och skrot”	10
2.3.4 Underlag för sammansättning på normalkolli	11
2.3.5 Sammansättning på X.12	11
2.3.6 Sammansättning på X.23	13
2.4 Avfall i SFR-1 – läge 1999-12-31	17
<b>3. ÖVERSIKTLIG ANALYS</b>	<b>19</b>
3.1 Kontrollberäkning av läget i SFR-1	19
3.2 Olika avfallstypers inverkan på cellulosa- och metallmängden i SFR	21
3.3 Statistisk bearbetning av F.23-inventering	24
3.4 Diskussion kring variationer i avfallssammansättning	25
3.5 Felaktigheter i SKB:s rapportering	26
3.6 Principer för uppskattning av mängden metaller	26
3.7 Konsekvenser när normalkollin ändras	27
<b>4. SLUTSATSER. FÖRSLAG</b>	<b>29</b>
4.1 Några utgångspunkter	29
4.2 Sammanfattande bedömning av SKB:s redovisning	29
4.3 Förslag till åtgärder	31
<b>5. REFERENSER</b>	<b>33</b>
<b>BILAGA 1. ÖVERSIKT AV NORMALKOLLIN SAMT REDOVISNING AV ANTAL KOLLIN AV OLIKA TYPER I SFR-1</b>	<b>35</b>



# 1. Inledning

## 1.1 Bakgrund

Låg- och medelaktivt driftavfall från de svenska kärnkraftverken, samt från Studsvik, deponeras i en bergrumsanläggning SFR-1 (slutförvar för radioaktivt driftavfall) vid Forsmark.

*Driftavfall* innehåller ämnen som på ett eller annat sätt indirekt eller direkt varit i kontakt med bränslet i kärnkraftverken. Exempel på driftavfall är

- förbrukade filter eller jonbytare som renar reaktorvattnet
- rör, ventiler, pumphar, m.m. som skrotas
- material som använts i lokaler där radioaktiva ämnen kan förekomma, t.ex. verktyg, skoskydd, kasserade overaller, tygtrasor, papperstrasor.

SFR-1 är indelat i flera olika bergsalar för olika avfallstyper. När förvaret är fullt kommer ingångarna till de olika delarna att förslutas. Förvaret är dimensionerat så att radioaktiva ämnen i första hand ska innehållas under den tid som avfallet är aktivt, och i andra hand ska de endast mycket långsamt spridas till omgivande recipienter. I det avfall som läggs i förvaret finns både organiska material, t.ex. tyg och papper, och metaller (skrot). Utläckage av radionuklider från förvaret kan påverkas av kemiska reaktioner som involverar metaller eller organiskt material och deras nedbrytningsprodukter.

Under de betingelser som i framtiden kommer att råda i SFR, efter det att förvaret förslutits, kan nedbrytning av organiskt material ge upphov till organiska komplexbildare, som t.ex. isosackarinnsyra (ISA), som ökar rörligheten av radionuklider. Gasbildning uppstår på grund av både korrosion av metaller och nedbrytning av organiskt material. Korrosion av järn ger bl.a. vätgas under syrefria förhållanden. Nedbrytning av organiskt material ger bl.a. vätgas, metan och koldioxid. Denna gasbildning kan åstadkomma mekanisk påverkan på förekommande barriärskikt i förvaret så att uttransporten av radionuklider påskyndas.

I avfallet förekommer också olika kemikalierester. En del kemikalier har komplexbildande (kelatbildande) egenskaper, t.ex. citrater, oxalater och liknande, och kan öka rörligheten av radionukliderna. Dessa kelatbildande kemikalier används som dekontamineringsmedel för att tvätta ren metall delar och annat som kontaminerats av radionuklider. En kemikalieinventering har gjorts av SKB för att kartlägga förekomsten av komplexbildare (SKB Drift PM 99/13).

SKB redovisar årligen till SKI vilka mängder av olika avfallstyper som läggs i förvaret. I redovisningen görs uppskattningar av bl.a. mängden cellulosa och mängden metaller,

med utgångspunkt från olika antaganden om medelsammansättningen på de avfallskollin som deponeras.

## **1.2 Syfte**

Detta projekt syftar till att analysera och utvärdera osäkerheter som är förknippade med SKB:s redovisningar av mängderna organiskt material, metaller och kemikalier. Enligt förutsättningarna för projektet ska analysen av SKB:s kemikalieinventering ingå som en mindre del. I uppdraget har inte ingått att utvärdera avfallets innehåll av radionuklider.

## **1.3 Genomfört arbete**

Föreliggande utredning har främst omfattat genomgång och granskning av rapporter rörande avfallsmängder i SFR-1. Det material som gåtts igenom har valts ut av SKI och SKB. En förteckning över genomgången material visas i kapitel 5 Referenser. Vidare har genomgångar hafts med både SKI (kontaktman: Bo Strömberg) och SKB (Claes Johansson och Per Riggare). Ett studiebesök vid Forsmark har gjorts, varvid SFR-1 besöktes, och avfallshanteringen på kärnkraftverket studerades.

## 2. Avfall i SFR-1

### 2.1 Uppbyggnad av SFR-1

SFR-1 (SlutFörvar för Radioaktivt driftsavfall) ligger i urberg på mer än 50 m djup under havsbotten. Totalt har SFR en förvaringskapacitet av 63 000 m<sup>3</sup> avfall. SFR består av flera olika delar, avsedda för olika avfallstyper. Varje del är utformad för det avfall som läggs i den. Följande delar finns:

- Silo: En 50 m hög och 26 m diameter betongsilo insprängd i berget, för förvaring av medelaktivt avfall, bestående av ingjutna jonbytarmassor från rening av reaktorvatten.
- BMA: En 160 m lång bergsal för förvaring av medelaktivt avfall, bestående av bl.a. ingjutna jonbytarmassor, slam och ”sopor och skrot” som placeras i betongfack som försluts med betonglock.
- BTF: Två st. 160 m långa bergssalar med betongtankar för främst avvattnade filtermassor, aska och vissa udda avfall.
- BLA : En 160 m lång bergsal för lågradioaktivt avfall, främst ”sopor” och ”skrot” förvaras inneslutet i tillslutna kasserade transportcontainrar.

Ingångarna till silo, BMA och BTF kommer att fyllas igen med betong när förvaret är färdigfyllt med avfall. Ingången till BLA avses att fyllas med bergskross eller liknande.

### 2.2 Begränsningar av cellulosa och metaller i SFR-1

#### 2.2.1 Cellulosa

Med cellulosa menas här inte bara cellulosa i ren form utan även material som innehåller cellulosa, såsom trä, papper, fiberplattor, textilier (bomull, viskos). Även cellulosaderivat såsom metylcellulosa och andra kemiskt närbesläktade ämnen räknas som cellulosa i detta sammanhang.

Vid nedbrytning av cellulosa uppstår gas (bl.a. koldioxid, vätgas och metan kan bildas). Denna gasbildning kan åstadkomma mekanisk skada på barriärskikten i förvaret om gastrycket blir för högt. Vidare bildas vid nedbrytning av cellulosa i cementmiljö olika komplexbildande syror, främst isosackarinsyra. Dessa komplexbildande syror ökar mobiliteten hos flera viktiga radionuklider, t.ex. plutonium. SKI har därför satt upp begränsningar för mängden cellulosa i SFR-1. Följande gränsvärde för cellulosa i silo och

riktvärden för cellulosa i övriga delar har satts upp (enligt brev 1994-07-26<sup>1</sup> från SKI till SKB):

- Silo: Mängden cellulosa ska understiga 0,1 % av (vikt-)mängden betong. Det ger en total budget på 34 ton cellulosa per silo. En del är redan upptagen av cellulosa som finns i kringgjutningsbetongen (ca 9 ton) samt cellulosa i kollin som deponerats innan gränsvärdet sattes upp (ca 2,5 ton). SKI anger i brevet att den "lediga" marginalen på ca 20 ton inte bör utnyttjas för medveten tillförsel av ytterligare cellulosa.
- BMA (bergsal för medelaktivt avfall): SKI anger att högsta mängd cellulosa bör understiga 0,5 % av betongmängden, vilket ger en total budget på 64 ton cellulosa i avfallet.
- BTF (betongtankar): SKI anger att mängden cellulosa bör understiga 0,1 % av mängden betong, vilket ger en budget på 10 ton cellulosa i avfallet per BTF-sal.
- BLA (bergsal för lågradioaktivt avfall). I BLA finns inga större mängder betong som skulle kunna ge nedbrytning av cellulosa till komplexbildare. Det har också från början förutsatts att BLA ska innehålla stora mängder organiskt material, inklusive cellulosa. SKI har fastställt ett riktvärde att avfallet bör innehålla högst 20 % lätt nedbrytbart material (fiberplattor, papper, trä, textil, o.dyl.), räknat på nettovikten avfall. Det ger en budget på 1000 ton lättnedbrytbart material.

## 2.2.2 Metaller

Gasutveckling i SFR-1 kommer sannolikt att domineras av korrosion av metaller under bildning av vätgas. Denna gasbildning kan åstadkomma mekanisk skada på förekommande barriärskikt i förvaret. SKB har efter anmodan från SKI utarbetat budget för gasbildande ämnen i varje förvarsdel. Beräkningsgången är redovisad i SKB PM 94/20. SKB:s omräkning från gasproduktion till mängd metall baseras på antagandet att all metall i avfallet förekommer som 5 mm plåt som korroderar på båda sidorna. Metall som förekommer som konstruktionsmaterial i behållare (t.ex. plåtväggar och -botten i plåtcontainer, och armeringsjärn i betongbehållare) beräknas efter verkliga dimensioner. Korrosionshastigheten är antagen till 3 µm/år för järn och stål, samt 1 mm/år för aluminium och zink. Den gasproduktion som respektive förvarsdel är dimensionerad för framgår av tabell 1.

---

<sup>1</sup> Det brev som studerats i utredningen är daterat 1994-07-26. SKB har hänvisat till ett brev 1994-04-07 som kan vara en tidigare preliminär version.

