

# Radionuklidtransportberäkningar för SFR med uppdaterat inventarium från Studsvik

## 1 Bakgrund

Strålsäkerhetsmyndigheten, SSM, har i sin skrivelse till Svensk Kärnbränslehantering AB, SKB, daterad 2017-04-07 begärt förtydligande varför ett antal plåtfat i 2BMA inte tillskrivs något radioaktivt innehåll. Tidigare avsaknad av information om rivningsavfall från den kärntekniska anläggningen i Studsvik medförde att bland annat dessa plåtfat inte tillskrevs något radioaktivt innehåll (SKB 2015, avsnitt 4.2.4). Nu finns information tillgänglig om radioaktiviteten i allt rivningsavfall från Studsvik (Herschend 2017). I den nya prognosen är fördelningen av avfallet mellan olika avfallskollin omgjord och avfallet som tidigare avsågs placeras i plåtfat är placerat i andra avfallskollin. I föreliggande PM utreds därför effekten på doskonsekvens till följd av allt rivningsavfall från Studsvik enligt det uppdaterade radionuklidinventarium som redovisas i Herschend (2017). I tabell 1 nedan redovisas det radionuklidinventarium som användes i PSU (SKB 2015) samt det uppdaterade inventarium som använts i beräkningen som redovisas i föreliggande PM.

Radionuklidtransportberäkningar för SFR med uppdaterat inventarium från Studsvik

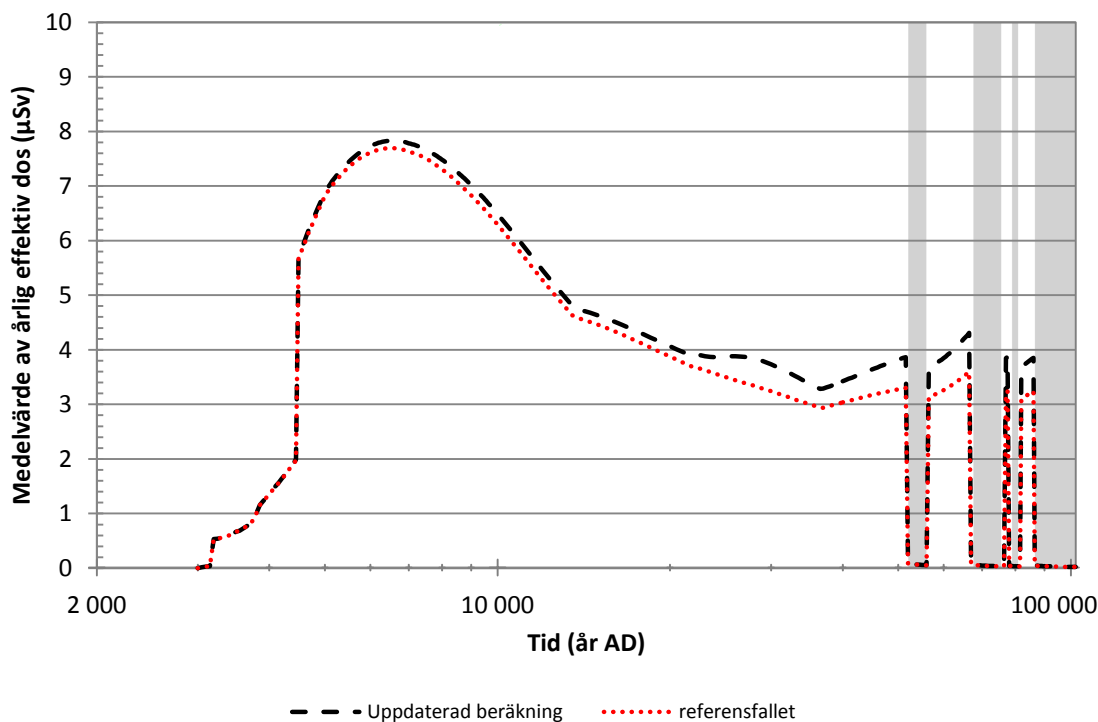
**Tabell 1. Radionuklidinventarium (Bq). Inventariet i SR-PSU (SKB 2015) är markerat med (PSU) och det uppdaterade inventariet med (Ny).**

