



Kungl. Vetenskapsakademien har till uppgift att främja vetenskaperna och stärka deras inflytande i samhället.  
The Royal Swedish Academy of Sciences has as its aim to promote the sciences and strengthen their influence in society.

Stockholm 20 december 2019

Dnr: KVA/2019/264/76

Göran K. Hansson/hs  
Ständig sekreterare  
Telefon: 08 - 673 95 02  
E-post: goran.hansson@kva.se

Strålsäkerhetsmyndigheten

### **Yttrande om "Fud-program 2019. Program för forskning, utveckling och demonstration av metoder för hantering och slutförvaring av kärnavfall" (Dnr: SSM2019-3103)**

Kungl. Vetenskapsakademien (KVA) har beretts tillfälle att yttra sig över SKB:s rapport "Fud-program 2019. Program för forskning, utveckling och demonstration av metoder för hantering och slutförvaring av kärnavfall". Fud-program 2019 består av tre delar: (I) Verksamhet och handlingsplan, (II) Avfall och slutförvaring, (III) Avveckling av kärntekniska anläggningar, totalt 382 sidor.

I del I (avsnitt 1-4) beskrivs översiktligt avfallssystemen och anläggningarna, genomförandeplaner samt områden där fortsatt forskning och utveckling planeras, liksom arbetssätt, resurser och kompetens.

I del II (avsnitt 6-14) beskrivs översiktligt de två huvudområdena, slutförvaring av långlivat avfall respektive låg- och medelaktivt avfall, samt olika delområden i detalj under separata rubriker, samma som ges översiktligt i del I.

I del III (avsnitt 15-19) redovisas avvecklingsstrategin och fortsatta aktiviteter utgående från rådande förutsättningar.

Myndigheten önskar i första hand synpunkter på frågor kring

1. Planerad forsknings- och utvecklingsverksamhet
2. Redovisade forskningsresultat
3. Alternativa hanterings- och förvaringsmetoder
4. De åtgärder som avses bli vidtagna

KVA önskar framföra allmänna synpunkter och reflektioner och har endast ett fåtal specifika kommentarer till rapporten, speciellt avseende några av områdena för fortsatt forskning och teknikutveckling mot ökad processförståelse och kunskap (del II).

#### **Allmänna synpunkter**

Fud-program 2019 kan ses som en fortsättning och uppföljning av Fud-program 2016, med samma struktur och i huvudsak samma identifierade frågor och teman. Programrapporten är omfattande och detaljrik och åberopar totalt 592 referenser varav 303 från perioden 2017-19, och endast 13 är från perioden före år 2000. I referenslistan ingår 272 rapporter i SKBs serier, varav 129 från 2017-19, ca 176 artiklar från internationella vetenskapliga tidskrifter, varav 87 från 2017-19, samt 20 doktorsavhandlingar, varav 12 från 2017-19, samt artiklar från konferensproceedings och tekniska rapporter från myndigheter och i några fall från nationella och internationella konsultbolag. Det är uppenbart att betydande delar av den forskning och det utvecklingsarbete som föreslogs i Fud-program 2016 har initierats eller genomförts under den efterföljande 3-årsperioden, dokumenterade genom den omfattande publiceringen under perioden. Påpekas bör även, vilket indirekt kan utläsas i Fud-program 2019, att det finns en betydande kunskapsbas inom de flesta forskningsområdena efter



Kungl. Vetenskapsakademien har till uppgift att främja vetenskaperna och stärka deras inflytande i samhället.  
The Royal Swedish Academy of Sciences has as its aim to promote the sciences and strengthen their influence in society.

snart 45 års forskning och utvecklingsarbete, vilket ej specifikt refereras. Antalet publicerade rapporter och artiklar fram till år 2000 bör rimligen överstiga 1000. Påpekas kan även att KBS/SKB delfinansierat över 100 doktorsarbeten sedan starten på 1970-talet.

Två principer och förhållningssätt i forsknings- och utvecklingsarbetet har konsekvent följts sedan starten, vilket också genomsyrar de senaste Fud-programmen:

- (1) Analyser av tänkbara händelser och utvecklingar liksom risk-och konsekvensanalys skall inte baseras på antagna sannolikheter utan på detaljerad processförståelse. Det innebär förståelse av vilka konsekvenser olika antagna förutsättningar eller omständigheter leder till, och därmed en förståelse hur dessa förutsättningar kan undvikas eller elimineras ("performance assessment"-strategi).
- (2) Varje ny frågeställning eller problem som uppdragas måste analyseras till dess att full förståelse och kunskap har uppnåtts. Ett exempel på detta är den omfattande satsningen på temat kopparkorrosion under olika betingelser, dokumenterad i Fud-program 2019 med totalt 93 referenser, varav 71 från 2017-19.