Tabell 1. Riktvärden för gasproduktion

	Dimensionerande gasproduktion i olika förvarsdelar, budget Nm <sup>3</sup> /år			
	Silo	BMA	BTF	BLA
Korrosion	1700*	4000	1500	3000
Radiolys	50			
Mikrobiell nedbrytning**	5**			2000**

Anmärkningar

\* inkluderar 200 Nm<sup>3</sup>/år från armering

\*\* nedbrytning av organiskt material

Budgeten av de mängder metall som kan deponeras i respektive utrymme framgår av tabell 2. Budgeten gäller summan av metaller i avfallet och i behållarna. Det bör noteras att det är arean av metaller som är avgörande för gasbildningshastigheten, inte vikt-mängden.

Tabell 2. Budget för metaller i avfallet

	Budget för metaller i olika förvarsdelar			
	Silo	BMA	BTF	BLA
Järn/stål, m <sup>2</sup>	120 000	310 000	120 000	230 000
Aluminium/zink, m <sup>2</sup>	445	1192	447	893

### 2.2.3 Budget för andra material i avfallet

För övriga material har följande budget satts upp (SKB PM 94/20).

Tabell 3. Avfallsbudget för övriga material (förutom cellulosa och metaller)

	Budget för övriga material i olika förvarsdelar, ton			
	Silo	BMA	BTF	BLA
Jonbytmassor	1500	1100	1600	50
Bitumen	920	1300		150
Slam		50	40	
Övrigt organiskt		125		1000

## 2.3 SKB:s redovisning av avfall i SFR-1

### 2.3.1 Rapporter rörande läget i SFR-1

Varje år gör SKB en sammanställning över avfall som förts till SFR-1 ("årsrapport"). Sammanställningen omfattar både det som lagts i förvaret under året, och hur mycket

som lagts totalt sedan starten. Vidare gör SKB ungefär vart tredje år en prognos över det framtida läget i SFR-1. Redovisningarna omfattar både total mängd avfall i resp. förvarsdel och total mängd av olika material: järn/stål, aluminium/zink, cellulosa, jonbytarmassor, bitumen, slam, indunstarkoncentrat och övrigt organiskt material.

### 2.3.2 Normalkollin

De avfallskollin som förs till SFR-1 är klassade efter avfallstyp som är kodade efter:

- Bokstavsbezeichnung B, F, O, R eller S som anger var avfallet uppstår (B = Barsebäck, F = Forsmark, O = Oskarshamn inkl. CLAB, R = Ringhals, och S = Studsvik). I föreliggande rapport används dessutom benämningen X som sammanfattande beteckning (X = B, F, O, R eller S)
- Sifferkod som anger typ av avfall. För varje avfallstyp finns en typbeskrivning som anger bl.a. vilka material som ingår i avfallet, avfallets radioaktivitet och hur avfallet ska hanteras på det verk där det uppstår.
- En tilläggsbeteckning för vissa typer av kollin, som anger avvikande behandling av avfallet eller att behållartypen eller avfallssammansättningen skiljer sig från normalkollit. Följande beteckningar har hittills använts:
  - :1 eller :2 anger att sammansättningen eller behandlingen avviker från den normala typbeskrivningen eller den normala avfallssammansättningen.
  - :9 anger att det är ett äldre avfall.

Sifferkoden styr också till vilken förvarsdel (silo, BMA, BTF, BTL) avfallet går, se tabell 4.

Tabell 4. Avfallstyper till olika förvarsdelar (enligt SKB PM 99/15)

Typ	Avfall	Behållare	Matris	Till förvarsdela			
				Silo	BMA	BTF	BLA
X.01	jonbytarmassor	betongkokill	cement		X		
X.02	jonbytarmassor	betongkokill	cement	X			
X.04	jonbytarmassor	plåtfat	cement	X			
X.05	jonbytarmassor	plåtfat	bitumen		X		
X.06	jonbytarmassor	plåtfat	bitumen	X			
X.07	jonbytarmassor	betongtank	-			X	
X.09	slam	plåtfat	cement		X		
X.10	slam	betongkokill	cement		X		
X.11	slam	betongkokill	cement	X			
X.12	sopor och skrot	container	-				X
X.13	aska	plåtfat	cement			X	
X.14	sopor och skrot	container	plåtfat				X
X.15	jonbytarmassor	plåtkokill	cement		X		
X.16	jonbytarmassor	plåtkokill	cement	X			
X.17	jonbytarmassor	plåtkokill	bitumen		X		
X.18	jonbytarmassor	plåtkokill	bitumen	X			
X.19	grafit	plåtlåda	-			X	
X.20	jonbytarmassor	container	plåtfat				X
X.21	sopor och skrot	plåtfat	-		X		
X.22	sopor och skrot	fatlåda	plåtfat	X			
X.23	sopor och skrot	kokill (betong eller plåt)	-		X		
X.24	sopor och skrot	betongkokill	-	X			

Alla avfallstyper har ännu inte producerats eller deponerats, t.ex. har idag ännu inte deponerats några X.04, X.09, X.11, X.19 och X.24. Av X.14, X.21 och X.22 är det bara resp. S.14, S.21 och S.22 som producerats och deponerats i SFR.

En uppskattning av den mängd som går till varje förvarsdela görs utifrån antalet kolli. För varje avfallstyp finns ett "normalkolli" som anger en "medelsammansättning" uttryckt som:

- mängd järn/stål uttryckt i både kg och m<sup>2</sup> per kolli
- mängd aluminium och zink uttryckt i både kg och m<sup>2</sup> per kolli
- mängd cellulosa (kg/kolli)
- mängd jonbytarmassa (kg/kolli)
- mängd bitumen (kg/kolli)
- mängd slam (kg/kolli)
- mängd indunstarkoncentrat (kg/kolli)

I bilaga 1 redovisas de normalkollin som anges i SKB PM 99/15 och som använts av SKB i den senaste årsredovisningen för år 1999 (enligt SKB PM 00/03rev1). Flera av normalkollina har ändrats genom årens lopp. Det bör observeras att för vissa normalkollin förekommer i SKB PM 99/15 felaktiga angivelser av sammansättningen (se vidare avsnitt 3.5 i det följande). Det bör påpekas att SKB för närvarande håller på att göra en genomgång av samtliga normalkollin i anslutning till en uppdatering av säkerhetsanalysen för SFR

SKB beräknar deponerad mängd av olika material med utgångspunkt från normalkollisammansättningen och antalet deponerade kolli i varje förvarsdel, i princip enligt formeln<sup>2</sup>:

$$M_A = \sum_i n_i * (M_{i,A,avfall} + M_{i,A,behållare})$$

$M_A$ : mängd av material A i förvarsdelen (enhet: kg eller m<sup>2</sup>)

$n_i$ : antal kolli av typen  $i$

$M_{i,A,avfall}$ : mängd av material A i avfall enligt normalkolli (enhet: kg/kolli, för metaller anges även m<sup>2</sup>/kolli) för avfallstyp  $i$

$M_{i,A,behållare}$ : mängd av material A i behållarkonstruktion (enhet: kg/kolli, för metaller anges också m<sup>2</sup>/behållare) för avfallstyp  $i$

Index:

A: står för de material som är specificerade i normalkollit = järn/stål, aluminium/zink, cellulosa, jonbytarmassor, bitumen, slam, indunstar-koncentrat och övrigt organiskt material.

$i$ : avfallstyp (beteckning enligt normalkolli),  $i = X.1, X.2, \dots, X.24$

### 2.3.3 Klassning av ”sopor och skrot”

De avfallstyper som kallas ”sopor och skrot” framgår av tabell 4. Sopor och skrot som uppstår i kärnkraftverken eller Studsvik samlas normalt upp i plastsäckar eller olika sopkärl. I en avfallscentral på verket görs en mätning av strålningen (dosratmätning och nuklidspecifik mätning i vissa fall), varefter avfallet klassas efter radioaktivt innehåll. Klassningen avgör hur avfallet ska lastas i behållare och hur det ska hanteras. Av respektive typbeskrivning för varje avfall finns angivet specifikationer för radioaktivt innehåll och vilka material avfallet får innehålla. Sopor och skrot klassas vanligen som X.23 (”medelaktivt”) som läggs i BMA, eller som X.12 (”lågaktivt”) som läggs i BLA. Sopor och skrot utan nämnvärt radioaktivt innehåll kan ”friklassas” och hanteras på annat sätt.

Det finns också möjlighet att klassa sopor och skrot som X.22 eller X.24 och lägga i silon – några X.22- eller X.24-kollin har dock ännu inte lagts i SFR-1. Det fanns dock 1998-12-31 32 stycken O.24 producerade vid CLAB, och 317 stycken kollin S.22 som producerats vid Studsvik (SKB PM 99/15) – ingen av dessa hade 1999-12-31 deponerats i SFR-1.

Sopor och skrot från Studsvik kan även klassas som S.21 som läggs i BMA. 300 stycken sådana kollin hade 1998-12-31 producerats, men ännu inte deponerats i SFR-1.

<sup>2</sup> Anmärkning: Formeln har fomulerats av författaren , med utgångspunkt från SKB:s redovisningar.

### 2.3.4 Underlag för sammansättning på normalkolli

Sammansättningen på normalkollina baseras på olika uppskattningar och beräkningar som gjorts av SKB eller kärnkraftverken. I det material som granskats i föreliggande utredning är dessa uppskattningar och beräkningar ofullständigt redovisade. I den första årsrapporten där redovisning av normalkollin görs (SKB PM 94/20) anges "Normalkollits innehåll av ovan nämnda ämnen är baserad på typbeskrivningar och uppskattningar gjorda av respektive avfallsproducent".

Inom ramen för denna utredning har underlagen för normalkollin för X.12 (som går till BLA) och X.23 (som går till BMA) studerats. Det är i X.12 och X.23 som de största mängderna cellulosa och metaller förekommer.

