



## Minnesanteckningar från möte mellan SKB och SSM om kompletteringar inom område konsekvensanalys – biosfärsfrågor

### Närvarande

SKB: Eva Andersson, Rodolfo Avila (Facilia), Per-Anders Ekström (Facilia), Allan Hedin, Ulrik Kautsky, Tobias Lindborg, Sara Nordén, Peter Saetre, Helene Åhsberg  
SSM: Pål Andersson, Maria Nordén, Lena Sonnerfelt, Shulan Xu

### Lägesbeskrivning och syftet med mötet

SSM har skickat in begäran om förtydligande information och komplettering, av ansökan om slutförvaring av använt kärnbränsle och kärnavfall, till SKB inom område konsekvensanalys – biosfärsfrågor. Ett flertal förtydliganden och kompletteringar har inkommit till SSM. Vissa kompletteringar omfattar inte den information som SSM förväntade sig. För att förklara vilken information SSM önskar har SSM bjudit in SKB till detta möte. SKB har också önskat att SSM på mötet ska tydliggöra de kompletteringsbegäranden där SKB ännu inte skickat in kompletteringar. Det gäller framförallt kompletteringsbegäranden som rör effekter på andra organismer än människa.

Syftet med mötet är att:

- SSM närmare förklarar vissa av de kompletteringsbegäranden som skriftligt skickats in till SKB.
- SSM tydliggör de kompletteringsbegäranden som skickats in till SKB och där kompletteringarna ännu inte skickats till SSM. Framförallt kompletteringsbegäranden som rör effekter på andra organismer än människa.
- SSM och SKB för en fördjupad diskussion om SKB:s radionuklidmodell

### Genomgång av kompletteringsbegäranden inom området

SSM går snabbt igenom den lista med begäran om förtydligade information och kompletteringar som bifogats möteskallelsen. Som stöd för diskussionerna används listan (bilaga 1) och dokumentet ”SSM questions regarding calculations supporting LDF” (bilaga 2). I minnesanteckningarna har noteringar från mötet lagts till den ursprungliga listan.

### Diskussion om kompletteringsbegäranden och svar

Enligt SKB:s önskemål börjar SSM med att förtydliga de 6 frågor om effekter på andra organismer än människan som finns i begäran om kompletterande information daterad 2012-12-17. Se bilaga 1. En återkommande kommentar från SSM är att SSM för sin bedömning mot föreskriftskraven om effekter på andra organismer än människa behöver motiveringar till de antaganden SKB gör i ansökan. Noteringar finns i bilaga 1.



SSM informerade även om att en ny begäran om förtydligande information angående rapport TR-10-08 (Long term radiological effects on plants and animals of a deep geological repository) kommer att skickas till SKB under nästa vecka.

Efter diskussion om effekter på andra organismer än människa diskuterade vi igenom listan från början (begäran om förtydligande information 2012-04-04) till slut (begäran om komplettering 2013-02-11). I bilaga 1 finns noteringar från diskussionerna, bl.a. om SSM efterfrågar ytterligare information förutom de kompletteringar som inkommit.

SKB efterfrågade en prioriteringslista över kompletteringarna. För SSM är det viktigt att alla kompletteringar kommer in så snart som möjligt men följande komplettering är en direkt förutsättning för att SSM ska kunna fortsätta sin reproducering av SKB:s dosberäkningar: 3II a (daterad 2012-12-17) se notering i bilaga 1.

Som generell metod för SKB att skicka in ytterligare information till SSM kom vi överens om att SKB skickar in informationen utan ny skriftlig kompletteringsbegäran från SSM. SKB anger att de översänder ytterligare information till redan inskickad komplettering.

### **Fördjupad diskussion kring fråga 3 II och SKB:s ”Radionuclide Model**

Under denna del av mötet närvarade från SKB: Eva Andersson, Rodolfo Avila (Facilia), Per-Anders Ekström (Facilia), Ulrik Kautsky och Peter Saetre. Från SSM närvarade: Pål Andersson, Maria Nordén och Shulan Xu. SSM förklarade med stöd av bilaga 2 hur SSM uppfattar SKB:s radionuklidmodell.

SSM hade några detaljerade frågeställningar som SKB svarade på:

- När det gäller att SSM:s resultat har diskontinuiteter runt 3000 AD nämnde Facilia att problemet kan lösas genom att använda ett konstant värde för objekt 121\_3 i modelleringen istället för de steg ändrings värden som anges i SKB:s Excel-data-fil.
- SSM undrar hur ”switch” används. Tillämpas ”switch” på advektion men inte på diffusion? SKB hänvisar till beskrivning i rapport TR-10-06.

Vi kom överens om att SKB (via Helene Åhsberg) skickar in ytterligare information till 3II dvs den använda Ecogokoden med data.

Under diskussionen tog SSM upp att två av SSM:s konsulter som utför granskning inom område konsekvensanalys – biosfärsfrågor efterfrågat ett möte med SKB om kopplingen mellan ythydrologi och SKB:s dosmodell. SKB var positiva till ett sådant möte och vi kom överens om att i minnesanteckningarna eller så snart som möjligt föreslå några datum för ett sådant möte.

### **Övrigt**

Kommunikation mellan SKB och SSM ska gå via Helene Åhsberg och Lena Sonnerfelt. Undantag kan göras om Helene och Lena hålls informerade.

## Begäran om förtydliganden och kompletteringar - Radionuklidtransport och dosberäkningar samt effekter på andra organismer än människa

Nr	Begäran om förtydligande/komplettering från SSM	Förtydligande/Komplettering från SKB	Notering möte 2013-09-19
<b>Begäran om förtydligande information 2012-04-04</b>			
1	Begäran om förtydligande information kopplat till ansökan om ett slutförvar för använt kärnbränsle i Forsmark — distributed LDF I SKBs rapport (TR-10-50) Tabell 3-7 anges tre olika typer av LDF värden och refereras till SKBs rapport (TR-10-06), bl.a. distributed LDF. I Rapport TR-10-06 finns det ingen beskrivning av hur denna distributed LDF har tagits fram. SSM önskar ta del den fullständiga dokumentationen för distributed LDF.	<b>1.3 Förtydligande dokumentation</b> Som framgår av ovan citerade stycken användes liknande metodik som i SR-Can. Det betyder att: 1. För antal utströmningspunkter per objekt och tidsperiod utnyttjades informationen som finns i TR-10-05 kapitel 7 (Excelark bifogas som bilaga 1). 2. Totalt 1 Bq/y fördelades över alla objekt i proportion till antalet utströmningspunkter till respektive objekt. 3. Modellen beräknade för hela landskapet doskonverteringsfaktorn (LDF) i varje objekt över hela tidsperioden av en interglacial. 4. Det betyder att totala ackumulationen och eventuella nedströmsanrikningar tas hänsyn till. 5. För varje nuklid beräknas sedan den maximala LDF under hela denna tidsperiod. 6. Detta värde tabulerades i tabellen 3-7 i TR-10-50. De erhållna värdena användes som nämnts ovan inte för riskberäkningarna utan för illustration och som jämförelse med resultat från SR-Can.	SSM efterfrågar beskrivning av hur distributed LDF tas fram. SSM har fått det underlag som behövs och kan i princip räkna fram distributed LDF, men granskningen blir mer tidskrävande. SKB skickar in ytterligare information till SSM.
<b>Begäran om komplettering 2012-12-17– radionuklidtransport och dosberäkningar</b>			
1	Dokumentationen/Beskrivningen av följande frågor är antingen ofullständig eller saknas:	Modellen som används i SR-Site är baserad på den modell som beskrivs i Avila och Pröhl (2008) och använder samma ”specific activity”-lösning, med följande skillnader i tillämpningen:	SKB skickar in ytterligare analys som stöd till redan inskickad komplettering.
1a.	I LDF-rapporten TR-10-06 står det “In the case of C-14 the uptake by biota is modelled using a specific activity approach /Avila and Pröhl 2008?”. SSM har reproducerat LDF-beräkningar	<input type="checkbox"/> Vid modelleringen i Avila och Pröhl (2008) utgår man från att C-14 befinner sig i jämvikt, medan omsättning i atmosfär och vatten simuleras dynamiskt med en kompartmentmodell i SR-Site. Skillnaden i resultat är dock försumbar eftersom jämvikt inträder snabbt i förhållande till integrationstiden.	



