

RAPPORT
**GRANSKNING AV FUD-PROGRAM 2013:
HYDROGEOLOGI**



GRANSKNINGSKOPIA
2014-04-04

Uppdrag: 251932, Granskning av SKB:s FUD-program

Titel på rapport: Granskning av FUD-program 2013: Hydrogeologi

Status: Granskningskopia

Datum: 2014-04-04

Medverkande

Beställare: Regeringskansliet, Kärnavfallsrådet

Kontaktperson: Holmfridur Bjarnadottir

Uppdragsansvarig: Lars Marklund

Kvalitetsgranskare: Cristina Frycklund

Revideringar

Revideringsdatum: ÅR-MÅN-DAG

Version: Namn, Företag

Initialer: Namn, Företag

Författare:

Datum: ÅR-MÅN-DAG

Handlingen granskad av:

Datum: ÅR-MÅN-DAG

Tyréns AB

118 86 Stockholm
Besök: Peter Myndes Backe 16

Tel: 010 452 20 00
www.tyrens.se

Säte: Stockholm
Org.Nr: 556194-7986

Innehåll

<i>Inledning</i>	4
<i>Generella slutsatser</i>	4
<i>20: Kortlivat låg- och medelaktivt avfall</i>	6
<i>21: Långlivat låg- och medelaktivt avfall</i>	6
<i>22: Betongbarriärer</i>	7
<i>26: Geosfär</i>	7
26.4	7
26.4.1	7
26.4.2	8
26.4.3	9
26.4.4	9
26.4.5	9
26.11	9
26.12	10
26.13	10
26.14	10
26.15	10
26.16	10
26.24	11
26.24.1	11
26.24.2	11
26.24.3-26.24.4	11
<i>27: Ytnära ekosystem</i>	12
27.4	12
27.6	12

Inledning

Arbetet innefattar granskning av specifika delar av SKB:s forskningsprogram FUD-program 2013 (benämns här efter FUD 2013). De kapitel i som har granskats är (totalt 63 sidor):

- 20.1.5, 20.1.9, 20.2.1, 20.2.7-20.2.9, 20.2.11-20.2.12, 20.2.14, 20.2.20, 20.2.22-20.2.23
- 21.1.5, 21.1.9, 21.2.1, 21.2.7-21.2.9, 21.2.11-21.2.12, 21.2.14, 21.2.20, 21.2.22-21.2.23
- 22.1.4, 22.1.7, 22.2.1, 22.2.4-21.2.5, 22.2.11-22.2.12, 22.2.14, 22.2.21-22.2.22
- 26.4, 26.11-26.16, 26.24
- 27.4 , 27.6

Denna granskningsrapport inleds med en generell bedömning av kapitlena som är listade ovan. Där belyser jag slutsatser som gäller för en merpart av de granskade kapitlena. Därefter redovisar jag min bedömning av varje enskilt kapitel. Alla forskningsprojekt och områden inom varje delkapitel behandlas inte utan endast de jag personligen anser vara mest intressanta. Granskningen innehåller mina åsikter och bedömningar samt kortfattade beskrivningar av vad SKB har gjort och planerar att göra. Detaljeringsgraden i forskningsprogrammets kapitel 20-22 är betydligt lägre än i kapitel 26 och 27. Därför redovisas granskningen i separata delkapitel endast för kapitel 26 och 27. Kapitelnumreringen som används i denna granskning är desamma som används i FUD 2013.

Generella slutsatser

Inom hydrologi och hydrogeologi har i vissa aspekter av forskningsprogrammet verkligen förbättrats i FUD 2013 jämfört med FUD 2010. Samtidigt finns det enligt mig fortfarande områden där samma svagheter föreligger som i tidigare FUD-program. Nedan listas negativa och positiva aspekter som är gällande för ett flertal för flera av de granskade kapitlen.

- En betydligt större andel av de genomförda studierna har lett till publikationer i vetenskapliga tidskrifter i FUD 2013 än i FUD 2010. Att få sina forskningsresultat publicerade i granskade vetenskapliga tidskrifter är en kvalitetsgaranti. Därför är det önskvärt att SKB publicerar så många av sina studier som möjligt i vetenskapliga tidskrifter.