### 2.3.5 Sammansättning på X.12

Normalkollit för X.12 baseras på en äldre rapport från 1982<sup>3</sup> där man anger sammansättningen på *fast avfall* enligt tabell 5. Med *fast avfall* avses enligt rapporten en samlande benämning på avfall innehållande *kasserade komponenter och rör, isoleringsmaterial, overaller, skoskydd, papper, plast etc.*

Tabell 5. Sammansättning på "sopavfall" från kärnkraftverk<sup>3</sup>

Material	Sammansättning vikt-%
Papper	10 - 20
Tyg	15 - 25
Plast	20 - 30
Trä	5 - 15
Skrot	10 - 20
Isolermaterial och asbest	10 - 20
Gummi	0 - 5
Kabel	0 - 5

SKB har angivit att denna sammansättning är en uppskattning, som inte bygger på någon noggrann inventering. Ovanstående sammansättning är även nämnd i typbeskrivningen för t.ex. F.12<sup>4</sup>, med följande kommentar före tabellen: "Fördelningen av det sop- och skrotavfall som produceras vid kärnkraftverken har ungefär följande sammansättning vad avser delfraktioner och dess ungefärliga andel". Det anges också i denna typbeskrivning: "...Detta gör att sammansättning på det avfall som deponeras i SFR-1 kan komma att få en något annorlunda fördelning än vad tabellen ovan anger."

SKB har beräknat ett normalkolli genom att utgå från mitten av respektive intervall på sammansättningen enligt tabell 5, och genom att anta en normalvikt på kollit. De nor-

<sup>3</sup> Innehåll av miljöstörande ämnen i reaktoravfall, Scandiaconsult Stockholm 1982-12-28, SFR 82-06

<sup>4</sup> Referens: Vattenfall Forsmark, 1992-07-17, 10-343 (rev 3), Forsmark 1 - Typbeskrivning av sopor och skrot i kokill för deponering i BLA

malkollin som använts av SKB är redovisade i tabell 6 (observera att de normalkollin som SKB redovisat inte är helt entydiga, se vidare avsnitt 3.5 längre fram i denna rapport).

Tabell 6. Normalkollin X.12

	Barsebäck					Forsmark	Ringhals	
	B.12 *	B.12 ** (fel)	B.12:1 *	B.12:1 *** (fel)	B.12 **** (rev.)	F.12 *	R.12 *	R.12:1 *
<b>Till förvarsdel</b>	BLA	BTF	BLA	BLA	BLA	BLA	BLA	BLA
<b>Tidperiod då normalkollit använts i redovisningen</b>	1994-97	(1998)	1994-97	(1998)	1999-	1994-	1994-	1994-
<b>Behållare</b>								
Järn/stål kg	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Järn/stål m <sup>2</sup>	104	104	104	104	104	104	104	104
Cellulosa kg	310	310	310	310			310	310
Övr. organiskt material kg								
<b>Avfall</b>								
Järn/stål kg	1500	4500	4720	7720*	5000	1500	1500	4720
Järn/stål m <sup>2</sup>	76	229	502	502	254	76	76	502
Aluminium/zink kg	100	100	100	100	200	100	100	100
Aluminium/zink m <sup>2</sup>	15	15	15	15	30	15	15	15
Cellulosa kg	4000	500	4000	500	500	4000	4000	4000
Jonbytarmassa kg								
Bitumen kg								
Slam kg								
Indunstarkoncentrat								
Övr. organiskt material	3000	2500	3000	2500	300	3000	3000	3000
<b>Deponerat i SFR 1999-12-31, antal kolli</b>	<b>127</b>		<b>22</b>			<b>20</b>	<b>28</b>	<b>2</b>

Anmärkningar

- \* Enligt bl.a. SKB PM 94/20, PM96/09 och PM 98/01. Kolonvarianten :1 avser container med superkompakterade fat vilket ger högre mängd järn/stål i containern.
- \*\* Enligt SKB PM 99/15 ("Prognos över nyttjande av SFR-1"). I denna PM anges dessa normalkollin för B.12 och B.12:1. Dessa normalkollin avviker från de normalkollin som använts innan, beroende på skrivfel (som inte hänger ihop med SKB:s beräkningar), se vidare avsnitt 3.5 i det följande.
- \*\*\* Enligt SKB PM 99/15 ("Prognos över nyttjande av SFR-1"). I denna PM anges dessa normalkollin för B.12 och B.12:1. Dessa normalkollin avviker från de normalkollin som använts innan, beroende på skrivfel (som inte hänger ihop med SKB:s beräkningar), se vidare avsnitt 3.5 i det följande. Järn/skrot-mängden är enligt PM 99/15 7720 kg. Enligt tidigare årsredovisningar (t.ex. PM 94/20, PM96/09 och PM 98/01) är järn/skrotmängden i B.12 = 4720 kg.
- \*\*\*\* Nytt normalkolli som gäller från 1999-01-01, enligt SKB PM 99/15. Från 1999 förekommer inte längre 310 kg masonitgolv.

De verkliga sammansättningarna på X.12 är relativt dåligt undersökta. De enda mätningar som redovisats är av 4 st B.12-kollin under 1996<sup>5</sup> och fick då resultat enligt tabell 7.

<sup>5</sup> Referens: Claes Johansson, SKB, muntlig kommunikation

Tabell 7. Inventering av 4 stycken kollin B.12 1996 (Referens: Claes Johansson, SKB, muntlig kommunikation)

	Resultat vid inventering kg/kolli	Resultat vid inventering Vikt-%	Jämförelse med normalkolli B.12 (tabell 6) kg/kolli
Järn, stål, galvaniserat stål	1600	7	1500
Aluminium	1900	9	100
Trä	650	3	
Tyg	1050	5	
Papper	2550	12	
(Summa cellulosa= trä+tyg+papper)*	(4250)	(20)	4000
Plast	10300	47	
Isolering	1900	9	
Gummi/kabel	350	1	
Övrigt	1645	7	
<b>Summa</b>	<b>21 945</b>	<b>100 %</b>	

Anmärkning:

\* Trä, tyg och papper har antagits bestå av 100 % cellulosa

### 2.3.6 Sammansättning på X.23

För X.23 har flera undersökningar gjorts. Från början (1992-1993) utgick SKB från samma normalsammansättning på "fast avfall" som angavs ovan för X.12, med hänsyn till andra totalvikter. Man upplevde vid kärnkraftverken att dessa värden för cellulosa-mängderna var väsentligt överskattade. Vid kärnkraftverken har det därför gjorts inventeringar av X.23.

#### Forsmark

Vid Forsmark gjordes ordentliga mätningar av samtliga F.23-kokiller (78 stycken) mellan 1993 och 1995. Inventeringen finns redovisat i SKB PM 96/08. Inventeringens resultat redovisas i tabell 8. Inventeringen ledde till att normalkollet ändrades. I SKB PM 99/15 "Prognos över nyttjande av SFR-1" anges dock ett annat normalkolli (se tabell 8) som inte är förklarat (det beror på felaktigt angivande av normalkolli i SKB PM 99/15, se vidare avsnitt 3.5 i det följande).

Tabell 8. Resultat av inventering 1993-95 av F.23, och jämförelser med normalkolli.

	Sammansättning på avfall, kg/kolli						
	Resultat av inventering 1993-95 *			Gammalt normalkolli, kg/kolli Använt i årsrapporter t.o.m. 1995**		Reviderat normalkolli kg/kolli Använt i årsrapporter 1996- och framåt ***	
	F.23 (10 cm btg)	F.23 (25 cm btg)	F.23 (plåt)	F.23 (plåt)	F.23 (btg)	F.23 (plåt)	F.23 (btg)
Järn, stål	72	18	40	225	200	50	30
Aluminium	0	1	0	9	7		
Trä	1	0	1				
Tyg	36	41	51				
Papper	1	4	2				
(summa cellulosa=trä+tyg+papper)α	(38)	(45)	(54)	220	170	42	29
Plast	127	62	324				
Isolermaterial			1				
Asbest							
Gummi, kabel	104	30	266				
Övrigt	141	141	141				
(slam)	-	-	-	9	7		
(övrigt organiskt)	-	-	-	230	180	580	186
<b>Summa vikt</b>	<b>484</b>	<b>298</b>	<b>827</b>				

Anmärkningar

\* Enligt SKB PM 96/08.

\*\* Enligt bl.a. SKB PM 94/20.

\*\*\* Enligt bl.a. PM96/09 och PM 98/01. I SKB PM 99/15 anges dock felaktigt ett äldre normalkolli (som användes 1994-95), som gällande normalkolli, beroende på skrivfel som inte är sammankopplat med de beräkningar som SKB redovisat.

α Trä, tyg och papper har antagits bestå av 100 % cellulosa.

### Oskarshamn

Vid Oskarshamn gjordes 1995 en genomgång av O.23-avfallet (SKB PM 96/08). Den som placerade ett avfall i en kokill noterade avfallets vikt och "sammansättning" (uppskattat utifrån en visuell besiktning). Man bokförde 22 kokiller omfattande totalt 4885 kg avfall. Uppskattningen är behäftad med stora osäkerheter. Utifrån denna första studie gjordes en revidering av normalkollit. Denna första studie följdes av en mer ingående inventering 1998-99 med vägning av varje material (OKG Rapport 2000-02-28). Det resultat som erhöles visas i tabell 9.

Det bör observeras att även om man ändrade normalkollit 1996, så anges det gamla normalkollit i SKB PM 99/15, beroende på felskrivning, se vidare avsnitt 3.5 i det följande.