Nuklid	2BMA (PSU)	2BMA (Ny)	2-5BLA (PSU)	2-5BLA (Ny)	SFR (PSU)	SFR (Ny)
H-3	3,31E+12	3,47E+12	1,94E+11	1,97E+11	3,52E+12	3,68E+12
Be-10	2,19E+04	2,19E+04	1,26E+03	0,00E+00	1,27E+06	1,27E+06
C-14-org	3,96E+09	3,96E+09	2,25E+08	2,25E+08	9,23E+11	9,23E+11
C-14-inorg	1,44E+10	1,62E+10	9,27E+08	9,28E+08	5,10E+12	5,10E+12
C-14-ind	5,09E+09	9,90E+09	1,19E+09	1,27E+09	1,65E+10	2,13E+10
Cl-36	2,02E+08	2,65E+08	4,60E+07	4,76E+07	1,54E+09	1,60E+09
Ca-41	1,56E+10	1,92E+10	3,91E+09	4,00E+09	1,95E+10	2,32E+10
Fe-55	1,05E+11	1,05E+11	4,45E+08	0,00E+00	2,91E+12	2,91E+12
Co-60	1,99E+12	1,99E+12	2,59E+10	0,00E+00	1,55E+13	1,55E+13
Ni-59	9,50E+11	1,00E+12	1,15E+10	1,18E+10	1,01E+13	1,02E+13
Ni-63	9,23E+13	9,65E+13	1,12E+12	1,14E+12	8,07E+14	8,11E+14
Se-79	7,29E+06	8,99E+06	5,94E+06	5,96E+06	1,31E+09	1,31E+09
Sr-90	3,60E+11	3,60E+11	2,40E+10	2,40E+10	4,66E+12	4,66E+12
Zr-93	1,06E+09	1,06E+09	2,95E+07	2,97E+07	6,19E+09	6,19E+09
Nb-93m	1,31E+13	1,31E+13	1,34E+11	1,35E+11	2,36E+13	2,36E+13
Nb-94	9,12E+10	9,12E+10	9,81E+08	9,83E+08	1,91E+11	1,91E+11
Mo-93	4,52E+09	4,91E+09	9,01E+07	9,03E+07	2,92E+10	2,96E+10
Tc-99	1,42E+09	1,44E+09	4,98E+08	5,48E+08	6,32E+10	6,33E+10
Pd-107	2,55E+09	2,55E+09	1,72E+06	1,72E+06	2,89E+09	2,89E+09
Ag-108m	4,06E+10	4,11E+10	1,53E+09	1,57E+09	2,97E+11	2,98E+11
Cd-113m	9,32E+07	9,47E+07	6,13E+06	6,14E+06	1,06E+10	1,06E+10
In-115	3,13E+05	3,13E+05	0,00E+00	0,00E+00	3,13E+05	3,13E+05
Sn-126	1,75E+07	1,75E+07	7,93E+06	7,93E+06	2,62E+08	2,62E+08
Sb-125	2,62E+08	2,62E+08	4,46E+06	0,00E+00	1,32E+11	1,32E+11
I-129	7,67E+06	7,67E+06	1,94E+06	1,94E+06	1,17E+09	1,17E+09
Cs-134	2,26E+08	2,26E+08	1,39E+06	0,00E+00	2,20E+11	2,20E+11
Cs-135	5,33E+07	5,33E+07	1,75E+08	1,75E+08	5,67E+09	5,67E+09
Cs-137	8,95E+11	8,96E+11	4,95E+11	4,95E+11	7,05E+13	7,06E+13
Ba-133	1,43E+08	1,43E+08	1,26E+07	1,26E+07	8,31E+08	8,31E+08
Pm-147	4,06E+08	4,06E+08	1,19E+06	0,00E+00	3,60E+11	3,60E+11
Sm-151	3,55E+10	4,11E+10	5,88E+09	5,99E+09	6,00E+11	6,06E+11
Eu-152	1,33E+11	1,79E+11	1,73E+10	1,80E+10	1,52E+11	1,98E+11
Eu-154	6,83E+09	7,43E+09	2,67E+08	0,00E+00	5,59E+11	5,59E+11
Eu-155	3,74E+08	3,75E+08	1,16E+07	0,00E+00	1,01E+11	1,01E+11
Ho-166m	5,22E+08	5,22E+08	9,03E+07	9,03E+07	9,10E+09	9,10E+09
U-232	1,46E+05	1,46E+05	9,35E+03	2,11E+04	8,96E+05	9,08E+05
U-234	3,04E+06	3,05E+06	4,38E+05	3,49E+07	4,75E+07	8,20E+07
U-235	7,82E+04	7,84E+04	3,23E+08	3,25E+08	6,57E+08	6,59E+08
U-236	6,00E+06	6,01E+06	2,06E+05	4,34E+05	2,59E+07	2,61E+07
U-238	1,23E+06	1,23E+06	1,77E+08	1,88E+08	9,52E+08	9,63E+08
Np-237	7,68E+06	7,69E+06	2,61E+05	3,71E+05	5,75E+08	5,75E+08
Pu-238	4,42E+10	4,42E+10	1,52E+09	1,53E+09	1,32E+11	1,32E+11
Pu-239	6,78E+09	6,78E+09	2,77E+08	2,78E+08	2,80E+10	2,80E+10
Pu-240	9,21E+09	9,22E+09	2,95E+08	2,96E+08	3,87E+10	3,87E+10
Pu-241	1,66E+11	1,66E+11	5,74E+09	5,80E+09	5,23E+11	5,23E+11
Pu-242	5,02E+07	5,02E+07	1,71E+06	1,72E+06	2,03E+08	2,03E+08
Am-241	4,12E+10	4,13E+10	1,94E+09	1,95E+09	2,32E+13	2,32E+13
Am-242m	1,83E+08	1,83E+08	4,84E+06	4,85E+06	5,79E+08	5,79E+08
Am-243	6,62E+08	6,63E+08	1,86E+07	1,87E+07	2,57E+09	2,57E+09
Cm-243	1,03E+08	1,03E+08	3,40E+06	3,40E+06	3,25E+08	3,25E+08
Cm-244	1,07E+10	1,07E+10	2,80E+08	2,80E+08	2,19E+10	2,20E+10
Cm-245	1,01E+07	1,01E+07	2,18E+05	2,18E+05	2,84E+07	2,84E+07
Cm-246	3,34E+06	3,34E+06	6,61E+04	6,61E+04	8,58E+06	8,58E+06