- SKB borde vara mer öppna med svagheter och misslyckanden i programmet. SKB:s forskningsprogram inom hydrogeologi är omfattande och i vissa avseenden världsledande. När det gäller transparens är dock SKB:s forskningsprogram långt ifrån världsledande. Det system som skall undersökas är väldigt svårt att observera eftersom det bokstavligen är begravt under jord. Systemet är också mycket heterogent vilket innebär att de få observationer man har gjort oftast inte är representativa för ett större område. Många av de modeller som används beskriver också ett tidsförlopp som sträcker sig tusentals år framåt i tiden. Stora osäkerheter karakteriserar därigenom modellberäkningarna i SKB:s forskningsprogram. SKB är dock sparsamma med att avslöja var de själva anser att de största osäkerheterna finns eller vad de har för svagheter i sina modellrepresentationer. Jag skulle vilja se en större öppenhet och en tydligare handlingsplan för hur man utvärderar dessa osäkerheter samt hur osäkerheterna inkorporeras i säkerhetsanalysen.
- SKB har börjat utvärdera vissa gamla försök utifrån ny kunskap eller med nya modellverktyg. Detta är ett bra sätt för att minska osäkerheter och öka konceptuell förståelse samtidigt som resurser kan sparas.
- Mycket av modellarbetet handlar om att koppla ihop grundvattenmodeller med geokemiska/geomekaniska modeller. Detta innebär att många av modellerna som används blir väldigt komplexa och innefattar en stor andel parametrar som måste kalibreras. Under kalibreringen av modellerna finns risk att förändringar i olika parametrar leder till samma slutresultat. Detta innebär att modellen kan tyckas räkna rätt trots att den på processnivå ger en felaktig beskrivning av verkligheten, det föreligger ett så kallat ekvifinalitetsproblem. SKB bör presentera en plan på hur sådana problem kan undvikas.
- Jag skulle vilja att SKB var tydligare med sina prioriteringar. Det framgår inte i forskningsprogrammet vilka områden som SKB tycker är viktigast och vad de tänker fokusera på under nästa period. Inom forskning är det alltid brist på tid och resurser, därför är en viktig del av granskningen att tycka till om prioriteringsordningen, såväl inom som mellan olika forskningsområden.
- I flera försök övergår SKB från laboratorier till in situ-försök. Detta är en positiv utveckling, för även om försök i laboratoriet ger ovärderlig kunskap finns alltid risken att prov är störda på ett sådant sätt att inte resultaten kan överföras till den verkliga platsen.
- Val av modellverktyg är något som ytterst sällan motiveras. Det verkar inte heller finnas en tydlig systemanalytisk metodik för hur man på bästa sätt skall bestämma vilka processer som kan negligeras eller förenklas i modellerna. Att detta genomförs på bästa sätt är inte bara viktigt för modellernas prestationsförmåga, det är även viktigt för planeringen av nya experiment och för hur resurser skall fördelas.
- Ett område där jag efterfrågar mer stringens och konsekvens är presentationen av tidsplanerna. I de flesta fall där framtida planer presenteras framgår inte vad som skall göras snarast och vad som ligger längre fram i tiden. Det skulle vara önskvärt om granskarna fick ta del av planeringen och ha möjlighet att uttala sig om den.

20: Kortlivat låg- och medelaktivt avfall

Detaljeringsgraden i kapitel 20 är låg och därför redovisas ej granskningen för enskilda delkapitel. Granskningen innefattar följande delkapitel: 20.1.5, 20.1.9, 20.2.1, 20.2.7-20.2.9, 20.2.11-20.2.12, 20.2.14, 20.2.20, 20.2.22-20.2.23.

I detta kapitel beskriver SKB funktionen av kortlivat låg- och medelaktivt avfall. En stor del av SKB:s forskning rörande kortlivat låg- och medelaktivt avfall sker inom säkerhetsanalysen i projekt SFR-utbyggnad (SR-PSU). Dock var inte SR-PSU publicerat då FUD 2013 publicerades. Det som är problematiskt är att en av uppgifterna för SR-PSU sen är att identifiera ytterligare forskningsbehov. Slutsatserna i SR-PSU kommer därför att ha stor inverkan på forskningsprogrammet under den kommande Fud-perioden. Utan slutsatserna från SR-PSU blir denna del i FUD-programmet relativt innehållslöst. Det hade därför varit önskvärt att fler preliminära resultat från SR-PSU hade presenterats i FUD-programmet. Dessutom borde det vara rimligt att mer av den planerade forskningen hade presenterats. SKB borde kunna identifiera några potentiella områden där de känner att kunskapsluckor finns. Det blir problematiskt att nu bedöma SKB:s intentioner och de kommer därför inte få någon feedback på sitt forskningsprogram förrän om tre år.