Tabell 9. Översiktlig inventering av O.23, samt jämförelser med normalkollin

	Sammansättning, kg/kolli					Preliminärt förslag till nytt normalkolli från år 2000
	Resultat av inventering 1995 *		Gammalt normalkolli (använt 1994-95) **	Reviderat normalkolli, använt i årsrapporter 1996-)**	Resultat av inventering 1998-99 (OKG Rapport 2000-02-28)	
	O.23	O.23 (CLAB)	O.23 och O.23:9	O.23 och O.23:9	O.23	O.23
Järn, stål	17	82	180	17	63	112
Aluminium			6,0		0	3,5
Trä					-	
Tyg						
Papper						
(summa cellulosa=trä+ tyg+papper)☒	35	-	156	35	17,4	154****
Plast inkl plasttrasor	24	8			129	63
Isolermaterial						17,5
Asbest					28	
Gummi, kabel					3,5	
Övrigt					56	
(slam)			6,0		45,2	
(övrigt organiskt)			222	24		24
<b>Totalvikt, avfall</b>					<b>348</b>	<b>350</b>

#### Anmärkningar

\* SKB PM 96/08

\*\* SKB PM 94/20

\*\*\* Enligt bl.a. PM96/09 och PM 98/01. I SKB PM 99/15 anges dock det äldre normalkollin (som användes 1994-95) som gällande normalkollin, beroende på skrivfel, se vidare avsnitt 3.5.

\*\*\*\* Uppskattat att fukt i trasor motsvarar ca 61 kg vatten som ingår i summan 154 kg

☒ Trä, tyg och papper har antagits bestå av 100 % cellulosa

### Ringhals

Vid Ringhals gjordes 1995-96 en inventering av 59 kokiller genom utvärdering av avfallsloggarna. En uppskattning gjordes av sammansättningen av varje kokill. Det är inte redovisat hur sammansättningen mättes, men alla vikter av material i enskilda kollin är i inventeringen (SKB PM 96/08) angiven med jämna 5-tal; det tyder på att det är relativt grova uppskattningar. Det resultat som erhöles visas i tabell 10.

Tabell 10. Översiktlig inventering av R.23 1995-96, samt jämförelser med normalkollin

	Resultat av inventering, medelvärde* kg/kolli				Gammalt normal- kolli, använt 1994- 95**, kg/kolli		Reviderat normal- kolli, använt 1996- ..*, kg/kolli	
	R.23 (10 cm btg)	R.23 (25 cm btg)	R.23 (filter)	R.23 (plåt)	R.23 (plåt)	R.23 (btg)	R.23 (plåt)	R.23 (btg)
Järn, stål	25	28	93	100	180	180	100	25
Aluminium	1			2	6	6	4	1
Trä								
Tyg								
Papper								
(summa cellulosa= trä+tyg+papper)☒	10,1	6	9	40,4	156	156	44	11
Plast	19	10	13	76				
Isolermaterial								
Asbest	0,3			1				
Gummi, kabel	6	2	1	24				
Övrigt	3	3		12				
(slam)					6	6		
(övrigt organiskt)					222	222	100	25
<b>Summa</b>	<b>64</b>	<b>49</b>	<b>116</b>	<b>255</b>				

#### Anmärkning:

\* SKB PM 96/08

\*\* SKB PM 94/20

\*\*\* Enligt bl.a. PM96/09 och PM 98/01. I SKB PM 99/15 amges dock det äldre normalkolli (som användes 1994-95) som gällande normalkolli, beroende på skrivfel, se vidare avsnitt 3.5.

☒ Trä, tyg och papper har antagits bestå av 100 % cellulosa

## 2.4 Avfall i SFR-1 – läge 1999-12-31

De mängder metaller och cellulosa som enligt SKB:s redovisning (SKB PM 00/03rev1) var deponerade i SFR-1 1999-12-31 anges i tabell 11.

Tabell 11. Mängder av metaller och cellulosa i SFR 1999-12-31 (SKB PM 00/03rev.1)

	Deponerat i SFR-1 t.o.m. 1999-12-31			
	Silo	BMA	BTF	BLA
Järn/stål, <i>ton</i>	390	1400	600	840
Järn/stål, <i>m<sup>2</sup></i>	20 000	68 000	55 000	53 000
Aluminium och zink, <i>ton</i>		0,68	22	20
Aluminium och zink, <i>m<sup>2</sup></i>			1300	3000
Cellulosa, <i>ton</i>	2,3	32	7,7	860
Jonbytarmassa, <i>ton</i>	290	1000	670	92
Bitumen, <i>ton</i>	350	1100		120
Slam, <i>ton</i>		11	35	
Indunstarkoncentrat, <i>ton</i>		42		
Övrigt organiskt material, <i>ton</i>	5,8	89	49	600



## 3. Översiktlig analys

### 3.1 Kontrollberäkning av läget i SFR-1

För att undersöka genomlysigheten och repeterbarheten i SKB:s redovisning har i föreliggande utredning genomförts en kontroll av SKB:s mängdberäkningar för cellulosa och metaller. Antalet av varje kolli har tagits från den senaste årsredovisningen (SKB PM 00/03) som redovisar läget i SFR-1 1999-12-31. I SKB:s PM finns normalkollin refererade till SKB PM 99/15 (Prognos över nyttjande av SFR-1) och SKB PM 96/08 (Sopor och kokiller i BMA – typ X.23). De normalkollin som har använts här vid kontrollberäkningarna är redovisade i bilaga 1 och härrör från PM 99/15 om annat inte angivits - det bör observeras att i PM 99/15 är fel normalkollin angivna för typen X.23 och för B.12 och B.12:9, varför dessa inte har använts; för dessa utnyttjas i stället de normalkollin som använts tidigare (SKB PM 96/09, och 98//01). I SKB:s redovisning framgår inte fördelningen mellan plåt- och betongbehållare för F.23 (endast totala antalet kokiller är redovisade). Bevisligen förekommer både betong- och plåtkokiller (vilka enligt F.23-inventeringen hade olika avfallssammansättning), betongkokiller förekommer dessutom både med 25 cm och 10 cm vägg tjocklek.

Det resultat som erhöles visas i tabell 12. Som framgår av tabellen finns vissa avvikelser mellan SKB:s redovisning och resultatet av kontrollberäkningarna. De avvikelser som erhålls bedöms bero på att SKB:s redovisningar inte är tillräckligt genomlysiga och entydiga, och att SKB:s dokumentation av beräkningarna är bristfälliga. Av äldre årsrapporter framgår vissa undantag från det sedvanliga beräkningssättet för vissa enstaka udda avfall. Dessa tidiga avvikelser framgår dock inte av nyare årsrapporter. Författaren har inte haft ambitionen att i detalj analysera vad dessa avvikelser beror på – utan konstaterar bara att det finns brister i SKB:s redovisning som gör att det inte går att verifiera SKB:s resultat.

Det bör observeras att i de beräkningar som redovisas i bilaga 1 har hänsyn tagits till vissa uppenbara felaktigheter i SKB:s redovisning (se avsnitt 3.5 i det följande). Om man använder de normalkollin som står angivna i SKB PM 99/15 blir avvikelserna ännu större.

Tabell 12. Kontrollberäkning av deponerade mängder av olika material i SFR-1. Underlaget för beräkningarna (antalet kollin, och sammansättning på normalkollin) redovisas i bilaga 1.

	Resultat av kontrollberäkningar	Enligt SKB:s redovisning (PM 00/03.rev.1)	Total budget
<b>Silo</b>			
Järn/stål, ton	615	390	
"-", m <sup>2</sup>	32 250	20 000	120 000
Aluminium och zink, ton			
"-", m <sup>2</sup>			445
Cellulosa, ton	0*)	2,3*)	34
Övrigt organiskt material, ton	4,8	5,8	-
<b>BMA</b>			
Järn/stål, ton	1500	1400	
"-", m <sup>2</sup>	77 100	68 000	310 000
Aluminium och zink, ton	1,6	0,68	
"-", m <sup>2</sup>	-		1192
Cellulosa, ton	36,6	32	64
Övrigt organiskt material, ton	129	49	125
<b>BTF</b>			
Järn/stål, ton	532	600	
"-", m <sup>2</sup>	55 130	55000	120 000
Aluminium och zink, ton	21,8	22	
"-", m <sup>2</sup>	1310	1300	447
Cellulosa, ton	0	7,7	20 (10+10)
Övrigt organiskt material, ton	46	49	-
<b>BLA</b>			
Järn/stål, ton	840	840	
"-", m <sup>2</sup>	52 440	53 000	230000
Aluminium och zink, ton	20,2	20	
"-", m <sup>2</sup>	3033	3000	893
Cellulosa, ton	856	860	1000
Övrigt organiskt material, ton	597	600	1000

Anmärkning:

- \* Avvikelsen beror på att visst cellulosahaltigt avfall i ett tidigt skede lades i silon. Detta avfall har man tagit hänsyn till då SKI satt upp gränsvärden för cellulosa i silon.

## 3.2 Olika avfallstypers inverkan på cellulosa-mängden och metallmängden i SFR

I samband med kontrollberäkningarna enligt avsnitt 3.1. gjordes också en beräkning av vilka avfallsslag som bidrar med mest cellulosa och metaller.

I tabell 13 visas hur cellulosa och metaller fördelas mellan olika avfallsslag i silon.

Tabell 13. Procentuell fördelning av metaller och cellulosa i silo

	Fördelning av cellulosa, vikt-% *)	Fördelning av järn/stål, vikt-%	Fördelning av järn/stål, area-% **)	Fördelning av Al/Zn, vikt-% ***)
B.06	-	10	23	-
F.18	-	8	6	-
O.02/O.02:9	-	30	22	-
R.02/R.02:9	-	14	11	-
R.16	-	37	39	-
<b>Summa</b>	-	<b>100</b>	<b>100</b>	-

\* Ingen medveten tillförsel av cellulosa görs

\*\* Antaget att all metall förekommer som 5 mm plåt

\*\*\* Inget avfall anges innehålla aluminium/zink

Bidraget av järn/stål till silon kommer från kokiller med jonbytarmassor. Järn/stål-innehållet kommer från armering i betongkokiller (O.02, O.02:9, R.02, R.02:9) eller från material i plåtkokiller (B.06, F.18, R.16). Beräkningen av järn/stål-mängden baseras på kokillernas reella dimensioner, och bedöms ge resultat med förhållandevis hög säkerhet (i denna utredning har inga kontrollberäkningar gjorts utifrån kokillernas dimensioner).