	<p>med den Ecolego kod som ges i bilaga A i LDF-rapporten (Appendix A, Equations in the Radionuclide Model for the biosphere) och har genom denna granskning tolkat det som att modellering av kol-14 ingår i radionuklidmodellen. Men de modeller som presenteras i Avila och Pröhl (2008) och den modell som beskrivs i Bilaga A är inte identiska. SSM behöver en detaljerad beskrivning av den modell som används för beräkning av dos från kol-14 för att kunna granska denna del av SKB:s ansökan.</p>	<p><input type="checkbox"/> I Avila och Pröhl (2008) används vindhastigheten vid kronan, medan medelhastigheten i "mixed layer" används i SR-Site. Även i detta fall är skillnaderna försumbara i dosberäkningarna.</p> <p><input type="checkbox"/> I Avila och Pröhl (2008) antas all C-14 släppas ut både till atmosfären och till ytvattnet, medan utsläppet antas ske till nedre regoliten i SR-Site. Därefter bestämmer de hydrologiska förhållandena i SR-Site-modellen hur utsläppet fördelas mellan ytvattnet och atmosfären.</p>	
1b.	<p>SSM har identifierat skillnader mellan indata i referensen TR-10-07 till ansökan och indata i datafiler från SKB (SSM, 2012). Ett exempel är Kd för Ra-226 i det s.k. regolit lagret "regolow" som anges i TR-10-07 till 7,3 [m<sup>3</sup>/kg dw] och i datafilen ParametersES.xls från SKB (SSM, 2012) till 2,5 [m<sup>3</sup>/kg dw]. Ett annat exempel är att Kd-värdena för Ra-226 i de s.k. regolit Ter_rego_up, Ter_regoMid, Lake_regoup, Lake_regoMid, Sea_regoUp och Sea_regoMid anges till 2,3 [m<sup>3</sup>/kg dw] i TR-10-07 och i datafilen ParametersES.xls från SKB (SSM, 2012) till 2,5 [m<sup>3</sup>/kg dw]. SSM behöver en förklaring till skillnaderna. Varifrån kommer värdena i datafilen ParametersES.xls? Om fel värden har använts i SKB:s dosberäkningar behöver SSM en rättelse.</p>	<p>Alla beräkningar av LDF använde de data som finns i filen ParameterES.xls, vilka, förutom för Ra-226, också redovisas i Nordén et al. (2010). De värden som redovisas för Ra-226 i Nordén et al. (2010) (Kd-regolow, terrester regomid och regoup) användes för parametersäkerhetsanalysen. Detta är sent insamlade radiumdata från platsen, se stycke 3.2 i Nordén et al. (2010). Dessa data var inte tillgängliga vid LDF-beräkningen som användes för dosuppskattningen. Kd-värdet för radium som användes för LDF och dosberäkningarna (ParameterES.xls) kommer från IAEA (2010) som refereras i Nordén et al. (2010), men den noteringen föll bort i dokumentationen i Nordén et al. (2010). Detta kommer att rättas med erratablad till Nordén et al. (2010).</p> <p>En jämförelse med deterministiskt beräknat LDF för Ra-226, (dvs LDF beräknat med Kd-värdena i filen ParameterES.xls), med probabilistiskt beräknat LDF (dvs LDF beräknat med Kd-värdena i Nordén et al. (2010)), visas i figur 5-36 i Avila et al. (2010). Medianvärdet för den probabilistiska beräkningen sammanfaller i stort sett med det deterministiskt beräknade värdet under hela tidsperioden.</p>	<p>SKB skickar in ytterligare analys som stöd till redan inskickad komplettering.</p>
1c.	<p>SSM saknar motivering till antaganden som gäller transfer rate coefficients (TC) vilka beskrivs i LDF-rapporten TR-10-06. I figur A-1 (Appendix A, TR-10-06) finns TC 19 och TC 20 som är de TC som används för beräkning av</p>	<p>Alla relevanta exponeringsvägar ingår i dosberäkningarna i SR-Site. Det finns inga flöden mellan Water och terrestra Regolith Up efter att objektet (121_03) har bildats, eftersom detta objekt inte har något ytvatten då. Därför är TC19 och TC 20 lika med noll. I avsnitten 7.4 och 7.5 i Lindborg (2010) beskrivs landskapsutvecklingen, samt att ett fåtal objekt (t ex 121_03) inte genomgår sjöstadiet och blir terrestra utan vattendrag</p>	<p>SSM kommer att stämma av frågan med hjälp av den kod som SKB ska skicka in (se notering till</p>