SKB beskriver hur avfallet fungerar både under nuvarande hydrologiska förhållanden (dränerade) och framtida (vattenfyllda). Metod och modellutveckling för beräkningar av vattenflöden på förvarsskala har genomförts i programmet Comsol Multiphysics. Det är inte angivet varför det modellverktyget valdes eller om det kommer användas i fortsättningen. Dock skriver SKB att fortsatt utveckling av närzonsmodeller kommer att göras. Det är inte definierat om det är Comsol Multiphysics som avses eller om det exempelvis är närzonsmodellen som användes i SR-Site. Det beskrivs inte heller hur denna utveckling skall göras eller till vilket syfte.

SKB har tagit till sig av granskningen av Fud-program 2010 och har satsat på att utreda förekomst av kolloider ett förslutet SFR. SKB planerar att undersöka frigörelsen av kolloider från cement och bentonit till vatten samt stabiliteten av kolloider i den vattenmiljö som uppstår. Detta är ett mycket intressant och sannolikt viktigt forskningsområde. Det är dock inte angivet hur SKB tänker sig att använda kunskap från forskning av kolloider avseende den långsiktiga säkerheten. Det framgår inte heller hur forskningen som presenteras här kopplas till forskningen som presenteras i kapitel 26: Geosfär.

SKB säger att risk för tvåfasflöde föreligger, vilket kan påskynda transport av radionuklider genom avfallsmatrisen. Ändå har SKB inte explicit undersökt gastransport i kortlivat avfall. Man planerar inte heller att göra det. Det skulle dock vara intressant för att få en förståelse för hur fördelningen av radionuklider ser ut utanför avfallsmatrisen.

I SR-PSU kommer Ecolego att användas för att modellera radionuklidtransport. Detta innebär att en modell användes för Safe, en för SAR-08 och ytterligare en för SR-PSU. SKB borde redovisa en jämförelse av resultaten från de olika modelleringarna samt motivera bytet av modellverktyg.

21: Långlivat låg- och medelaktivt avfall

Detaljeringsgraden i kapitel 21 är låg och därför redovisas ej granskningen för enskilda delkapitel. Granskningen innefattar följande delkapitel: 21.1.5, 21.1.9, 21.2.1, 21.2.7-21.2.9, 21.2.11-21.2.12, 21.2.14, 21.2.20, 21.2.22-21.2.23

Kapitlet har tillkommit efter FUD 2010, där forskning kopplad till det långlivade låg- och medelaktiva avfallet presenteras mycket översiktligt. I och med att det ännu inte finns ett färdigt slutförvarskoncept för det långlivade avfallet behandlas processerna mer övergripande än för det kortlivade avfallet.

Istället för att ta fram detaljerade frågeställningar på samma sätt som i kapitel 20 borde SKB kunna använda FUD-programmet som ett styrdokument för att långsiktigt bestämma vilken forskning man vill göra för att kunna utforma och bygga ett säkert SFL, samt för att kvantitativt kunna bedöma säkerheten.

Utifrån tidigare undersökningar borde de mest kritiska momenten kunna identifieras. Forskningen skulle sedan kunna användas för att finna optimerade lösningar för de momenten.

22: Betongbarriärer

Detaljeringsgraden i kapitel 22 är låg och därför redovisas ej granskningen för enskilda delkapitel. Granskningen innefattar följande delkapitel: 22.1.4, 22.1.7, 22.2.1, 22.2.4-21.2.5, 22.2.11-22.2.12, 22.2.14, 22.2.21-22.2.22.

Kapitlet behandlar funktionen hos de tekniska barriärerna av betong i slutförvar för låg- och medelaktivt avfall, både lång- och kortlivat.

Enligt SKB förekommer inga vattenflöden under driftskedet, eftersom förvaret dränagepumpas. Området bedöms därför inte kräva någon ytterligare forskning, utveckling eller demonstration. Detta är enligt mig ett aningen för enkelt synsätt. Även om utrymmen kommer dräneras kan vissa delar av betongbarriärerna vara påverkade av vatten. Jag förutsätter dock att SKB beaktar detta även om det inte framgår explicit.

Beräkningar av vattenflöden i förvarets närzon har genomförts för att analysera vattenflödet som funktion av en gradvis degradering av betongbarriärerna i förvaret och vidare hur detta påverkar transporten av radionuklider ut ur förvaret. SKB hänvisar här till att resultaten kommer presenteras i SR-PSU vilket gör att det inte i dagsläget går att granska vad som har gjorts.

SKB anser att den advektiva transporten blir viktig när betongen åldras och dess kemiska och mekaniska egenskaper ändras. Lokala degraderingseffekter, som exempelvis uppkomsten av sprickor eller områden med väsentligt förändrad genomsläpplighet, kommer studeras ytterligare. SKB presenterar dock inte några konkreta planer för att utreda dessa konsekvenser. Det enda som sägs är att de tänker koppla samman etablerade beräkningsverktyg för flödesmodellering och geokemisk modellering. Däremot sägs ingenting om vilka modeller som åsyftas. Inga experiment eller fältförsök är gjorda eller planerade.