I tabell 14 visas hur cellulosa och metaller fördelas mellan olika avfallsslag i BMA (bergsal för medelaktivt avfall).

Tabell 14. Procentuell fördelning av metaller och cellulosa i BMA

	Fördelning av cellulosa, vikt-%	Fördelning av järn/stål, vikt-%	Fördelning av järn/stål, area-%	Fördelning av Al/Zn, vikt-% *)
B.05, B.05:2, B.05:9		10	25	
F.05:1, F.05:2		4,5	7	
F.15		0,3	0,2	
F.17, F.17:1	4	11	7	
F.23	12	4	4	
F.99:1				
O.01:9		12	10	
O.23, O.23:9	36	7	5,4	
R.01, R.01:9		28	22	
R.10		1,1	0,9	
R.15		2,4	3	
R.23	48	19	16	100
<b>Summa</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

\* Endast R.23 uppges innehålla aluminium/zink

Tabellen visar att det huvudsakliga bidraget av cellulosa kommer från X.23 (sopor och skrot). Mängden är beräknad med en viss grad av osäkerhet med inventeringar som grund (jfr avsnitt 2.3.6). Bidraget av järn/stål kommer från fler avfallstyper. X.23 står för ungefär 30 % av viktmängden eller 25 % av arean av järn/stål, varav nästan 90 % utgörs av behållarmaterial, vilket kan beräknas med hög säkerhet. Övrigt bidrag av järn/stål kommer från behållarmaterial: plåtfat (jonbytarmassor B.05, F.05), plåtkokiller (jonbytarmassor F.15, R.15), och betongkokiller (jonbytarmassor O.01, R.01 och slam R.10), där mängd och area är beräknad med relativt hög säkerhet.

I tabell 15 visas hur cellulosa och metaller fördelas mellan olika avfallsslag i BTF (bergsal med betongtankar).

Tabell 15. Fördelning av cellulosa och metaller i BTF

	Fördelning av cellulosa, vikt-% *)	Fördelning av järn/stål, vikt-%	Fördelning av järn/stål, area-%	Fördelning av Al/Zn, vikt-% *)
B.07, B.07:9		24	14	
O.01:9		1	1	
O.07, O.07:9		46	28	
R.01, R.01:9		4	1	
R.99				
S.13		25	56	
<b>SUMMA</b>		<b>100</b>	<b>100</b>	

\* Cellulosa eller aluminium/zink anges inte förekomma i avfallet

Cellulosa uppges inte förekomma i det avfall som förs till BTF. Däremot finns cellulosa i äldre avfall som deponerats tidigare. Järn/stål förekommer enbart som behållarmaterial. Mängden och arean är beräknade med ganska hög säkerhet.

I tabell 16 visas hur cellulosa och metaller fördelas mellan olika avfallsslag i BLA (bergsal för lågaktivt avfall).

*Tabell 16. Fördelning av cellulosa och metaller mellan olika avfallstyper i BLA*

	Fördelning av cellulosa, vikt-%	Fördelning av järn/stål, vikt-%	Fördelning av järn/stål, area-%	Fördelning av Al/Zn, vikt-%
B.12, B.12:1	75	69	69	75
B.20	1	4	5	
F.12	9	8	7	10
F.20		5	5	
R.12, R.12:1	15	13	12	15
S.14	~0	1	2	~0
<b>SUMMA</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Cellulosa förekommer till 99 % i sopor och skrot av typen X.12. Uppskattningen av mängden cellulosa är gjord med stor osäkerhet. Järn/stål förekommer både som skrot i avfallet och som behållarmaterial (plåtcontainrar X.12); den lilla andelen som härrör från B.20 och F.20 är behållarmaterial (plåtcontainrar). Av den totala arean förekommer ungefär hälften som skrot i avfallet och hälften som behållarmaterial. Arean av skrot i avfallet är uppskattat med mycket stor osäkerhet. Arean av järn/stål i behållarmaterial är beräknade med ganska hög tillförlitlighet.

Som en slutsats av ovanstående genomgång kan dras att de huvudsakliga osäkerheterna för cellulosa och metaller utgörs av:

- BMA: cellulosa härrör från X.23, där cellulosaandelen tagits fram med en ganska osäker metod. Järn/stål i BMA utgörs till nästan 90 % av behållarmaterial, vilket kan beräknas med högre säkerhet. Övrig 10 % järn/stål förekommer som skrot som endast är uppskattad med stor osäkerhet.
- BLA: cellulosa härrör från X.12, där cellulosaandelen uppskattats med en ganska osäker metod. Järn/stål i BLA utgörs till nästan 50 % av behållarmaterial, vilket kan beräknas med högre säkerhet, medan övrig 50 % järn/stål förekommer som skrot som är uppskattad med stor osäkerhet.

### 3.3 Statistisk bearbetning av F.23-inventering

Resultatet av den inventering av F.23 som gjordes 1993 – 95 har här använts för en mindre statistisk bearbetning i avsikt att studera hur stora de normala variationerna i avfallsets sammansättning är. Sammansättningen på varje enskilt kolli, enligt SKB PM 96/08, användes som underlag. Resultat enligt tabell 17 erhöles.

Tabell 17. Utvärdering av F.23-inventering. Siffrorna anger sammansättning på avfallet (exklusive material i kokillerna)

	Cellulosa (räknat som summa tyg+papper +trä) kg/kolli	Järn/stål  kg/kolli	Aluminium/ zink  kg/kolli
Summa samtliga 78 kollin Medelvärde, kg/kolli Variation (95% konfidens), kg/kolli	46 ±9	50 ±16	0,4 ±0,4
Summa 34 st Betongkokiller 10 cm Medelvärde, kg/kolli Variation (95% konfidens), kg/kolli	39 ±12	72 ±26	0,4 ±0,7
Summa 18 st betongkokiller 25 cm Medelvärde, kg/kolli Variation (95% konfidens), kg/kolli	49 ±15	21 ±11	0,55 ±1,1
Summa 26 st kokiller av plåt Medelvärde, kg/kolli Variation (95% konfidens), kg/kolli	54 ±18	40 ±15	0,2 ±0,4
Nytt normalkolli F.23 (enligt SKB PM 96/08)			
Kokiller av betong 10 cm, kg/kolli	29	30	0
Kokiller av plåt, kg/kolli	42	50	0

De beräknade variationerna kan användas för att bedöma hur stora variationerna är. För cellulosa gäller att:

- plåtkokiller: den verkliga mängden cellulosa (räknat som summa tyg, papper, trä) är med 95 % säkerhet mellan  $54 \pm 18$  kg (d.v.s. inom spannet 36 – 72 kg) per kolli
- 10 cm betongkokiller: den verkliga mängden cellulosa (räknat som summa tyg, papper, trä) är med 95 % säkerhet mellan  $39 \pm 12$  kg (d.v.s. inom spannet 27 – 51 kg) per kolli.
- Samtliga kokiller: den verkliga mängden cellulosa (räknat som summa tyg, papper, trä) är med 95 % säkerhet mellan  $46 \pm 9$  (d.v.s. inom spannet 37 – 55) kg per kolli.

### 3.4 Diskussion kring variationer i avfallssammansättning

Sammansättningen på sopor och skrot (X.12 och X.23) är varierande och uppkomsten av dess olika delar beror på en rad olika omständigheter.

Vid ett studiebesök på Forsmark (2000-06-27) förekom skrotning av rör från ett mellan kylningssystem. Rörsystemet hade varit i drift ett antal år och behövde revideras. Det uppkomna skrotet (grova rörbitar) pytsades i det vanliga avfallet (F.12, F.23 eller avfall till markdeponi) beroende på aktivitetsnivå, m.m. Det innebär att t.ex. F.12- och F.23-avfallet just då hade ganska hög andel skrot. När rörsystemet är färdigbytt kommer detta skrot inte längre att uppkomma. Det avfall som uppkommer vid tillfället för rörbytet avviker troligen därför från det normala avfallet som normalkollit är baserat på. I framtiden kommer sannolikt andra kampanjer där andra typer av skrot kommer att genereras. Beroende på vilka kampanjer som genomförs kommer avfallets sammansättning att påverkas.

Budgeten för metall är satt utifrån risken för gasbildning p.g.a. korrosion, varvid det antagits att all metall förekommer som 5 mm plåt som korroderar på båda sidorna. Av det skrot som förekommer finns både tjockväggig (t.ex. från rörledningssystem) och tunnare plåt. Vid inventeringarna har gjorts bedömningar av viktmängden metaller, inte av ytan. Även om viktmängden är "någorlunda" konstant (järn/skrot i plåtkokiller av F.12 varierar i 95 % av fallen inom spannet 25 – 55 kg) kan arean av metallerna variera betydligt mer beroende på vad det är för typ av skrot som kasseras.

Det är därför behäftat med stora osäkerheter att endast använda sig av "normalkollin" för uppskattning av mängden cellulosa och metaller i "sopor och skrot". De inventeringar som gjorts visar egentligen bara resultatet för en kortare tid (något eller några år) och tar inte hänsyn till de variationer som kan förekomma under längre tider.

I avfallsstationerna på kärnkraftverken besiktigas varje sopsäck visuellt. I t.ex. Forsmark görs för närvarande (som ett led i EMAS-arbetet) en noggrannare inventering med strålningsmätning på varje sopsäck och en notering om vad som finns i säcken. Man för loggar över det mesta av sopor och skrot som hanteras.

Ett alternativ till normalkolli-metoden skulle kunna vara att man kontinuerligt bokför avfallet (såsom man gjort kampanjvis flera gånger vid samtliga verk) som läggs i kokillerna (i X.12 och X.23). Man skulle då få större noggrannhet och dessutom kunna avspegla de variationer som förekommer. Varje kokill skulle då få en individuell mängd av järn/stål, aluminium/zink, cellulosa (eller summa trä, papper, tyg) och övrigt organiskt material. Genom ett sådant förfarande skulle man också kunna klassa metaller i olika kategorier, t.ex. tjockväggig plåt (>5 mm tjocklek) och tunn plåt för att minska osäkerheterna i bedömning av metallarea.