	<p>flödet av radionuklider mellan modellbox Ter Regolith Up och Water. TC 19 och TC 20 blir noll pga de villkor som ansatts för dem och det innebär att det inte sker något utbyte mellan dessa två modellboxar i beräkningsfallet för objekt 121_03. Detta innebär i sin tur att radionuklider från den terrestriska delen leds direkt ut ur hela modelldomänen och konsekvenserna av utsläppen ingår inte i dosberäkningen. SSM tolkar detta som att vissa exponeringsvägar inte ingår i dosberäkningarna i SR-Site och att detta kan leda till en underskattning av den totala dosen. Därför behöver SSM en motivering till antagandena som gäller TC 19 och TC 20.</p>	<p>(sidan 209, punktsatsen Terrestrial stage). Följaktligen finns det ingen exponeringsväg med ytvatten som är relevant för det objektet.</p>	<p>fråga 3II a).</p>
1d.	<p>SSM saknar en härledning av Distributed LDF. SSM har skickat begäran om förtydligande information angående Distributed LDF till SKB tidigare och fått information om antal utströmningspunkter per objekt och tidsperiod i en Excel-fil. För att kunna granska/reproducera Distributed LDF behöver SSM emellertid LDF tidserier för biosfärsobjekten som ingår i beräkningen.</p>	<p>Efterfrågade dokument levereras separat i elektronisk form:</p> <ul style="list-style-type: none"><li><input type="checkbox"/> LDF.xlsx innehåller alla nuklider, objekt och tidpunkter</li><li><input type="checkbox"/> LDF_Ra226.xlsx innehåller Ra-226 och dess viktiga sönderfallprodukter i alla objekt och tidpunkter</li><li><input type="checkbox"/> LDF_Th230.xlsx innehåller Th-230 och dess viktiga sönderfallprodukter i alla objekt och tidpunkter</li><li><input type="checkbox"/> LDF_U238.xlsx innehåller U-238 och dess viktiga sönderfallprodukter i alla objekt och tidpunkter</li></ul>	<p>Se begäran om förtydligande information från 2012-04-04.</p>
1e.	<p>SSM saknar liksom Egan et al., (2012) en mer detaljerad redovisning av beräkningarna i avsnitt 5.2.1 i TR-10-06 om "Disregarding contamination from upstream biosphere objects". Vilka antaganden ligger t.ex. bakom dosberäkningarna i Figur 5-32? Vid val av exponeringsvägar, har hänsyn tagits till kombinationer av flera biosfärsobjekt?</p>	<p>LDF beräknades separat för varje objekt för ett konstant flöde av 1 Bq/år under hela simuleringstiden med antagandet att objektet utnyttjas maximalt av människan hela tidsperioden. Det maximala värdet av LDF från alla objekt och tidsperioder användes sedan som LDF i SR-Site för riskberäkningen. Nedströmsobjekt togs inte med eftersom det antas att individer som exponeras i dessa erhåller lägre eller lika stora doser. Antagandet testades i osäkerhetsanalysen, se avsnitt 5.2.1 i Avila et al. (2010), vilken visade att antagandet är giltigt.</p> <p>I osäkerhetsanalysen som redovisas i avsnitt 5.2.1 i Avila et al. (2010), beskrivs att 1 Bq/år släpptes i objekt 136 under hela interglacialen. LDF beräknades för objekt 136 och</p>	<p>SSM är nöjda med kompletteringen.</p>



		alla nedströms objekt (se figur 5-32 för kedjan för objekt 136, och figur 3-2 för alla kedjor). Figur 5-32 visar att LDF alltid är högre (ca 10 ggr) för objekt 136 jämfört med objekten nedströms i kedjan. Resultaten visas för den längsta kedjan. Liknade resultat erhöles för alla kedjor. Denna analys visar således att de högsta doserna konsekvent erhöles i det objekt utsläppet sker till inom respektive kedja. I analysen antas ju vidare att en individ får alla sina livsmedelsbehov tillgodosedda från just det objekt utsläppet sker till. Därmed leder en försörjning från flera objekt alltid till lägre doser än den som orsakas av försörjning enbart från objektet som ger högst dos.	
2.	SSM delar de synpunkter som uttrycks i Kirchner (2012) om att det i LDF-rapport TR-10-06 saknas diskussion om och förklaring till de förlopp som visas i rapportens figurer. SSM behöver kompletterande information om de processer som påverkar utvecklingen av LDF värden. Till exempel saknas en förklaring till de jämförelsevis snabba förändringarna för LDF för Ra-226 i figur 5-1 (TR-10-06) och en diskussion kring vilket/vilka objekt som orsakar den snabba förändringen av aktivitetskoncentration för Ra-226 och I-129 i ytvatten som visas i figur 3-5 (TR-10-06).	This Memo provides a response to question 2 in SSM's request for additional information regarding radionuclide transport and dose (SSM reference no SSM2011-2426-92). Section 2 provides an explanation for the relative fast changes of LDF for Ra-226 shown in Figure 5-1 (Avila et al. 2010) and Section 3 gives an explanation for the fast changes of activity concentration of Ra-226 and I-129 in surface water shown in Figure 3-5 (Avila et al. 2010). Both these issues are explicitly mentioned in SSM's request.  SKBdoc id 1397007	SKB skickar in ytterligare information till SSM.
3l)  3l)a.	SSM saknar verifiering av använda modeller och beräkningskoder och menar att det inte räcker med den allmänna beskrivning av t.ex. exponeringsvägar som ges i LDF-rapport TR-10-06. För att kunna granska behöver SSM detaljerade beskrivningar av exponeringsvägar och motiveringar till varför vissa exponeringsvägar ingår i SR-Site och andra inte. I granskningen har SSM identifierat följande två frågor där motivering saknas:  Dosberäkningen i SR-Site bygger på fördelning av intag av olika livsmedel baserat på produktion	I avsnitt 3.2.3 i Avila et al. (2010), sista meningen i tredje stycket står: "When agriculture is possible, it is deemed equally likely that the wetland is used for production of natural food stuffs, cereals, root crops, vegetables or fodder for beef and dairy production." Det betyder att foder samt naturlig produktion kan användas till fler födoslag (mjölk, kött respektive svamp, bär, jakt), men att arealen, dvs ett objekts landyta, (i interglacialberäkningen) är uppdelad på 5 lika sannolika delar för produktion av mat (därav 20%-indelningen):  <ol style="list-style-type: none"><li>1) Odling av spannmål (cereal)</li><li>2) Odling av rotfrukter (roots)</li><li>3) Odling av grönsaker (vegetable)</li><li>4) Odling av djurfoder (fodder), används sedan till att föda boskap och ger kontaminerad mjölk och kött</li></ol>	Under mötet framhöll Facilia att en osäkerhetsanalys för markanvändning och produktivitet av olika typer av livsmedel har utförts och finns i TR-10-06. Efter mötet läste SSM detta men menar att osäkerhetsanalysen visas som



	<p>av olika livsmedel på en viss plats. Enligt de ekvationer för livsmedelsproduktion som anges som Ecolegokod i bilaga A (Appendix A, Equations in the Radionuclide Model for the biosphere) i LDF-rapport TR-10-06 har alla de olika livsmedelskategorier som produceras på den terrestriska delen tilldelats samma storlek på området för produktionen av den totala terrestriska arean. Varje kategori av livsmedel har tilldelats 20 procent av den totala terrestriska arean. Emellertid är det totala antalet livsmedelskategorier mer än fem. Det är inte klart för SSM om detta är ett medvetet antagande av SKB eller ett misstag. Om det är ett medvetet antagande saknar SSM en motivering. Om det är ett misstag begär SSM en rättelse.</p>	<p>5) Opåverkad del, används sedan till jakt och till att plocka kontaminerade svampar och bär</p>	<p>normalfördelningar med två storleksordningar i varians. SSM behöver veta kombinationen av parametrar som kan leda till maximal dos för att kunna göra en bedömning av om en kombination är rimlig eller inte. Sammanfattningsvis behöver SSM mellanresultat från dosberäkningar.</p>
3I)b.	<p>SSM saknar också en motivering till varför förbränning av torv för energiproduktion inte ingår som exponeringsväg i SR-Site. I den tidigare preliminära säkerhetsanalysen bedömdes den av SKB som en viktig exponeringsväg (TR-99-14).</p>	<p>Svar kommer att lämnas i december 2013.</p>	<p>SKB behöver ingen ytterligare information för att svara på frågan.</p>
3II)	<p>Under granskningen har SSM också identifierat frågor som rör de två koderna Pandora och Ecolego. I LDF-rapporten TR-10-06 nämns det att dessa två koder används för modellering av biosfären och för dosberäkningar. Ecolegokoden finns beskriven i bilaga A (Appendix A, Equations in the Radionuclide Model for the biosphere) till LDF rapporten. I LDF-rapporten står också "A comparison of the numerical integration of the model with Ecolego and Pandora was performed by repeating the</p>	<p>För beräkningarna av LDF som används för riskuppskattningarna i SR-Site har PANDORA använts och det är de resultaten som används i riskberäkningarna i SR-Site. Samtliga beräkningar har verifierats med ECOLEGO som i stort sett visar överensstämmande resultat.</p> <p>De inkonsekvenser som SSM observerar vid övergången från hav till land kan inte SKB reproducera vare sig med PANDORA eller med ECOLEGO, trots att den version av ECOLEGO som SSM hänvisar till har använts. Det kan bero på SSM:s specifika implementering av koden. SKB kan bistå med att härleda eventuella avvikelser från SKB:s implementering.</p>	<p>SKB skickar in den aktuella kod som används i SR-Site till SSM.</p>