Gällande den diffusiva transporten genom betongen finns inget specifikt program. Istället menar SKB att osäkerheter kan hanteras med konservativa antaganden eller med känslighetsanalyser. Detta borde absolut motiveras. SKB borde göra samma försök som i berget. Sannolikt skulle det vara enklare för betong samt ge tydligare resultat. Resultaten från försöken kan då användas till att minska parameterspannet vid känslighetsanalysen.

26: Geosfär

26.4

En generell skillnad från tidigare FUD-program, som gäller för hela kapitel 26.4, är att sammankopplingen av modeller har kommit allt mer i fokus. Detta gäller mellan grundvattenströmning och andra ämnesområden, men även mellan grundvattenströmning berg och ytligt grundvatten.

26.4.1

Mike she är det enda modellverktyg som används för ytlig hydrologi, för såväl säkerhetsarbetet som för MKB-arbetet (inflödet till tunnarna). Det skulle vara önskvärt att Mike She jämfördes

med någon annan. Svagheterna i modellverktyget borde belysas. Vad betyder det exempelvis att Mike She inte kan modellera densitetsdriven strömning eller sedimenttransport i vattendrag?

Det är anmärkningsvärt att utredningsstrategierna skiljer sig så mycket mellan den ytliga grundvattenströmningen och den i det djupa berget. I det senare används ett flertal olika modeller för olika syften. Dessutom har mycket arbete ägnats åt att koppla modellerna för grundvattenströmning i djupa berget till modeller för exempelvis grundvattenkemi och radionuklidtransport. När det gäller den ytliga hydrologin har inga sådana kopplingar gjorts. Först nu skall möjligheten att inkludera simulering av grundvattenkemi i Mike She undersökas. Vad är anledningen till att detta inte har gjorts tidigare? Finns det andra modellverktyg där kopplingen till radionuklidtransport och grundvattenkemi är bättre?

Betydande utvecklingsinsatser har gjorts inom modelleringen av framtida ytnära hydrologi inom de olika projekten. Betydelsen av olika processer och förutsättningar för vattenbalanser och andra övergripande hydrologiska karakteristika undersöktes med hjälp av en serie beräkningsfall. Det är dock ej redovisat hur dessa beräkningsfall är valda och om beräkningsfallen täcker in alla osäkerheter. I och med de stora osäkerheterna om hur framtida förhållanden kan se ut borde inte bara troliga scenarion testas utan även extrema förhållanden.

Periglacial hydrologi är det näst intill helt dominerande ämnet i forskningsprogrammets del som behandlar ytlig hydrologi. Det borde motiveras varför det är så mycket viktigare än alla andra områden. Dessutom borde det undersökas hur relevanta undersökningarna på Grönland är för det framtida Forsmark. Vilken period i glaciärkyleken representerar dagens Grönländska förhållanden egentligen? Vad finns det för skillnader i meteorologi, topografi etc.? Vad har dessa skillnader för betydelse för den långsiktiga säkerheten?

I en annan studie har forskare vid Stockholms universitet använt meteorologiska och hydrologiska data från Forsmark för att kvantifiera ämnestransporten till Östersjön. Detta är intressant forskning men det är oklart hur studierna skall användas i SKB:s säkerhetsanalys eller i MKB-arbetet. En plan för detta borde utformas och presenteras.

26.4.2

SKB har gjort flera ansatser för att stärka de hydrogeologiska modellernas tillförlitlighet. Man har kopplat resultat från fältförsök till modellstudier. Detta är dock ett mycket viktigt område som borde få en mer central roll i FUD-programmet, vilket också har efterfrågats i tidigare granskningar. Personligen tror jag att mer görs inom detta område än vad som framkommer i FUD-programmet. Därför föreslår jag att ett delkapitel under modelleringskapitlet ägnas åt försök som används för verifiering, kalibrering och validering.

Ett mycket positivt initiativ som har efterfrågats i tidigare granskningar är att sammanfatta de hydrogeologiska simuleringar som utförts inom SR-Site. En sammanfattande rapport (Selroos och Follin 2010) beskriver den övergripande hydrogeologiska modelleringsstrategin samt modelluppsättningarna inom SR-Site. Dock skulle förtydliganden behövas avseende syftena för de olika modellerna samt deras styrkor och svagheter. Jag skulle gärna se liknande rapporter, även inom andra områden såsom ytlig hydrologi och transport av radionuklider.