### **3.5 Felaktigheter i SKB:s rapportering**

I SKB:s rapportering förekommer några uppenbara fel vid redovisning av normalkollin. De normalkollin som anges för bl.a. X.23 och B.12/B.12:9 i ”Prognos över nyttjande av SFR-1” (SKB PM 99/15) är felaktiga och stämmer inte med vad som redovisats i tidigare årsrapporter. För X.23-kollin är det ursprungliga normalkollit angivet (vilket enligt tidigare årsrapporter övergavs från 1996). För B.12 förekommer också avvikelser (se tabell 6 i avsnitt 2.3.4). Dessa avvikelser beror på felskrivningar i SKB PM 99/15 och påverkar troligen inte resultatet av de beräkningar som SKB gjort – man räknar med en sammansättning men anger en annan sammansättning.

Situationen underlättas dock inte av att man i årsrapporten för 1999 (SKB PM 00/03 rev.1) inte anger vilka normalkollin man räknat med, utan hänvisar till SKB PM 99/15. Det finns därför starkt behov att revidera båda dessa redovisningar.

Vidare gör de avvikelser som föreligger mellan kontrollberäkningarna av deponerade mängder av olika material i SFR-1 (enligt avsnitt 3.1 ovan) och SKB:s redovisning (enligt PM 00/03rev.1) att ytterligare redovisningar kan behöva förtydligas. Författaren har inte haft ambitionen att i detalj analysera vad dessa avvikelser beror på – utan konstaterar bara att SKB:s redovisning inte är tillräcklig genomlysning och entydig.

Genom att gå igenom samtliga årsrapporter kan flera avvikelser förklaras. Ett problem vid genomgång av äldre årsrapporter är att vissa uppgifter och beräkningar reviderats i senare årsrapporter, t.ex. när man några gånger reviderat sammansättning på ett normalkolli har man samtidigt ändrat i historiken (se avsnitt 3.7 i det följande). Det gör att äldre årsrapporter innehåller inaktuella uppgifter vid sidan av relevant kompletterande information, vilket gör att äldre årsrapporter blir svårtolkade när de granskas i efterhand.

Det förekommer också i årsrapporterna vissa ”slarvfel” av mindre allvarlig art, men som ändå försvårat arbetet med kontrollen av årsrapporterna. Ett exempel på sådant fel är följande. I Årsrapport 1996 (SKB PM 96/09) refereras (ref 2 i referenslistan) till ett PM: SKB Anläggningar PM 97/8. PM med detta nummer handlar om något helt annat. Rätt beteckning på denna PM ska vara 96/08.

### **3.6 Principer för uppskattning av mängden metaller**

SKB:s beräkning av metaller i avfallet är behäftad med stora osäkerheter. Det är gasproduktionen från korrosion som begränsar hur mycket metall som kan tillföras. Budgeten för metaller baseras på antagandet att all metall i avfallet förekommer som 5 mm tjock plåt. Detta antagande har inte verifierats genom mätningar. I det följande redovisas några enkla överslagsberäkningar som visar hur arean av 1000 kg metall kan variera beroende på hur metallen förekommer (se tabell 18).

Tabell 18. Illustration över hur arean av 1000 kg järn/stål kan variera

	Tjocklek	Total area (två sidor)
1000 kg (normal- antagande)	5 mm	51 m <sup>2</sup>
1000 kg	10 mm	25 m <sup>2</sup>
1000 kg	1 mm	254 m <sup>2</sup>
900 kg 100 kg	5 mm 1 mm	71 m <sup>2</sup>
900 kg 100 kg	10 mm 1 mm	48 m <sup>2</sup>
900 kg 100 kg	1 mm 5 mm	234 m <sup>2</sup>
900 kg 100 kg	1 mm 10 mm	231 m <sup>2</sup>
500 kg 500 kg	1 mm 5 mm	152 m <sup>2</sup>
500 kg 500 kg	1 mm 10 mm	140 m <sup>2</sup>

En relativt liten andel av tunn plåt kan som synes väsentligt förstora den totala arean. Det föreligger därför behov av att utreda verklig metallarea. Det bör dock påpekas att för många avfallstyper kommer det huvudsakliga metallinnehållet från metall i emballagen, t.ex. plåt i plåtkokiller och plåtfat, samt armering i betongkokiller. Detta metallinnehåll kan beräknas med relativt god noggrannhet (se avsnitt 3.3 i det föregående).

### 3.7 Konsekvenser när normalkollin ändras

Normalkollina för X.12 och X.23 har ändrats flera gånger. Ändringar av normalkollin har i de flesta fall omfattat även det avfall som redan deponerats i SFR. Mot detta förfarande kan följande invändningar göras:

1. I F.23-inventeringen 1993-95 (se punkt 2.3.5 i det föregående) fick man ett inventeringsresultat som visade medelsammansättningen på det avfall som producerades under 1993-95. Man diskuterade runt detta resultat och uppskattade en reviderad normalsammansättning som skulle gälla i framtiden. Denna reviderade sammansättning användes då för både det historiska avfallet (som redan deponerats i SFR-1) och allt avfall som produceras i framtiden. Det skulle sannolikt varit mer transparent att använda inventeringsresultatet för det avfall som uppstod under inventeringsperioden 1993-95, och sedan ha använt den reviderade sammansättningen för det avfall som uppstår efter 1995.

2. Eftersom även historien ändras då man ändrar normalkollit, så blir det svårt att följa utvecklingen i SFR-1. När revideringen av normalkollina för F.23, O.23 och R.23 gjordes, ledde detta till att den deponerade (ackumulerade) mängden cellulosa i BMA enligt årsrapporterna minskade från år 1994 till 1997 trots att nytt avfall hela tiden tillfördes förvaret. För att kunna följa utvecklingen fordras då att man granskar varenda årsrapport från SKB. I SKB:s redovisning borde därför finnas angivet alla ändringar som har gjorts. Annars kan motstridig information uppstå mellan olika årsrapporter.

## 4. Slutsatser. Förslag

### 4.1 Några utgångspunkter

Den kritik som här riktas mot SKB:s redovisningsmetod, och de förslag till förändringar som här ges, grundar sig på följande utgångspunkter:

1. De synpunkter som här framförs är riktade till både SKI och SKB.
2. Den redovisning som görs i årsrapporter bör vara så objektiv som möjligt och inte baseras eller sammanblandas med de säkerhetsanalyser som görs. Det innebär att resultat från säkerhetsanalysen inte bör bli allt för styrande för innehållet i årsredovisningen. Motivet för detta är att kunskapen om olika risker kan förändras i framtiden, t.ex. kan nya risker identifieras som inte är kända idag. Om man då behöver göra en framtida riskanalys med nya förutsättningar, ska inte en ofullständig redovisning, beroende på bristfällig kunskap i ett tidigare skede, utgöra ett hinder.
3. Den redovisning av mängder som bör göras i framtiden bör så väl som möjligt ta hänsyn till de rutiner för avfallshantering och –klassificering som förekommer idag. Nya rutiner bör inte medföra väsentligt merarbete. Däremot kan nya redovisningsrutiner läggas upp som utnyttjar de rutiner som ändå förekommer.
4. Den kritik som framförs i det följande, och de förslag som ges, är baserade på de synpunkter och resultat som presenterats i kapitel 2 och 3 i denna utredning.

### 4.2 Sammanfattande bedömning av SKB:s redovisning

1. I SKB:s årsrapporter och prognoser förekommer flera felaktigheter, t.ex. de normalkollin som man refererar till stämmer inte överens med de normalkollin som man verkligen räknat med. Det är då svårt att bedöma om det är beräkningarna som utförts fel, eller om man gjort skrivfel i samband med redovisning av underlaget.
2. I SKB:s årsrapporter och prognoser förekommer flera ofullständiga redovisningar, där man inte redovisar avfallstypen eller emballaget tillräckligt detaljerat, t.ex. F.23 förekommer både i plåtkokill och betongkokill; i årsrapporten framgår inte hur många av respektive typ eller om man räknat med samma eller olika sammansättning.
3. Underlagen för vad som ligger bakom normalkollinas sammansättning är överlag dåligt redovisade. För de X.23 som förekommer har mer eller mindre ingående inventeringar gjorts. Underlagen för samtliga övriga normalkollin skulle behöva redovisas tydligare, varvid även osäkerheter i uppskattningarna bör anges.