3II)a.	<p>deterministic simulation for derivation of LDF values in Ecolego and comparing with the values obtained with Pandora. For all radionuclides and biosphere objects the LDF obtained with both tools were practically identical, with observed differences of less than 1%.”. SSM har reproducerat beräkningen av LDF med Ecolegokoden i bilaga A. SSM upptäckte inkonsekvenser mellan resultat från beskrivningen av Ecolegokoden och de presenterade resultaten i LDF-rapporten. Två exempel ges nedan.</p> <p>I Figur 1 (Bilaga 1) visas SSM:s resultat för Ra-226 och I-129. Beräkningarna är gjorda enligt Ecolegokoden i Bilaga A i LDF-rapporten. SSM:s resultat är kompatibla med SKB:s resultat som visas i Figur 2 (Bilaga 1) förutom att SSM:s resultat har diskontinuiteter runt 3000 AD. SSM:s tolkning av diskontinuiteterna är att det finns vissa inkonsekvenser mellan tidsberoende funktioner och parametrar som införts i modelleringen och som ger en orealistiskt hög transfereringshastighet under en relativt kort tidsperiod. Den tidsserie för LDF som anges i LDF rapporten har inte några sådana diskontinuiteter och därför ställer sig SSM frågande till om de resultat som presenteras i LDF-rapporten baseras på beräkning med Ecolegokod. SSM saknar en verifiering av de två koderna.</p>	(SKB har i brev med SKBdoc id 1378416 angivit att ovanstående fråga skulle besvaras först i juni 2013, men en noggrannare analys av frågeställning ledde till att den kunde besvaras redan i april 2013.)	
3II)b.	I LDF-rapporten står det “Exposure from contaminated drinking water is considered from the point in time when a biosphere object has	På sida 136 i Avila et al. (2010) anges ekvationen för dricksvattenskoncentrationen (conc_WATER, Bq/m3). I ekvationen finns ett villkor (have_water) som anger ifall det finns ytvatten i objektet. Om så är fallet används medelkoncentrationen av yt- och	SSM är nöjda med kompletteringen efter muntligt förtydligade





	<p>emerged from the sea. Livestock are assumed to consume water from the same sources as human inhabitants, i.e. equal water contributions from surface water and a drilled well.”. SSM har dock upptäckt att Ecolegos modellbeskrivning för beräkning av doser vid intag av dricksvatten enbart tar hänsyn till dricksvatten från borrhållsbrunn. SSM kan heller inte se att hänsyn tas till att invånare under havsperioden eventuellt kan få intag av kontaminerat grundvatten via en brunn. SSM behöver ett klagörande och kompletterande information om modellbeskrivningen.</p>	<p>brunnsvatten, om objektet saknar ytvatten tillgodoses behovet av dricksvatten hos objektets invånare med enbart brunnsvatten. Eftersom maximalt LDF används för dosberäkningen kommer alltid det objekt, alternativt möjlig brunn, som ger den högsta LDF föras vidare i beräkningen, dvs om det finns land i området kommer det objektet i allmänhet att ge högre LDF än havet vid motsvarande tidsperiod.</p>	<p>av SKB.</p>
<b>Begäran om komplettering 2012-12-17 -effekter på andra organismer än människa</b>			
1	<p>Trettiosju radionuklider ingår i analysen av dos till växter och djur (TR-10-08, p14). Detta är något färre än de 40 radionuklider för vilka LDF-värden är rapporterade (TR-10-06), de 42 radionuklider för vilka LDF-värden rapporteras ha blivit framtagna (TR-10-06, p14) och de 45 radionuklider som valts ut att inkluderas i transportberäkningar (TR-10-50, p 269). SKB rapporterar i TR-10-08 att tre radionuklider (Pd-107, Ac-227 och Pa-231), vilka ingår i dosberäkningar för människa inte ingår i utvärderingen av effekter på andra arter. Anledningen till att de inte ingår anges vara brist på upptagsdata (CR-värden). Då dessa radionuklider av SKB anses motiverade att tas med för dosberäkningar till människa anser SSM att de också bör hanteras i konsekvensanalysen för andra arter. Endera genom att konservativt ansätta värden för transferparametrar, vilket SKB i viss utsträckning redan torde ha gjort då SKB har inkluderat dem i beräkningar för människa,</p>	<p>Svar kommer att lämnas i december 2013.</p>	<p>SKB och SSM hade samsyn om vad som efterfrågades och SKB avser komma in med svar i december 2013.</p>



	eller genom att tydligt motivera varför de tre radionukliderna inte behöver inkluderas i analysen.		
2	<p>SKB:s redovisning av doser till organismer av olika typer (referensorganismer, representativa organismer och medelorganismer) inkluderar enligt ovan totalt 37 olika radionuklider. Den totala dosrat som rapporteras för varje organism är dock inte summan av dosen från alla dessa 37 radionuklider, utan summan av de radionuklider för vilka det finns transfervärden tillgängliga för just den organismen. Detta innebär att det blir svårt att tolka betydelsen av den rapporterade dosraten, speciellt i de fall där radionuklider fattas vilka dominerar dosbidraget för andra organismer. I de fall data fattas torde det finnas metoder att ansätta konservativa parametervärden för att möjliggöra en komplett redovisning. SSM anser därför att SKB bör redovisa den totala dosraten från samtliga i analysen ingående radionuklider. Detta bör göras för de organismer som bedöms nödvändiga att ingå i redovisningen för att föreskriftskravet om redovisning av miljöeffekter ska vara uppfyllt.</p>	Svar kommer att lämnas i december 2013.	SKB och SSM hade samsyn om vad som efterfrågades och SKB avser komma in med svar i december 2013.
3	<p>SKB redovisar ett stort antal arter i grupperna rödlistade organismer, nyckelorganismer och ekonomiskt viktiga organismer. I de flesta fall genomförs dock ingen specifik analys i ERICA Tool för dessa arter. SKB anger vilka av de referensorganismer och/eller representativa organismer som ingår i analysen som är mest lika de utvalda arterna. Men det förs inget resonemang kring hur väl dessa referensorganismer eller representativa arter kan</p>	Svar kommer att lämnas i december 2013.	SKB och SSM hade samsyn om vad som efterfrågades och SKB avser komma in med svar i december 2013.