Navier-Stokes-lösaren i Darcy Tools har utvecklats med syfte att kunna hantera strömning i det ythydrologiska systemet. Det är dock oklart vad syftet är för att förbättra Darcy Tools i den ythydrologiska representationen. Det skulle vara önskvärt att se jämförande studier med Mike She.

SKB:s planerade insatser för studier av grundvattenströmning i det djupa berget kan delas in i tre principiella kategorier: klimatstudier, processförståelse samt koppla hydrogeologiska beräkningsverktyg med andra relevanta discipliner. Denna plan är klar och tydlig men saknar prioritering, motiv och tidplan.

Ett angeläget projekt handlar om hur grundvattenströmning och transport av lösta ämnen kan representeras från storregional skala ner till lokal avrinningskala. Denna studie skall göras i området runt Forsmark istället för östra Småland, vilket var det område som tidigare har utretts av SKB gällande storregional strömning. Detta är ett bra initiativ, speciellt då storregional strömning sannolikt är viktigare i Forsmark än i östra Småland (Marklund et al., 2008). Det som gör SKB:s nya studie extra intressant är det högkonduktiva lagret i Forsmarks ytliga berggrund. Lagret dämpar, enligt SKB, topografins betydelse för grundvattenströmningens flödesmönster på större djup. Det är dock viktigt att poängtera att det endast är den lokala topografins betydelse som begränsas. Det är fortfarande skillnaden mellan havsnivån och grundvattenytans läge i områden längre inåt land som är den huvudsakliga drivkraften för grundvattenflödet på förvarsdjup.

En annan intressant fråga är hur topprandvillkoret kommer definieras. I SKB:s tidigare studie av storregional grundvattenströmning användes ett topprandvillkor som är baserat på ytvattenavrinningen. Topprandvillkoret skiljer sig från tidigare studier eftersom randvillkoret är baserat på grundvatteninfiltration och inte som tidigare, baserat på grundvattenytans läge. SKB påstår att ett så kallat fluxrandvillkor är att föredra framför föreskrivna nivåer på grundvattenytans läge. Detta är ofta sant men det kräver att man har representativa data för infiltrationen. SKB säger sig ha använt sig av ytvattenavrinning men det är oklart vad de menar med det. Detta bör förtydligas.

Projektet GAP kommer att slutrapporteras under den kommande Fud-perioden. Preliminära slutsatser samt kvarvarande forskning och nya frågeställningar borde presenteras här i FUD-programmet.

26.4.3

Kapitlet fanns inte med i Fud-program 2010. Inom hydrogeologisk modellering har SKB, i detta FUD-program, specificerat ett antal områden som bör förbättras angående Kärnbränsleförvaret. Det är mycket dock otydligt vad som egentligen har gjorts tidigare och det finns inga referenser.

Inom detaljundersökningsprogrammet planerar SKB ett utvecklingsprojekt, där ett gränssnitt skapas mellan Darcy Tools och beräkningsverktyget Pflotran. Denna utveckling innebär att Darcy Tools får motsvarande funktionalitet som ConnectFlow med avseende på möjlighet att simulera kopplad hydrogeologisk-geokemisk utveckling. SKB borde då motivera varför de inte vill fortsätta använda ConnectFlow (som i SR-Site) eller om de vill ha möjligheten att jämföra de olika modellerna. SKB bör också förtydliga varför denna utveckling redovisas specifikt inom detaljundersökningsprogrammet.

26.4.4

Hur motiveras skillnaden i metodiken för grundvattenströmningen vid SR-PSU mot SR-site? Exempelvis är utredningen om PDZ-intervall (Possible Deformation Zones) intressant och verkar logisk. Har samma metodik använts utanför PSU-projektet? Samma frågeställning gäller för den nya metodiken för att modellera framtida landskapsutveckling. Är det samma som användes för SR-SITE? Om inte borde skillnader och motivering till val redovisas. Ett exempel där SKB planerar att göra jämförelser mellan SR-PSU och SR-Site är grundvattenströmningen i berget, där nu en jämförelse skall göras mellan Darcy Tools och ConnectFlow. Att göra sådana jämförelser är viktigt och borde användas inom fler områden.

26.4.5

Inga synpunkter.

26.11

Utvecklingen av en metodik för så kallad passiv provtagning har initierats och pågår i Äspölaboratoriet. Systemet kommer att kontinuerligt kunna registrera förändringar av ett flertal

parametrar över tid och övervakas via dator. Programmet har ett tydligt syfte och en klar koppling till slutförvaret.