4. Sammansättningen av normalkollin för ”sopor och skrot” (X.12 och X.23) är behäftat med flera osäkerheter. Några förslag till åtgärder för att minska osäkerheten är:
- I Forsmark har gjorts en inventering av F.23, där sammansättningen relativt väl kartlagts. Vid Oskarshamn och Ringhals har andra inventeringar av O.23 respektive R.23 genomförts, men under kortare tid (B.23 uppges inte förekomma). Mer ingående inventeringar av X.23 behöver göras vid alla kärnkraftverken, för att se om avfallssammansättningen har ändrats med tiden.
  - Inventeringar bör göras även på X.12 (till BLA). Även om hittills gjorda säkerhetsanalyser visar att riskerna är små med avfallet i BLA, så bör sammansättningen bestämmas med högre säkerhet. Det kan inte uteslutas att framtida säkerhetsanalyser kan behöva ett bättre underlag.
  - Mängden cellulosa beräknas som  $\Sigma(\text{textil} + \text{trä} + \text{papper})$ . Detta ger en övervärdering av cellulosahalten, eftersom
    - Overaller (i textil) består av blandning av polyester och bomull.
    - Trasor är ofta fuktiga. I Oskarshamn har man uppskattat fukthalten i trasor till 65 %.
    - Cellulosahalten i papper och trä är lägre än 100 %, såväl vatten och aska som andra organiska ämnen ingår i totalmängden.I årsrapporterna bör redovisningen vara så objektiv som möjligt. Däremot kan det vara motiverat att i säkerhetsanalysen använda denna förenklingförenklat anta att textil, trä och papper består av 100% cellulosa. Man skulle i årsrapporterna t.ex. kunna redovisa bruttomängden  $\Sigma(\text{textil} + \text{trä} + \text{papper})$  som ”cellulosainnehållande material” eller liknande.
5. SKB:s redovisning är inte helt genomlyslig. Vid försök att göra samma mängdberäkningar som SKB erhöles inte alltid samma resultat. Delvis kan avvikelserna förklaras av att hänsyn tagits till att enstaka avfallskollin ibland avviker från normalkollit. Även om den bokföring som görs tar hänsyn till detta kommer dock inte detta fram med det redovisningsätt som SKB använder. En del avvikelser kan förklaras vid genomgång av äldre årsrapporter, men en sådan genomgång av äldre uppgifter blir inte helt entydig. Eftersom man flera gånger ändrat historiken när man ändrat normalkollisammansättningen, innehåller gamla årsrapporter ofta inaktuella uppgifter.
6. Det kan diskuteras hur olika inventeringar ska tolkas. Ett exempel är inventeringen av F.23 1993-95. Vid framtagandet av det reviderade normalkollit utgick man från inventeringsresultatet, men tog samtidigt hänsyn till en förväntad förändrad avfallssammansättning i framtiden. Detta ”framtida” normalkolli användes sedan som generellt normalkolli, även för det avfall som deponerats i SFR före inventeringen. Mer korrekt borde vara att använda det sanna inventeringsresultatet för det avfall som redan deponerats, och använda den antagna framtida avfallssammansättningen för det avfall som uppkommer efter inventeringen (eller efter det avfallsets sammansättning förväntats bli ändrat).
7. Redovisning av metaller är behäftad med stora osäkerheter. Det är gasproduktionen från korrosion som begränsar hur mycket metall som kan tillföras SFR-1. Budgeten för metaller baseras på antagandet att all metall i avfallet förekommer som 5 mm plåt medan metall i behållarkonstruktionen beräknas efter verkliga dimensioner.

Detta förfaringssätt kan dock diskuteras. I de delar av SFR där gasbildningen måste begränsas (silo, BMA och BTF) förekommer järn/stål huvudsakligen i behållar-materialet, så att mängden och arean kan beräknas med relativt god noggrannhet. I BLA anses gasbildning från metaller utgöra en mindre kritiskt problem med utgångspunkt från nuvarande säkerhetsanalys, eftersom säkerheten inte baseras på retardationen av radionuklider inuti bergsalen. Det är dock betydelsefullt med tanke framtida analyser och bedömningar att ha en någorlunda säker uppskattning av de verkliga metallmängderna som deponerats i SFR.

### 4.3 Förslag till åtgärder

1. Det bör undersökas om redovisningen av X.23 och X.12 kan göras genom en mer individuell bedömning av de olika materialen. Vid kärnkraftverken bokförs avfallet i olika kategorier genom att klassa varje sopsäck efter huvudsakligt innehåll. Om mängdberäkningen skulle utnyttja resultaten från dessa bokföringar skulle man sannolikt få bättre noggrannhet än vid "normalkolli-förfarandet". Det föreslagna förfarandet behöver inte innebära att personalen exponeras mer av avfallet, utan snarare att man mer effektivt utnyttjar den information som finns tillgänglig i det arbete som redan görs.
2. Beräkningarna av mängden cellulosa från X.12 och X.23 bör delas upp i flera steg.
  - a) Först en redovisning av det *verkliga* läget, som i så stor utsträckning som möjligt beskriver det verkliga läget, utan övervärderingar. Cellulosa kan förslagsvis anges som "cellulosainnehållande material, brutto" som bör vara den totala vikten av textilier, trä, och papper. Denna redovisning bör grunda sig på vägning och inte "normalkolli".
  - b) Beräkning av "kemisk" cellulosa där den verkliga cellulosamängden beräknas. Därvid tas hänsyn till att overaller även innehåller polyester, att trasor innehåller fukt, m.m. En sådan beräkning fordrar att man gör en noggrannare bestämning av cellulosalhalten i dessa material.
3. Beräkningarna av metaller kan modifieras. Om avfallet i X.12 och X.23 kategoriseras och bokförs kan man också klassa skrotet efter olika tjocklekar, t.ex. i tunnplätigt skrot (< 5 mm) och grov plåt (>5 mm). Med de kunskaper om risker som finns idag är denna åtgärd inte nödvändig (se avsnitt 3.2). Däremot kan det vara motiverat för att överlag höja kvaliteten och tillförlitligheten på redovisningarna – det kan inte uteslutas att framtida säkerhetsanalyser behöver ett noggrannare underlag.
4. Om användningen av normalkolli fortsätter, bör SKB utarbeta en tydligare redovisning av vilka normalkollin som används och hur de räknats fram. Även feluppskattningar bör göras och redovisas. När normalkollin ändras bör både gamla och nya uppgifter finnas med. Alla avvikelser från normalkolliberäkningarna måste finnas tydligt angivna. Alla historiska avvikelser från normalkolli (t.ex. deponering av olika "udda" avfall) bör framgå av senaste årsrapport.
5. Det bör vara ett krav att redovisningen i årsrapporterna ska vara repeterbar och genomlyslig – med de uppgifter som anges i årsrapporten ska det vara möjligt att

göra en kontrollberäkning som ger samma resultat som det som redovisas. För detta  
erfordras att alla äldre händelser och avvikelser redovisas i senaste årsrapport.

## 5. Referenser

- SKB, 1990-10-10, PM SoA 37/90, Granskning av avfallstyp F12, Forsmark 1 - sopor och skrot i container för deponering i BLA
- SKI, 1991-11-10,, Myndigheternas riktlinjer för redovisning och bedömning av avfall avsett för slutförvaring i SFR-1+E15,
- Vattenfall Forsmark, 1992-07-17, 10-343 (rev 3), Forsmark 1 - Typbeskrivning av sopor och skrot i kokill för deponering i BLA
- Vattenfall Forsmark, 1992-08-21, 10-343 (rev 4), Forsmark 1 - Typbeskrivning av sopor och skrot i kokill för deponering i BMA
- SKB, 1992-09-18, PM SoA 18/91 (reviderad),Granskning av avfallstyp F23 i sopor och skrot i kokill från Forsmark
- SSI, 1992-09-30, Dnr 833/1696/92, Medgivande för slutförvaring av viss avfallstyp i SFR-1,Gunnar Johansson
- SKI, 1992-10-12,SQ, Medgivande för slutförvaring av viss avfallstyp i SFR-1
- SKI, 1992-10-01, SKI Tekn. Rapp 92:16, Granskning av SKBs fördjupade säkerhetsanalys av SFR-1,
- FKG, 1993-02-27,92/563,SFR1- 1992 års drifterfarenheter,
- 1993-05-14,S SR 5.1-1 (kapitel 5),Kapitel 5 ur "Säkerhetsanalys för SFR) ,
- SKB, 1993-11-19, PM Anläggningar 27/93,Reviderad granskning av avfallstyp F12. Lågaktiva sopor och skrot från Forsmarksverket
- SKB, 1993-11-19,SQ 421-F12,SFR1 - beskrivning av avfallskollin från Forsmarksverket,
- MAAS, 1994-02-15, PM 4/94, Granskning och förslag till beslut. Ansökan om medgivande till slutförvaring av Lågaktiva sopor och skrot från Forsmarksverket förpackade i containrar,
- SSI, 1994-02-15, Dnr 833/2571/93, Medgivande till slutförvaring av viss avfallstyp i SFR1,
- SKI, 1994-02-16, Medgivande till slutförvaring av viss avfallstyp i SFR1
- SKI, 1994-08-02,, SFR1 Uppföljning av villkor för fortsatt drift: kontroll av vissa ämnen i förvaret,
- SKB, 1994-12-12, A4117, SFR1 - Årlig redovisning av nuklidinnehåll samt gasbildande ämnen mm,
- SKB, 1994-12-28, PM 94/21, Redovisning av filterhjälpmedel
- SKB, 1994-12-28, PM 94/20, Redovisning och budget över vissa ämnen i SFR1
- SKB,1994-12-30,PM 94/22,SFR1 - Kontroll av vissa ämnen i förvaret
- FKG, 1995-01-16, 6/96,S FR1 - Års- och tertialrapport 1994. 3:e terialet
- SKB, 1995-01-31, A4556, SFR-1. Deponering av metaller samt organiska material
- SKB, 1996-01-31, PM 96/3, SFR1- Årsredovisning av organiskt material och gasbildande ämnen 1995
- SKB, 1997-01-31, PM 96/09, SFR1 - Årsrapporter över deponerade mängder, aktivitetssinnehåll och övriga ämnen 1996
- SKB, 1997-01-31, PM 96/08, Sopor och kokiller i BMA typ X 23
- SKB, 1997-01-31, PM 96/09, SFR1 Årsrapporter över deponerade mängder, aktivitetssinnehåll och övriga ämnen 1996
- B Allard,1997-05-19, Cellulosa i Cementsystem. Kunskapsläget
- SKB, 1998-01-27, PM 98/01, SFR1 - Årsrapporter över deponerade mängder, aktivitetssinnehåll och övriga ämnen 1997
- SKB, 1998-08-10, PM 98/16 ,Kvalitativ kemikalieinventering för SFR

SKB, 1999-10-26 ,Drift PM 99/15, Prognos över utnyttjande av SFR-1

SKB, 1999-12-06, Drift PM 99/13, Kemikalieinventering - kärntekniska anläggningar

OKG, 2000-02-28, 2000-02286, Uppskattning av innehåll i en kokill med betongkringgjutna sopor och skrot

SKB, 2000-03-07, Drift PM 00/03, SFR1 - Årsrapport över deponerade mängder, aktivitetsinnehåll och övriga ämnen 1999