	<p>anses representera de utvalda särskilt skyddsvärda arterna. SSM anser att SKB tydligt bör redogöra för hur arter utvalda som speciellt skyddsvärda är utvärderade i ERICATool och motivera de parametervärden som är ansatta, t ex att en viss referensorganism kan anses tillräckligt lik för att direkt kunna utgöra modellorganism i utvärderingen. Hur har t ex gölgröda hanterats i analysen; är det resultaten för referensgroda som används även för gölgröda, hur skiljer sig gölgröda från referensgroda, vilken betydelse kan dessa skillnader ha?</p>		
4	<p>SKB:s analys av effekter på växter och djur omfattar dagens biosfärsförhållanden. Av de allmänna råden till föreskriften SSMFS2008:37 framgår att ”för antagna klimat där dagens biosfärsförhållanden är uppenbart orimliga, t.ex. ett kallare klimat med permafrost, är det tillräckligt att göra en översiktlig analys baserad på idag tillgängliga kunskaper om tillämpliga ekosystem”. SSM anser därför att SKB bör komplettera ansökan med en sådan analys.</p>	<p>Svar kommer att lämnas i december 2013.</p>	<p>SKB och SSM hade samsyn om vad som efterfrågades och SKB avser komma in med svar i december 2013.</p>
5	<p>Uppskattningen av exponering av växter och djur som ingår i SR-Site utgår från de halter i mark och vatten som beräknas uppstå vid ett kontinuerligt läckage från en skadad kapsel. Efter ett kapselbrott kommer dock en del av vissa radionuklider vara omedelbart tillgängliga för transport till biosfären, och det blir ett så kallat pulsutsläpp. Även om exponeringskonsekvenserna av ett pulsutsläpp är övergående, kan det ändå vara frågan om tusentals år som påverkan kvarstår. SSM anser att SKB bör komplettera ansökan med en bedömning av</p>	<p>Svar kommer att lämnas i december 2013.</p>	<p>SKB och SSM hade samsyn om vad som efterfrågades och SKB avser komma in med svar i december 2013.</p>



	betydelsen av pulsutsläpp vad avser exponering av växter och djur.		
6	<p>SKB använder ERICA Tool i sin bedömning av exponering av växter och djur. I det verktyget ingår ett antal referensorganismer som tillsammans täcker in ett brett spann organismtyper. I analysen utelämnar SKB ett par referensorganismer med hänvisning till att de saknas i området (havssköldpaddor och havsanemoner). SKB utelämnar även fågelägg trots att sådana förekommer i området. Fågelägg är inkluderade bland ERICA Tools referensorganismer bl.a. för att i; de är utsatta för markstrålning om boet är beläget på marken, ii; vissa radionuklider kan ackumuleras i skalet, och iii; aktivitetskoncentrationen i äggets innehåll kan i vissa fall vara mycket högre än i fågelköttet (Strand et al.,2001). SSM anser därför att SKB bör komplettera ansökan med en utvärdering även av fågelägg, eller en tydlig motivering av varför en sådan inte bedöms nödvändig.</p>	Svar kommer att lämnas i december 2013.	SKB och SSM hade samsyn om vad som efterfrågades och SKB avser komma in med svar i december 2013.
<b>Begäran om förtydligande information 2013-01-18</b>			
1	<p>I SKB rapport TR-11-01 s.54 anges "All conclusions from the review have been considered in detail in the preparation of this report. This is in accordance with the QA procedures for SR-Site. These require that findings in regulatory reviews of previous assessments are considered. The review findings have been used to identify a large number of items that are addressed in a structured way in the SR-Site assessment. The documentation of these items and their handling in SR-Site forms part of the project documentation and is made</p>	<p>Det efterfrågade dokumentet utlämnades på begäran av NEA:s granskningsgrupp till SSM för vidarebefordran till NEA. SKB bifogar dokumentet med detta brev men dokumentet finns även på: <a href="http://www.stralsakerhetsmyndigheten.se/PageFiles/8187/SKB%20answers%20to%20the%20second%20peer%20review%20questions%20complementary.pdf">http://www.stralsakerhetsmyndigheten.se/PageFiles/8187/SKB%20answers%20to%20the%20second%20peer%20review%20questions%20complementary.pdf</a></p>	SSM behöver ingen ytterligare förtydligande information.



	<p>available to reviewing authorities on request, but is not issued as an SKB report.”</p> <p>SSM önskar få tillgång till ovan specificerade dokumentation om myndighetens tidigare granskningskommentarer, de frågeställningar de föranlett och hur frågeställningarna behandlats i SR-Site.</p>		
<b>Begäran om komplettering 2013-02-11– radionuklidtransport och dosberäkningar</b>			
1a)	<p>Enligt SSM:s allmänna råd till SSMFS 2008:37, Bilaga 1 bör en probabilistisk beräkning kompletteras med en beräkning av risk genom att beräkna risken för de individer som antas leva efter att ett pulsutsläpp har inträffat och som påverkas av dess beräknade maximala konsekvens. SKB konstaterar i TR-10-50, sid 65 att ett pulsutsläpp av lättillgängliga radionuklider (IRF) ger ett försumbart bidrag till den probabilistiskt beräknade genomsnittliga dosen. SKB har också gjort en deterministisk beräkning för det centrala korrosionsfallet och resultatet visas i figur 4-3 i TR-10-50, men SSM anser att SKB inte helt tagit hänsyn till pulsutsläpp på grund av IRF i denna beräkning. Mot bakgrund av ovanstående önskar SSM att SKB kompletterat gällande beräkningar med deterministiska beräkningar inklusive alla IRF pulsutsläpp (inte separat analys) för att visa på effekterna av riskspridning mellan framtida generationer i ett integrerat system, dvs ett system som inkluderar utsläpp från närområdet, transporter genom fjärrområdet och input till biosfärmodellen.</p>	<p>SKB avser att lämna svar på frågorna i december 2013.</p>	<p>SKB och SSM hade samsyn om vad som efterfrågades och SKB avser komma in med svar i december 2013.</p>
1b)	<p>Det finns två sidor i TR-11-01 om den potentiella transporten av radionuklider i gasfas. En enkel</p>	<p>SKB avser att lämna svar på frågorna i december 2013.</p>	<p>SKB behöver ingen ytterligare</p>



<p>modell för gasutsläpp från en kapsel direkt till biosfären antas. Beräkningen av gasutsläpp hänvisar till tidigare arbeten i SR-Can (R-06-81 och R-06-82). Granskning av båda dessa rapporter har gett upphov till flera frågor från SSM och dess konsulter (Little m. fl., 2012 och Benke och LaPlante, 2012).</p> <ul style="list-style-type: none"><li><input type="checkbox"/> De presenterade beräkningarna för gasutsläpp inkluderar endast C-14 och Rn-222, ingen motivering ges för att utesluta Cl-36, Se-79 och I-129 (som kan förekomma i gasform) från beräkningarna. SSM önskar få en motivering till varför dessa radionuklider har uteslutits.</li><li><input type="checkbox"/> SSM:s konsult beräknade fram ett annat inventarium av Rn-222 och C-14 än det som SKB använder i beräkningar av gasutsläpp (Little m.fl., 2012). SSM önskar en detaljerad härledning av det inventarium som använts i beräkningarna. Vidare antar SKB att det vid kapselbrott omedelbart frigörs 50% av C-14 och Rn-222 inventariet till biosfären. SSM önskar få en motivering till antagandet om 50%.</li><li><input type="checkbox"/> Rapporteringen av effektiv dos för C-14 och Rn-222 i samma beräkning av pulsutsläpp är inte konsekvent. I följande tabeller finns olika värden redovisade; tabell 13-11 i TR-11-01, tabell 8-10 i R-06-82 och tabellerna 7-2 och 7-3 i R-06-81. SSM önskar en uppdaterad redovisning av effektiv dos för C-14 och Rn-222.</li><li><input type="checkbox"/> För att uppskatta dos från intag av C-14 använder SKB en modifierad specifik aktivitetsmodell. I beräkningen används ett omblandningsskikt på 20 m. En liknande modell med ett omblandningsskikt på 10 m har använts i</li></ul>		information för att svara på frågan.
---	--	--------------------------------------