26.12

En målmedveten och grundläggande modelleringsinsats har gjorts för att öka förståelsen av kanalbildning i enskilda sprickor. En ny metodik, baserad på så kallade Fup-basfunktioner har använts för att lösa flödesproblemet med hög noggrannhet. Metodiken verkar lovande och detta är ett positivt exempel på ett område där man i säkerhetsanalysen har identifierat en svaghet som man nu undersöker med en ny metod. Dock saknas en plan för hur dessa modeller skall kunna kalibreras och jämföras mot uppmätta förhållanden. Fältförsök redovisas också men det finns inga dokumenterade kopplingar däremellan.

26.13

Förbättringar har gjorts med avseende på den analytiska kvaliteten i diffusionsexperimenten. Det är inte dock inte angivet hur dessa nya data kommer användas för att förbättra säkerhetsanalysen.

26.14

I platsundersökningarna har mätningar av matrisdiffusivitet utförts både under atmosfäriskt tryck i laboratorium och även *in situ* med hjälp av elektriska metoder. Det är bra att SKB försöker använda sig av *in situ*-försök för att undersöka brister i laboratorieförsök. Resultaten från detta försök gäller dock endast för en plats. SKB bör förklara hur detta försök kan ge generell vetskap om skillnad mellan *in situ*-värden och diffusionsvärden från laboratoriet.

Ett modelleringsprojekt planeras för att studera de konceptuella antagandena bakom den matrisdiffusionsmodell, som traditionellt används både i säkerhetsanalysen och i utvärdering av experiment. En intressant observation är att penetrationsprofilerna inte kan förklaras med enkla endimensionella diffusionsmodeller. I själva verket genomskärs dock matrisen av mikrosprickor som är mer eller mindre vattenförande. Beräkningarna ska stödjas av röntgentomografimätningar av bergmaterial från Forsmark i syfte att identifiera relevant storlek hos mikrosprickorna. Detta är ett bra exempel på hur empiriska mätningar tillsammans med modeller bör användas för att utveckla den konceptuella förståelsen. Bra att börja med enklast möjliga modell för att undvika ekvifinalitetsproblem. Det bör dock förtydligas hur resultaten från dessa försök skall användas i transportmodelleringen där diffusionen pågår under tusentals år.

26.15

Modeller av förbrukningen av löst syre i glacialt smältvatten har också utvecklats under SR-Site (Sidborn et al. 2010). Enligt SKB visar resultaten att löst syre endast kan nå deponerade kapslar av använt bränsle under en rad pessimistiska och extrema förhållanden. Vad som anses vara extrema förhållanden kan dock ifrågasättas. Antagandena kan ses som konservativa, eftersom de exempelvis utelämnar biologiska processer, men eftersom det finns så stora osäkerheter i sådan modellering är det rimligt att göra mycket konservativa antaganden.

26.16

Ett omfattande arbete har gjorts för att öka förståelsen av relationen mellan K_d -värden och olika geologiska parametrar. Karakterisering och definition av den effektiva ytarean för sorption har visat sig vara av särskild betydelse. Andelen sekundära mineral med betydligt större tillgängliga ytor än de bergartsbildande mineralen kan också vara en viktig faktor. Genom användandet av smarta K_d -värden, kan denna kunskap förbättra de verktyg som används inom säkerhetsanalysen. Detta bör rimligtvis förbättra trovärdigheten hos transportmodellerna

väsentligt. För mig är det dock oklart om vetenskapen om effektiva ytareor och sekundära mineral finns för större geografiska områden. Metoder för uppskalning och tillvägagångssätt för att möjliggöra användandet av de nya upptäckterna i storskaliga transportmodeller efterlyses.

26.24

26.24.1

I Fud-program 2010 identifierade SKB sex punkter för att öka förståelsen av diskreta spricknätverk i kristallin berggrund. Dessa sex punkter kommer även fortsättningsvis att vara grundstenar i arbetet med utvecklingen inom spricknätverksmodellering. Därutöver kommer en sjunde punkt rörande påverkan av orienteringsosäkerheten på objekt mätta i borrhål och dess konsekvens på DFN-modellerna att studeras närmare.

Det är i helhet ett bra program med viktiga frågeställningar. Det planerade programmet för DFN-modellering är omfattande och innefattar en rad viktiga punkter. Det som skulle vara önskvärt är en tydligare tidplan som indikerar vilka programpunkter som är nära förestående och vilka som ligger längre fram i tiden. Därtill skulle jag vilja att SKB redovisade sin syn på prioriteringsordningen mellan punkterna. Exempelvis saknar jag planer för en utredning om hur uppskattad intensitet beror av mätmetod. Detta är en av de sex listade punkterna men jag kan inte se att den har undersökts och den planeras inte att studeras inom FUD 2013.