Det är naturligt att fokus successivt riktas mot aktuella och i tiden närliggande frågor, vilket för Fud-program 2019 är utformningen av SFL och nedläggningen av kärntekniska anläggningar inom ramen för beslutad avveckling av det svenska kärnkraftsprogrammet.

## Detaljkommentarer

### 4 Fortsatt forskning och utveckling

#### 4.12.2 Andra metoder för slutförvaring (sid 99-100)

Upparbetning (återvinning) och transmutation är inte aktuella principer för att ta hand om det svenska använda kärnbränslet, enligt politiska beslut, och därmed ej heller relevanta forskningsområden i dagsläget. Det kan dock synas motiverat att SKB även framledes bevakar dessa områden, utan egna forskningsinsatser. Förändringarna i världen rörande kärnkraftens utbyggnad eller avveckling, utveckling av nya reaktortyper och nya kärnbränslen, liksom även fusionsforskningen, bör följas i Sverige, även om det nationella kärnenergiprogrammet efter politiska beslut föreskriver en strategi som innebär avveckling och deponering av kärnavfall och utbränt kärnbränsle i berggrundsförvar. En allmän erfarenhet är väl för övrigt, att nationella såväl som internationella politiska ställningstagande i så gott som alla frågor radikalt kan ändras med tiden.

### 6 Slutförvaret för långlivat avfall

#### 6.1.3 Metodik och tillämpning (sid 133-134)

#### 6.1.5 Diskussion och slutsatser (sid 134-135)

#### 6.2.2 Lokaliseringsfaktorer för SFL (sid 147)

Uranoxidens låga löslighet i syrefritt grundvatten (reducerande betingelser) har en retarderande funktion, vilket är välkänt och studerat. Möjligheten att grundvattnet kring förvaret kommer i kontakt med luft måste beaktas i utvärderingar av platser och händelser. Exempel finns från Bergslagen hur djupt grundvatten i nedlagda gruvor genom tidigare luftkontakt skapat oxiderande miljöer vilket medfört att uranhalten i vattnet har ökat med en faktor 100 över bakgrundsnivån i ostörd grundvattenmiljö. Urankällan är här oxidmineral som är svårslösliga i syrefri miljö.

### 7 Låg- och medelaktivt avfall

#### 7.1.1 Sorptionspåverkan hos nedbrytningsprodukter från cellulosa (sid 161-162)

Humus- och fulvosyror av naturligt ursprung kan vara starka komplexbildare som bildar lösliga metallkomplex vid höga pH (cementmiljö), då både karboxyl- och hydroxygrupper är aktiva. Här kan likheter finnas med ISA. Möjlig effekt av naturliga humusämnen på radionuklidens löslighet bör beaktas, eller avfärdas efter utredning.



Kungl. Vetenskapsakademien har till uppgift att främja vetenskaperna och stärka deras inflytande i samhället.

The Royal Swedish Academy of Sciences has as its aim to promote the sciences and strengthen their influence in society.

## 8 Använt kärnbränsle

### 8.1 Bränsleupplösning (sid 172-173)

Se kommentar under 6.

### 8.2 Radionuklidspeciering och lösligheter (sid 174-175) även

#### 13.4 Transport- och ackumulationsprocesser (sid 292-293)

Studier av plutoniums rörlighet i mark/vattensystem (plutonium från nedfall) visar på en möjlig omfördelningsprocess, där plutonium(IV) kan reduceras till plutonium(III) i syrefri vattenmiljö och i närvaro av reducerande organiska syror (humus), för att sedan bilda humuskomplex som är mobila och i nästa led av transportkedjan oxideras till sannolikt plutonium(V) vid kontakten med syresatt vattenmiljö.

## 9 Kapsel för använt kärnbränsle

### 9.1 Korrosion (sid 185-198), även

#### 11.3.1 Sulfidbildning och sulfidtransport (sid 240-241)

Viktig och trovärdig forskning, som kan leda till full förståelse av kopparkapselns hållbarhet och integritet.