	<p>säkerhetsanalysen SAR-08 (Avila och Pröhl, 2008). Denna modell ingick i en modelljämförelse inom BIOPROTA (Limer m.fl., 2011). I en workshop-rapport anger SKB att "...previous work within BIOPROTA indicated a large variability in modelled C-14 concentrations from the different model approaches applied with that of SKB being in the lower end of the range." (BIOPROTA, 2012). SSM önskar att SKB motiverar valet av den C-14 modell som används i SR-Site.</p> <p><input type="checkbox"/> I konsultrapporterna Benke och LaPlante, 2012 och Little m. fl., 2012 efterfrågas referenser till de parametrar som används vid beräkningen av inhalationsdos i R-06-81. SSM önskar att SKB tillhandahåller dessa referenser.</p>		
2a)	<p>Den radiologiska konsekvensen av att radon läcker ut efter ett kapselbrott beräknas i SR-Site utifrån ett pulsutsläpp av det radon som finns i kapseln vid tiden för kapselbrottet (TR-11-01, avsnitt 13.8, tabell 13-11). Vad som inte verkar ha beaktats i analysen är att radonets egenskaper som ädelgas kan innebära att utsläpp från kapseln av radon, och därmed radonets dotternuklider, efter det initiala pulsutsläppet inte behöver vara begränsat av bränslematrisens upplösningshastighet. Det skulle kunna innebära att läckage av radonets dotterprodukt Pb-210 från kapseln och dess närområde kan vara högre än vad som uppskattas utifrån bränsleupplösningshastigheten (Pensado, 2012). SSM önskar därför att SKB utvärderar betydelsen av ett sådant potentiellt radonburet tillskott till utsläppet av Pb-210, eller tydligt</p>	SKB avser att lämna svar på frågorna i december 2013.	SKB anger att de i svaret kommer att inkludera radon.



	motiverar varför en sådan utvärdering inte är nödvändig och varför denna process inte behöver inkluderas i dosuppskattningen.		
2b)	<p>I SKB:s transportberäkningar förenklas sönderfallskedjorna så att Ra- 226 direkt sönderfaller till Pb-210 utan att radon hanteras (TR-10-50, figur D-11). Radon är en lätttrörlig ädelgas och skulle potentiellt kunna påverka transporten genom geosfären och biosfären av nuklider längre ned i samma sönderfallskedja. Ra-226 transporteras hela vägen från kapseln till biosfären, och sönderfaller således till radon längs hela denna transportväg. Sönderfallet går vidare till Pb-210 som också bidrar till dosen. Om radonets transporthastighet är avsevärt snabbare än den för Pb-210 innebär detta att Pb-210 snabbare når biosfären och att dosen kan bli högre jämfört med om beräkningarna inte inkluderar radon i sönderfallskedjan. SSM önskar därför att SKB utvärderar betydelsen av att inte inkludera radon i sönderfallskedjan som ligger till grund för transportberäkningarna och om nödvändigt kompletterar dosberäkningarna med resultat från beräkningar där radon har inkluderats.</p>	SKB avser att lämna svar på frågorna i december 2013.	SKB behöver ingen ytterligare information för att svara på frågan.
2c)	<p>Dosen från radon beräknas i SR-Site som inandningsdos från det pulsutsläpp som sker i samband med ett kapselbrott (se ovan). Efter ett kapselbrott förekommer radon även långsiktigt i grundvattnet till följd av sönderfall av Ra-226, vilket kan bidra till dosen t.ex. för den som dricker vatten från en borrhållsbrunn. Inandningsdos för detta radon är uttryckligen inte inkluderat i beräkningen av LDF för Ra-226</p>	SKB avser att lämna svar på frågorna i december 2013.	SKB behöver ingen ytterligare information för att svara på frågan.





	<p>(TR-10-06, sid 58), och det finns inget separat LDF-värde angivet för radon i TR-10-06. Det framgår inte tydligt om intag av radon i dricksvatten är inkluderat i LDF för Ra-226 eller inte (se appendix 2 i Benke och LaPlante (2012) för hänvisningar till oklarhet kring detta). Eftersom aktivitetskoncentrationen av radon i grundvattnet kan skilja sig väsentligt från den för Ra-226, så bör dosen från radon i grundvattnet beräknas explicit. SSM önskar därför att SKB kompletterar ansökan med beräkningar av doser som kan orsakas av förekomsten av radon från slutförvaret i vatten från en borrhållsbrunn (intag av radonhaltigt vatten samt inandning av radon som avgått från vattnet till inomhusluften), eller tydligt motiverar varför sådana beräkningar inte är nödvändiga.</p>		
3	<p>SKB:s egna analyser visar att utsläppsarean i allmänhet är mycket mindre än arean av det biosfärsobjekt där utsläppspunkten ligger (Lindborg, 2010, s. 168). SSM behöver en kompletterande analys av betydelsen av att biosfärsobjekten antas vara homogent kontaminerade trots att utsläppspunkterna kan vara begränsade till endast en liten del av objekten, dvs. i vilken utsträckning rumslik utspädning kan förekomma.</p>	<p>SKB avser att lämna svar på frågorna i december 2013.</p>	<p>SKB behöver ingen ytterligare information för att svara på frågan.</p>



# SSM questions regarding calculations supporting LDF

## SSM's understanding of SKB's Radionuclide Model

In SR-Site Radionuclide Models are used to describe biosphere objects that may potentially be affected by radionuclide releases from a future repository. Unlike SKB's earlier safety assessment the Radionuclide Model is used to address the radionuclide transport and accumulation in all kinds of biosphere objects using the same structure with 10 compartments. SKB's conceptual representation of the Radionuclide Model for biosphere objects is shown in Fig. 1 and the labeled numbers represent transfer rate coefficients between compartments.

SSM understand the description of the Radionuclide Model in the LDF report (Avila et al., 2010) as follows. The Radionuclide Model has two parts, one aquatic and one terrestrial, described by traditional compartments. With this general structure it is possible to model continuous development in time of biosphere objects. The temporal development of an object is handled by varying the sizes and properties of these two parts in accordance with the simulated development of the specific biosphere object through four main stages, namely sea stage, transitional stage, lake stage and terrestrial stage.