26.24.2

Inga synpunkter.

26.24.3-26.24.4

I dessa två delkapitel nämns följande modeller: Fastreact, Phreeqc, Marfa, Farf31, Darcy Tools, ConnectFlow, Pfoltran och Chan 3D. Tidigare har även M3 använts. I FUD-programmet bör det framgå vad som är för- och nackdel med respektive modell samt vilken modell som skall användas till vad. Det presenteras många olika modeller men inga förklaringar ges till varför just en specifik modell används.

Inom ramen för SR-Site användes en specifik metodik för att sammankoppla hydrogeologi och radionuklidtransport. Metodiken bygger på användandet av strömrör som erhålls från hydrogeologisk modellering. SKB borde då även redogöra för hur de tänker hantera faktumet att strömrören kommer förändras med tiden, exempelvis på grund av den pågående landhöjningen, kemiska utfällningar och tjäle. SKB skriver att den använda metodiken missar mycket av den rumsliga spridning och utspädning som variabla flödesfält under en glacial cykel innebär. SKB borde då även redogöra för hur de tänker beakta betydelsen av temporära skillnader för strömlinjernas geometri?

SKB:s modelleringsförsök visar att retention i tunnlar och jordlager kan vara betydande; i tunnlar är det den advektiva fördröjningen som bidrar till retentionen, medan det i jordlager är sorption av sorberande nuklider som bidrar till retentionen. Dessa resultat är av stor vikt och borde följas upp av experiment och fältförsök.

SKB presenterar en generell modell för retentionsprocesser i grundvattentransport (Cvetkovic, 2012). Modellen kan, enligt SKB, återskapa de flesta i litteraturen kända retentionsprocesser som kan ha betydelse för transporthastigheten av radionuklider. I det planerade arbetet nämns inte något om hur denna modell skall användas eller om det finns planer för att fortsätta utveckla modellen. I FUD-programmet bör det redovisas hur modellen är tänkt att gagna SKB:s arbete eller motiveras varför SKB väljer att inte använda modellen.

För att analysera den så kallade doskonverteringsfaktorn planerar SKB koppla ihop transport i geosfär och biosfär transient. I den planerade studien används sålunda det modellerade

utsläppet från geosfären som tidsvarierande input i biosfärsmodellen. Jag tror att resultat från denna studie, inte bara kan belysa betydelsen av doskonverteringsfaktorn för biosfärsmodellen, utan även att öka förståelsen för vilka delar i geosfärsmodellen som är viktiga för dosberäkningarna.

27: Ytnära ekosystem

27.4

I FUD 2013 har SKB utvidgat studierna av geokemiskt beteende i de akvatiska systemen till att omfatta flera ämnen än kol. Nu har även omsättningen av kväve och fosfor studerats. Att inkludera fler ämnen än kol var något som efterfrågades i granskningen av FUD 2010 och ses som ett viktigt steg i modelleringen av akvatiska ekosystem.

SKB har utvecklat mekanistiska ekosystemmodeller för akvatisk miljö. Dessa modeller kommer att fortsätta utvecklas. SKB:s målsättning är att beskriva omsättning och ackumulation av radionuklider i organismer och organiskt material i hav och sjöar, samt i angränsande våtmarker. SKB planerar att validera sina modellbeskrivningar med befintlig fältdata från Forsmark. Det är givetvis riktigt att SKB använder fältdata för att kalibrering och validering, speciellt lyckosamt är det om SKB kan använda redan insamlad data. Dessa modeller är dock komplexa och har stora osäkerheter i indata liksom i parametrar som inte kan mätas. Därför är det en svår uppgift att utvärdera och validera modellberäkningarna. När modellresultaten skall utvärderas finns även andra osäkerheter. Den spatiala heterogeniteten är stor och det är osäkert hur områdena kommer utvecklas i framtiden. Det är därför viktigt att det finns en tydlig plan för hur modellerna skall utvärderas. Denna plan bör även innehålla känslighets- och osäkerhetsanalyser.