**Bilaga 1. Översikt av normalkollin samt  
redovisning av antal kollin av olika typer i  
SFR-1**

Barsebäck – normalkollin, samt antalet deponerade kollin 1999-12-31

	B.05	B.05:2	B.05:9	B.06	B.07	B.07:9	B.12	B.12 (fel?) *	B.12 ny**	B.12:1	B.12:1 (1998)	B.20
<b>Till försvarsdelen</b>	BMA 1994-	BMA 1994-	BMA 1994-	Silo 1994-	BTF 1994-	BTF 1994-	BLA 1994-97	BTF 1998	BLA 1999-	BLA 1994-97 (1999?)	BLA 1998	BLA 1994-
<b>Behållare</b>												
Järn/stål kg	35	57	35	40	647	647	1900	1900	1900	1900	1900	2728
Järn/stål m <sup>2</sup>	3,8	7,4	3,8	4,6	40	40	104	104	104	104	104	213
Cellulosa kg							310	310		310	310	310
Övr organiskt material kg												
<b>Avfall</b>												
Järn/stål kg							1500	4500	5000	4720	7720*	
Järn/stål m <sup>2</sup>							76	229	254	502	502	
Aluminium/zink kg							100	100	200	100	100	
Aluminium/zink m <sup>2</sup>							15	15	30	15	15	
Cellulosa kg							4000	500	500	4000	500	
Jonbytarmassa kg	50	50	50	50	1400	1400						1800
Bitumen kg	150	150	150	150								5400
Slam kg					60	60						
Indunstarkoncentrat												
Övr organiskt material					66	66	3000	2500	300	3000	2500	
Deponerat i SFR-1 1999-12-31, antal kollar	288	844	3056	1584	171	21	127***	-	-	22***		12

\* Enligt PM 94/20, PM 96/09 och PM 98/01 är järn/stål = 4720 kg och övriga poster lika. Ändringen till 7720 kg från 4720 kg är inte förklarad av SKB?

\*\* Fr.o.m. 1999-01-01 är detta normalkollit. Mängden järn och stål ingår i 2000 kg övrigt ej brännbart material.

\*\*\* I kontrollberäkningarna har de äldre normalkollina använts på grund av oklarheter i SKB:s redovisning (dessa normalkollin ger bästa överensstämmelse med SKB:s mängder, trots att andra normalkollin angetts i SKB PM).

Forsmark normalkollin, samt deponerade mängder 1999-12-31

	F.05: 1	F.05: 2	F.12	F.15	F.17	F.17 (rev)	F.17: 1	F.18	F.20	F.23/ plåt	F.23/ plåt (rev)	F.23/ plåt (fel 1999) ****	F.23/ big	F.23/ big (rev)	F.23/ big (fel 1999) ****	F.24 **	F.99
<b>Till försvarsdelen</b>	BMA	BMA	BLA	BMA	BMA	BMA	BMA	Silo	BLA	BMA	BMA	BMA	BMA	BMA	BMA	Silo	BMA
	1994-	1994-	1994-	1994-	1994- 1998	1999-	1994-	1994-	1994-	1994- 95	1996-	(fel 1999)	1994- 95	1996-	(fel 1999)	1999-	
<b>Behållare</b>																	
Järn/stål kg	42	42	1900	425	400	550	400	400	2800	610	610	500	160	160	500	400	225
Järn/stål m <sup>2</sup>	3,2	3,2	104	17	17	17	17	17	193	26	26	26	5,0	5,0	26	17	11
Cellulosa kg																	
Övr organiskt material kg																	
<b>Avfall</b>																	
Järn/stål kg			1500							225	50	310	200	30	310	360	
Järn/stål m <sup>2</sup>			76							13	3	13	10	2	13	18	
Aluminium/zink kg			100							9,0		12,0	7,0		12,0	12	
Aluminium/zink m <sup>2</sup>			15							1,5		1,5	1,0		1,5	1,8	
Cellulosa kg			4000		4,3	4,3	*			220	42	291	170	29	291		
Jonbytarmassa kg	130	140		375	650	650	650	600	4680								
Bitumen kg	95	75			820	820	820	960	3420								
Slam kg										9,0		18,0	7,0		18,0		
Indunstarkoncentrat				161	120	120	120										
Övr organiskt material			3000							230	580	320	180	186	320	444	35
Totalt deponerat antal kolli i SFR-1 1999-12-31	1454	258	20	11	-	303	32	120	15	-	104	-	-	-	-	-	2

\* Cellulosainnehållet från filterhjälpmedel i F.17:1 har av beräkningstekniska skäl (av SKB) tagits in i F.17 enligt SKB PM 94/20

\*\* Normalkolli F.24 anges i de första årsrapporterna, men finns i PM 99/15

\*\*\* Fördelningen mellan F.23 plåt och F.23 big framgår inte av PM 00/03rev1.

\*\*\*\* I SK PM 99/15 anges felaktiga normalkollin för F.23 plåt och F.23 big. Normalkollin enligt PM 98/01 har använts.

Oskarshamn – normalkollin, samt deponerade mängder i SFR 1999-12-31

	O.01:9	O.02	O.02:9	O.02:9 tjock- vägg	O.07	O.07:9	O.23	O.23:9	O.23 (rev) ***	O.23:9 (rev) ***	O.24 ****
<b>Till försvarsdelen</b>	BTF 1994-	Silo 1994-	Silo 1994-	Silo 1994-	BTF 1994-	BTF 1994-	BMA 1994-	BMA 1994-	BMA 1996-	BMA 1996-	Silo
<b>Behållare</b>											
Järn/stål kg	261	261	261	261	647	647	261	261	261	261	
Järn/stål m <sup>2</sup>	10	10	10	10	40	40	10	10	10	10	
Cellulosa kg											
Övr organiskt material kg	10	10	10	10	18	18					
<b>Avfall</b>											
Järn/stål kg							180	180	17	17	
Järn/stål m <sup>2</sup>							9,2	9,2	1	1	
Aluminium/zink kg							6,0	6,0			
Aluminium/zink m <sup>2</sup>							0,9	0,9			
Cellulosa kg	*		*				156	156	35	35	
Jonbytarmassa kg	130	130	130	15	1000	1000					
Bitumen kg											
Slam kg					60	60	6,0	6,0			
Indunstarkoncentrat											
Övr organiskt material					66	66	222	222	24	24	
Antal kollin i SFR-1 1999-12-31	28		700	-	200	184	-	-	251	127	

\* Cellulosa från expansionskassetter är inte medtagna här, däremot är den inräknad i redovisning (PM 94/20)

\*\*

\*\*\* I SK PM 99/15 anges felaktiga normalkollin för O.23. Normalkollin enligt PM 98/01 har använts.

\*\*\*\* 32 stycken O.24 har tillverkats enligt SKB 99/20, men inga kollin har deponerats, enligt SKB PM 00/03rev1

*Ringhals – normalkollin, samt deponerade mängder i SFR 1999-12-31*

	R.01	R.01b	R.01:9	R.01:9 b	R.02	R.02:9	R.10	R.12	R.12:1	R.15	R.16	R.23/ plåt	R.23/ btg	R.23/ plåt (rev)	R.23/ btg (rev)
<b>Till försvarsdel</b>	BMA	BTF	BMA	BTF	Silo	Silo	BMA	BLA	BLA	BMA	Silo	BMA	BMA	BMA	BMA
	1994-	1994-	1994-	1994-	1994-	1994-	1994-	1994-	1994-	1994-	1994-	1994-	1994-	1996-	1996-
<b>Behållare</b>															
Järn/stål kg	261	261	261	261	261	261	261	1900	1900	315	315	661	261	661	261
Järn/stål m <sup>2</sup>	10	10	10	10	10	10	10	104	104	17	17	26	5	26	5
Cellulosa kg								310	310						
Övr organiskt material kg	10	10			10		10								
<b>Avfall</b>															
Järn/stål kg								1500	4720			180	180	100	25
Järn/stål m <sup>2</sup>								76	502			9,2	9,2	5	1
Aluminium/zink kg								100	100			6,0	6,0	4	1
Aluminium/zink m <sup>2</sup>								15	15			0,9	0,9		
Cellulosa kg								4000	4000			156	156	44	11
Jonbytarmassa kg	130	130	140	140	130	140				250	250				
Bitumen kg															
Slam kg							115					6,0	6,0		
Indunstar koncentrat															
Övr organiskt material							3000	3000	3000			222	222	100	25
I SFR-1 1999-12-31, antal kollin	1079	56	618	24	56	292	68	28	2	124	732			403	0

Stuodsvik – normalkollin samt deponerade mängder i SFR 1999-12-31

	S.04	S.08	S.09	S.12	S.13	S.13:1	S.13:9	S.14	S.14:9	S.23	S.23:1	S.23:2
<b>Till försvarsdel</b>												
<b>Behållare</b>												
Järn/stål kg	77	350	77	1900	30	30	30	86	86	247	150	350
Järn/stål m <sup>2</sup>	5,5	26	5,5	104	7,1	7,8	7,8	10	10	17	5	17
Cellulosa kg				310				9,1	9,1			
Övr organiskt material kg												
<b>Avfall</b>												
Järn/stål kg				7400				74	74	113		113
Järn/stål m <sup>2</sup>				377				3,7	3,7	5,7		5,7
Aluminium/zink kg				500	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	3,8		3,8
Aluminium/zink m <sup>2</sup>				74	0,3	0,3	0,3	0,7	0,7	0,6		0,6
Cellulosa kg				800				7,9	7,9	98		98
Jonbytarmassa kg	65											
Bitumen kg												
Slam kg	***		5,0							3,8		3,8
Indunstarkoncentrat												
Övr organiskt material				400				4,0	4,0	139		139
<b>I SFR-1 1999-12-31, antal kollin</b>					<b>4368</b>			<b>(2268 / 69?)*</b>				

\* kan förekomma, men ingen slammängd inräknad i värdena för normalkollit

\*\* I SKB PM 99/15 (Prognos...) anges 2268 st i SFR. I SKB PM 00/03rev1 anges 69 st.