Radionuclides released to the lower regolith compartment are distributed to the upper layer compartments by different major transport processes. Once the activity concentrations in different environmental media are determined they are used to calculate doses to humans, i.e., to derive LDF values.

Descriptions or illustrations of development (the four stages mentioned above) for each biosphere object are not explicitly given except the model description generated by Ecolego in Appendix A of the LDF report and input data required from SKB (SSM, 2012). The basic LDFs are obtained by simulations for each separate biosphere object and the maximum LDF, across all biosphere objects, are selected for use in the SR-Site assessments.

## SSM's questions in connection to SKB's Radionuclide Model

SSM selected object 121\_03 as a check point for reproducing LDF values. The Radionuclide Model was implemented in the numerical software Ecolego simply by writing the model description generated by Ecolego in Appendix A of the LDF report back to the Ecolego again. Input parameters to the Radionuclide Model for each biosphere object are approximately 145. Since one third of the parameters are either radionuclide dependent or time dependent, in total, approximately 2000 input parameter values are required for modeling one biosphere object. 40 radionuclides are included in the reproducing calculations.

SSM's attempt to understand the Radionuclide Model conceptually and the reproduction of LDF values have generated several questions. Below are examples where SSM need answers or clarifications.

### 1. TC 12

The transfer rate coefficient 12 is the backflow from the upper regolith layer in the aquatic part of the Radionuclide Model (Aqu Regolith Up) to the mid regolith layer in the aquatic part (Aqu Regolith Mid). TC 12 is not like TC 9 (the inflow to Aqu Regolith Up from Aqu Regolith Mid) controlled by the time dependent function `have_water`.

$$TC^j = \frac{area\_subcatch \cdot runoff \cdot Aqu\_adv\_mid\_up\_norm}{Aqu\_area\_object \cdot Aqu\_z\_regoUp \cdot Aqu\_poro\_regoUp \cdot R^j\_Aqu\_regoUp}$$

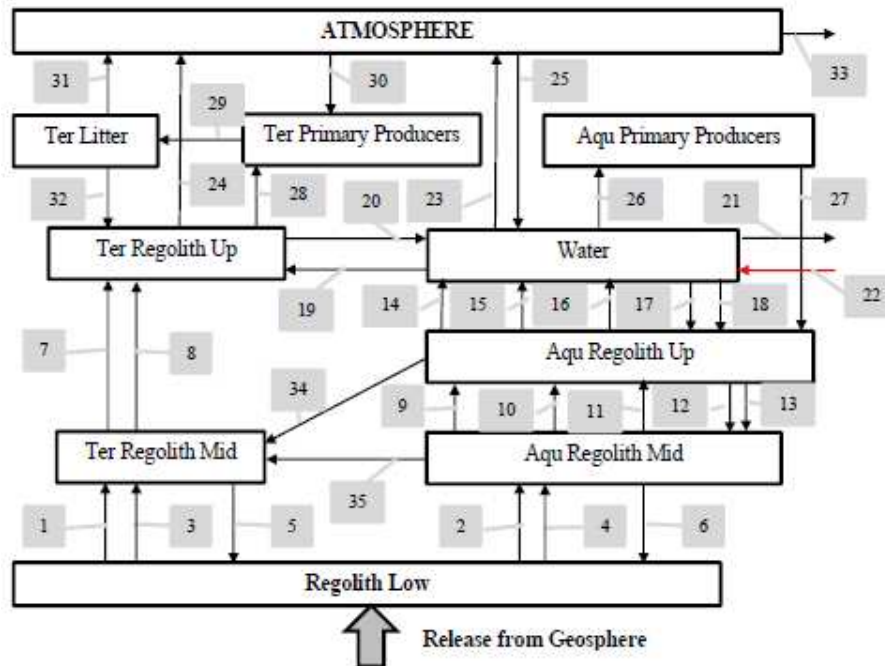
(1)

Aqu\_adv\_mid\_up\_norm is further defined as

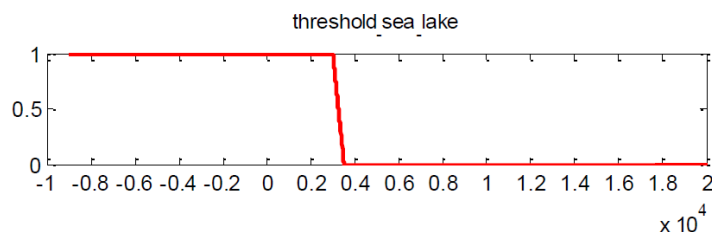
$$Aqu\_adv\_mid\_up\_norm = Lake\_Aqu\_adv\_mid\_up\_norm \cdot (1 - threshold\_sea\_lake)$$

(2)

in which Lake\_Aqu\_adv\_mid\_up\_norm is 0.64 and threshold\_sea\_lake is a time dependent function as shown in Fig. 2:



**Figure 1** Conceptual representation of the Radionuclide Model for the biosphere. The boxes represent model compartments and the black arrows represent radionuclide fluxes calculated with Transfer Rate Coefficients. The red arrow represents inflows with surface waters from adjacent biosphere objects (after TR-10-06, p.100).



**Figure 2** The parameter threshold\_sea\_lake as a function of time: 1 during the sea period, 0 during the terrestrial period and linearly decreasing from 1 to 0 between threshold\_start and threshold\_stop.

This means that Aqu\_adv\_mid\_up\_norm is zero before 3000 years AD and 0.64 after 3500 years AD with a linear increase between 3000 – 3500 years AD. In Fig. 3 (Upper diagram) TC 12 for I-129 is shown. Is this TC correctly implemented in Appendix A of the LDF report?

## 2. TC 14

TC 14 has a similar expression as TC 9 but TC 14 is unlike other transfer coefficients in the aquatic part of the Radionuclide Model not controlled by the time dependent function have\_water:

$$TC^j = \frac{area\_subcatch \cdot runoff \cdot Aqu\_adv\_mid\_up\_norm}{Aqu\_area\_object \cdot Aqu\_z\_regoUp \cdot Aqu\_poro\_regoUp \cdot R^j\_Aqu\_regoUp} + \frac{adv\_low\_mid \cdot (1 - fract\_Mire) \cdot (Ter\_area\_object + Aqu\_area\_object)}{Aqu\_area\_object \cdot Aqu\_z\_regoUp \cdot Aqu\_poro\_regoUp \cdot R^j\_Aqu\_regoUp}$$

(3)

in which  $Aqu\_adv\_mid\_up\_norm$  is, as mentioned above zero before 3000 years AD and 0.64 after 3500 years AD with a linear increase between 3000 – 3500 years AD. When the parameter  $Aqu\_area\_object$  becomes almost zero (this parameter was set to be  $1E-4$  after 3500 years AD in the Excel file provided by SKB (SSM, 2012: Parameters\_TS\_all\_basins.xls) TC 14 becomes extremely high, in the order of 100 l/y (See Fig. 4). Is this TC correctly implemented in Appendix A of the LDF report?