Nya studier visar på att en ansevärd del av kolet i de akvatiska systemen härstammar från terrestra källor. Som följd kan halten kol-14 spädas ut i sjöar. För att undersöka den potentiella betydelsen av denna utspädning av kol-14 i Forsmarksområdet planeras kompletterande fältundersökningar och modellering. I FUD-programmet borde SKB även redovisa vilken betydelse denna utspädning av kol-14 har i relation till andra radionuklider och andra processer. Ett annat forskningsområde som pekas ut i FUD-programmet är fiskvandring mellan sjöar och kustbassänger. Det skulle vara önskvärt att SKB redovisade hur avgörande detta är för dosberäkningarna. Förslagsvis skulle känslighetsanalyser genomföras för att undersöka hur viktig fiskvandring är för de ekosystemmodeller och massbalanser som SKB använder. Det är av största vikt att forskningen inriktas på de processer som har störst inverkan på dosberäkningarna samt på de områden där osäkerheterna är störst. Det är tveksamt om de ovan nämnda processerna (utspädning av kol-14 och fiskvandring) faller inom någon av dessa två kategorier. Dessutom borde det utredas hur kunskapen om dessa två processer i dagens förhållanden kan överföras till framtida förhållanden.

Transport av radionuklider bundet till partikulärt material kan vara av stor betydelse. Därför är sedimenttransport i rinnande vatten en viktig process som borde utredas med såväl modellberäkningar som med mätningar.

Inom ramarna för ekosystemmodelleringen bör SKB utreda hur anläggandet av förvaret kommer att påverka de närliggande akvatiska ekosystemen. Det är anmärkningsvärt att detta inte redan har gjorts och inte heller verkar vara planerat.

27.6

I SR-Site använde SKB partikelspårning i hydrogeologiska modeller för att beräkna var grundvatten som passerat förvarsvolymen når ytsystemet. Dessa utströmningspunkter utgör grund för identifieringen och avgränsningen av de objekt som ska ingå i biosfärsmodelleringen. Det som är anmärkningsvärt är att SKB har använt parallell modellering med Mike She och

Darcy Tools för att uppnå mer robusta resultat. Resultaten skilde sig en del mellan modellerna, vilket visar på vikten av använda sig av så kallad ensemble-modellering. Att modellera samma system med olika modellverktyg är något som SKB borde göra oftare.

I SR-Site gjordes dessutom detaljerade hydrologiska beräkningar för dagens förhållanden för ett antal utvalda områden med sjöar omgivna av våtmarker (Bosson et al. 2010). Det borde även vara av intresse att studera andra typer av sjöar, våtmarker och vattendrag som kan komma att förekomma i andra klimatsituationer. I FUD 2010 redovisade SKB planer att studera specifika hydrologiska objekt som representerar alla successionsstadier i landskapsutvecklingen, från marina bassänger över igenväxande sjöar till våtmarker och vattendrag. Detta är ett otroligt viktigt forskningsområde som bör prioriteras. Liknande studier borde även göras för vattendrag som även de är utströmningsområden för grundvatten och som dessutom länkar samman olika våtmarker och sjöar.

När storleken av olika flöden i SKB:s biosfärsmodell skall bestämmas används resultat från den yhydrologiska modellen. Ett "medelobjekt" modelleras med den yhydrologiska modellen och utifrån modellresultaten bestäms parametrar som beskriver flöden i biosfärsobjektet. När andra biosfärsobjekt skall beskrivas skalas parametervärdena om baserat på storleken av biosfärsobjektet och dess tillrinningsområden. Problemet med detta tillvägagångssätt är att de hydrologiska sambanden sällan är linjära. Således borde SKB ha använt sig av mer än ett "medelobjekt" vid den hydrologiska modelleringen. Åtminstone så borde de ha gjort någon slags känslighetsanalys som visade på hur stor skillnaden kan vara mellan olika objekt och redovisat i vilken mån användandet av ett "medelobjekt" innebär ett konservativt tillvägagångssätt.

Resultaten från studierna i Krycklan visar på våtmarkernas stora inverkan på transporten av ämnen på landskapsnivå, där de studerade ämnena ackumuleras i betydligt större utsträckning i avrinningsområden som domineras av våtmarker, jämfört med avrinningsområden som domineras av skog. Det kan ifrågasättas hur generella slutsatser som kan dras utifrån dessa platsspecifika undersökningar. Därför är det positivt att SKB planerar att koppla nyvunnen kunskap från Krycklanstudien till Forsmark och undersökningsområdet på Grönland. Det skulle också vara önskvärt att genomföra liknande platsspecifika studier i exempelvis Forsmark för att säkerställa sig om regionala skillnader.

Av stor betydelse för ytnära ekosystem är studier av övergången mellan geosfär och biosfär. Det innefattar undersökningar och modelleringar av utströmning under hav och sjö, samt processbaserade studier av Kd. Den processbaserade modelleringen av advektiv-reaktiv radionuklidtransport har hittills utförts enbart för den vattenmättade delen av jordlagren. Det fortsatta arbetet bör även inkludera markens omättade zon. En viktig del för processförståelsen är att utöka kunskapen om marklager som växelvis är mättade och omättade.