## 2 Dosberäkningar med uppdaterat radionuklidinventarium

Beräkningsfallet för global uppvärmning (SKB 2015) används här för att undersöka doseffekten med det **uppdaterade** radionuklidinventariet (Herschend 2017). Denna beräkning utgår från den beräkning som används i SR-PSU, men har korrigerats med avseende på fel som upptäckts efter publiceringen av SR-PSU och som redovisats i Åstrand et al. (2017a, b). Den korrigerade beräkningen benämns här **referensfallet**.

Figur 1 visar dosen över tid för hela SFR för fallet med uppdaterat radionuklidinventarium jämfört med referensfallet. Figuren visar att ökningen i dos för fallet med uppdaterat radionuklidinventarium är mycket liten i närheten av den tidpunkt när dosmax inträffar.



**Figur 1.** Jämförelse av doser över tid för fallet med uppdaterat radionuklidinventarium (svart streckad linje) och referensfallet (röd prickad linje).

Resultat från referensfallet visas i tabell 2. Tabell 3 visar doserna för beräkningen efter uppdatering av radionuklidinventariet.

Tabell 4 visar dos per radionuklid för hela SFR vid tidpunkten för maxdos samt totaldos. Den totala dosökningen vid tidpunkten för maxdos är ca 0,07  $\mu\text{Sv}$  jämfört med referensfallet. Eftersom Mo-93 är den radionuklid som ger klart störst bidrag till maxdosen (ca 58 %) ger den relativt lilla ökningen av inventariet för Mo-93 (ca 1 %) ändå störst utslag på förändringen i maxdos. Dostillskottet som beror på Mo-93 är ca 0,04  $\mu\text{Sv}$ . Cl-36 och Ca-41 ger ett dostillskott på omkring 0,01  $\mu\text{Sv}$  vardera.