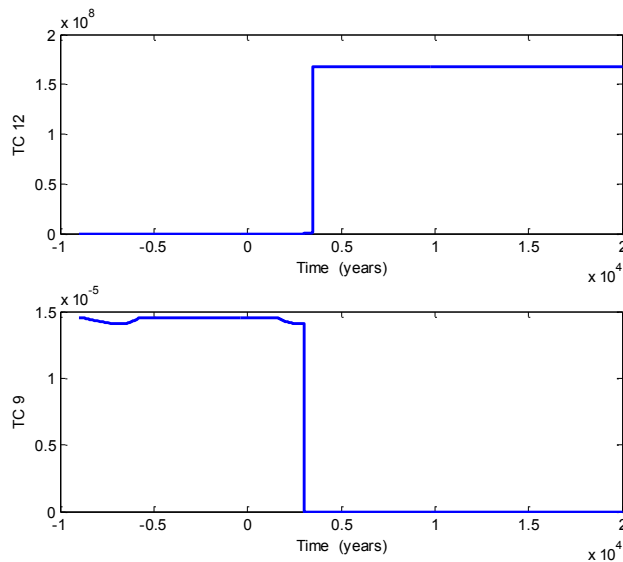


Figure 3 The transfer rate coefficient 12 (Upper diagram) and 9 (Lower diagram) for I-129.

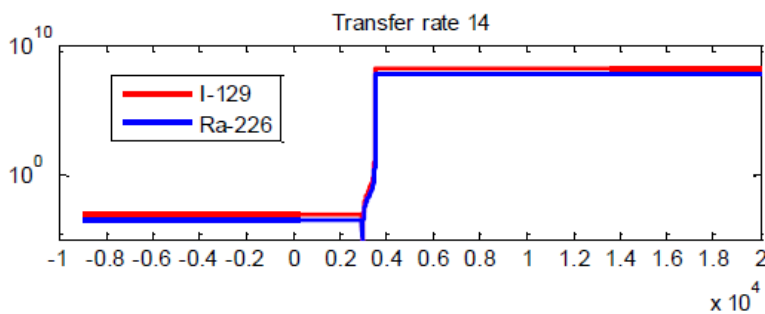


Figure 4 TC14 for I-129 and Ra-226 as a function of time.

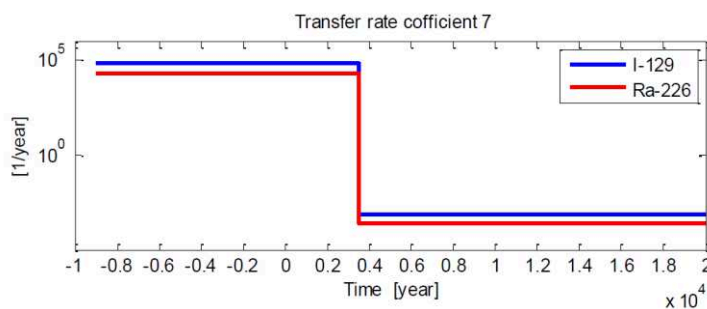
### 3. TC 7

The transfer rate coefficient 7 represents a process of advective flow transport from the compartment Ter Regolith Mid to the compartment Ter Regolith Up. TC 7 is expressed as:

$$TC^j = \frac{area\_subcatch \cdot runoff \cdot Ter\_adv\_mid\_up\_norm}{Ter\_area\_obj \cdot Ter\_z\_regoMid \cdot Ter\_poro\_regoMid \cdot R^j \cdot Ter\_regoMid} \quad (4)$$

in which runoff and  $Ter\_adv\_mid\_up\_norm$  are constants and have a value of 0.186 [m/y] and 0.31 [-], respectively. Attention should be made here that no time dependent conditions are applied for this coefficient. The  $area\_subcatch$  is a time dependent parameter but it has the same value over the whole time scale for this object (121\_03).

The parameter  $Ter\_area\_obj$  has significant impact on the TC 7 when  $Ter\_area\_obj$  is a small value before 3500 AD (SKB, 2012). Fig. 5 shows TC 7 for I-129 and Ra-226 versus time. An unrealistic high value of TC 7 before 3500 AD is observed (see Fig 5). Is this TC correctly implemented in Appendix A of the LDF report?



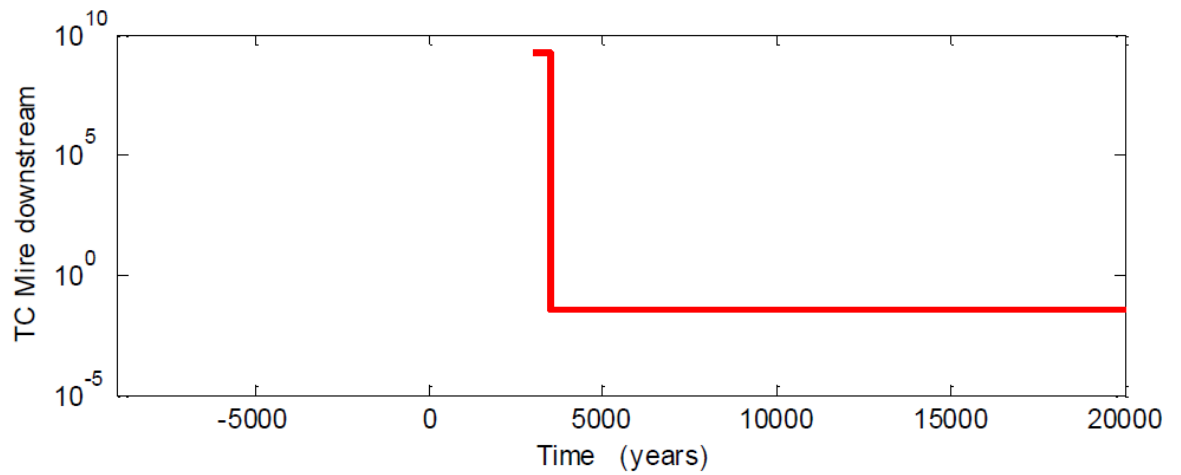
**Figure 5** The transfer rate coefficient 7 for I-129 and Ra-226 as a function of time

#### 4. *TC Mire Downstream*

SSM's understanding is that the coefficient of the transfer rate named  $Mire\_Downstream$ , is connected to the outflow from the terrestrial part of the object downstream a water body. This TC, not explicitly given in Fig. 1, is expressed with the following equation when the condition (time dependent function  $have\_water$  is applied) that the object has not a water part is fulfilled (otherwise the coefficient is zero):

$$TC^j = \frac{area\_subcatch \cdot runoff}{Ter\_area\_obj \cdot Ter\_poro\_regoUp \cdot Ter\_z\_regoUp \cdot Ter\_R\_regoUp} \quad (5)$$

Since  $have\_water$  is 0 during the sea period and 1 after 3000 AD  $TC\_Mire\_Downstream$  has a very high value during the period between 3000 AD and 3500 AD because  $Ter\_area\_obj$  has an extremely low value (See Fig. 6). Is this TC correctly implemented in Appendix A of the LDF report?



**Figure 6** The transfer rate coefficient Mire\_downstream versus time.

### **References**

Avila, R., Ekström, P-A. and Åstrand, P-G. (2010). Landscape dose conversion factors used in the safety assessment SR-Site. SKB TR-10-06, Svensk Kärnbränslehantering AB.

SSM, (2012). TPP (Tillståndsprövningsprojektet) Kompletteringar till granskningen av slutförvarsansökan. SSMDnr. 2011-2426.