Maxdosen för 2BMA ökar med ca 0,23  $\mu\text{Sv}$  eller ca 20 % (från 1,08  $\mu\text{Sv}$  till 1,31  $\mu\text{Sv}$ ) dominerad av Ca-41, vilket speglar ökningen i inventariet för Ca-41 i 2BMA som är ca 20 %. Maxdosen från 2BMA sammanfaller dock inte med maxdosen för hela SFR.

Maxdoserna för 2-5BLA ökar med ca 0,01  $\mu\text{Sv}$  vardera och inträffar något senare än i referensfallet. För alla BLA-salarna dominerar dosen av Ca-41.

Radionuklidtransportberäkningar för SFR med uppdaterat inventarium från Studsvik

**Tabell 2. Resultat från referensfallet (SKB 2015, Åstrand et al. 2017b). Tabellen visar maxdoser för individuella försvarsdelar som berörs av det uppdaterade radionuklidinventariet samt maxdos för hela SFR och deras korresponderande tidpunkter. DM = Jordbrukare på dikade myrar.**

Förvarsdel	Max årlig dos [µSv]	Tidpunkt [AD]	Biosfärsobjekt	Exponerad grupp	Mest signifikant radionuklid (%)
2BMA	1,08	28 500	157_1	DM	Ca-41 (56,6)
2BLA	0,11	21 000	157_1	DM	Ca-41 (39,1)
3BLA	0,10	6 050	157_2	DM	Mo-93 (43,3)
4BLA	0,12	20 000	157_1	DM	Ca-41 (39,9)
5BLA	0,13	22 500	157_1	DM	Ca-41 (34,8)
Total SFR	7,76	6 550	157_2	DM	Mo-93 (58,0)

**Tabell 3. Resultat från fallet med uppdaterat radionuklidinventarium. Tabellen visar maxdoser för individuella försvarsdelar som berörs av det uppdaterade radionuklidinventariet samt maxdos för hela SFR och deras korresponderande tidpunkter. DM = Jordbrukare på dikade myrar.**

Förvarsdel	Max årlig dos [µSv]	Tidpunkt [AD]	Biosfärsobjekt	Exponerad grupp	Mest signifikant radionuklid (%)
2BMA	1,31	29 000	157_1	DM	Ca-41 (58,9)
2BLA	0,12	23 000	157_1	DM	Ca-41 (36,0)
3BLA	0,11	17 000	157_1	DM	Ca-41 (43,9)
4BLA	0,13	21 000	157_1	DM	Ca-41 (37,9)
5BLA	0,14	23 500	157_1	DM	Ca-41 (32,7)
Total SFR	7,83	6 550	157_2	DM	Mo-93 (58,1)

**Tabell 4. Dos per radionuklid, för hela SFR vid tidpunkten för maxdos, för referensfallet och fallet med uppdaterat inventarium.**

	Mo-93	Cl-36	Ca-41	Totaldos
Referensfallet	4,51	0,26	0,22	7,76
Uppdaterat inventarium	4,55	0,27	0,23	7,83

### 3 Slutsatser

I den ursprungliga säkerhetsanalysen för SR-PSU ingick inte det radioaktiva innehållet i rivningsavfall från de kärntekniska anläggningarna i Studsvik på grund av avsaknad av information. En dosberäkning med uppdaterat radionuklidinventarium, där detta avfall ingår, visar på en ökning i den totala maxdosen till SFR med ungefär 1 % jämfört med den ursprungliga analysen (från 7,76  $\mu\text{Sv}$  till 7,83  $\mu\text{Sv}$ ). Maxdosen för 2BMA, som inträffar senare än maxdosen från hela SFR, ökar med ungefär 20 % (från 1,08  $\mu\text{Sv}$  till 1,31  $\mu\text{Sv}$ ).

### Referenser

**Herschend B, 2017.** SFR-avfall från rivning av kärntekniska anläggningar i Studsvik. SKBdoc 1599504 ver 1.0, Svensk Kärnbränslehantering AB.

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

**Åstrand P-G, Lindgren M, Ekström P-A, 2017a.** Corrected implementation of fracture model used for 1BMA and 2BMA in SR-PSU. SKBdoc 1585173 ver 1.0, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**Åstrand P-G, Lindgren M, Ekström P-A, 2017b.** Corrected waste volumes in radionuclide transport models used in SR-PSU. SKBdoc 1585177 ver 1.0, Svensk Kärnbränslehantering AB.