## 10 Cementbaserade material

### 10.1.1 Grundvattenpåverkan (sid 209)

Korrekt är, att cementbaserade material påverkas av grundvattnet, men minst lika viktigt är, att cementen skapar ett lokalt pH i vattnet, över 10-10,5 så länge cementen är intakt. Karbonatsystemets jämvikt är förskjutet från dominans av vätekarbonat till karbonat. Därmed påverkas specieringen och mobiliteten hos spårmetaller och i förekommande fall radionuklider i den lokala vattenmiljön (hydroxid- såväl som karbonatkomplex, samt vid höga halter organiskt material även humuskomplex). En viktig fråga är alltså hur cementbaserade material påverkar grundvattnets kemiska sammansättning och reaktivitet, speciellt under vilka förhållanden (pH, totalhalt av karbonat, närvaro av organiska ämnen, naturliga såväl som tillsatser i cementen) påverkar aktuella metallers och radionuklidens löslighet och speciering. Detta bör vara kunskap som beaktas i performance assessment-analysen av olika tänkbara betingelser, konceptval och relaterade konsekvenser.

## 11 Lerbarriärer och förslutning

### 11.3.2 Kolloidfrigörelse/erosion (sid 242)

Viktig och välmotiverad forskning, men kolloider finns även i naturvattenmiljöer. Standardmetoden filtrering genom 0,45 µm filter är ej tillräcklig för avskiljning av suspenderad fas, ej heller 0,22 (eller 0,20) µm filter avskiljer hela den kolloidala fasen.

## 12..Berg

### 12.3.2 Processer som påverkar den hydrokemiska miljön (sid 274-276)

Viktig forskning med trovärdiga resultat. Jfr kommentarer under 6.

En god förståelse och beskrivning av grundvattnets kemi och rörelser är givetvis ett krav och nödvändig förutsättning för beräkning av radionuklidens spridning i geosfären och för säkerhetsanalysen. SKB befinner sig nära forskningsfronten inom dessa områden. Viktiga aspekter vad beträffar hydrokemin är bl.a. förekomsten av kolloider, förekomsten av organiska ämnen och förekomsten av och förutsättningarna för mikroorganismer. Se kommentar under 11.

## 13 Ytekosystem

Analys av ytekosystemen och konsekvenserna av spridningen av radionuklider under olika förutsättningar har ökat i omfattning och betydelse, vilket framgår av både nulägesbeskrivningen och



Kungl. Vetenskapsakademien har till uppgift att främja vetenskaperna och stärka deras inflytande i samhället.

The Royal Swedish Academy of Sciences has as its aim to promote the sciences and strengthen their influence in society.

föreslaget program. SKB tar upp viktiga aspekter av betydelse och stor relevans även i andra sammanhang, t.ex. spridning av toxiska ämnen till biogeosfären från samhällets aktiviteter.

#### **14 Klimat och klimatrelaterade processer**

SKBs arbete med klimatfrågor har, liksom ytekosystemstudierna, ökat i omfattning och djup. Föreslagna program är detaljerade och trovärdiga och kopplade till aktuell forskning och observationer, bl.a. Grönlandsprojektet GAP.

#### **Referenser**

Det stora antalet referenser från 2017-19, dvs perioden för Fud-program 2016, 303 referenser av totalt 579 från 2000-2019, visar på hög forskningsaktivitet, inte minst antalet doktorsavhandlingar sedan 2000 (20, varav 12 sedan 2017).

#### **Slutkommentar, slutsatser**

Fud-program 2019 är välstrukturerat och detaljerat. Avsnitten om pågående och planerade forsknings- och teknikutvecklingsinsatser ger en god nulägesbeskrivning som leder till logiska och välmotiverade programförslag för framtiden. Programmet vilar på en omfattande dokumentation.

Noteras kan dock, att ingenting nämns om alternativa strategier utöver slutförvaring av kärnavfall och kärnbränsle, men andra alternativ än slutförvaring är oförenliga med gällande politiska beslut och ligger utanför uppdraget till SKB.

Beslut i detta ärende har fattats av ständige sekreteraren efter förberedande arbete av Bert Allard ledamot av Kungl. Vetenskapsakademiens klass för geovetenskaper.

Stockholm 20 december 2019

Göran K. Hansson  
Ständig sekreterare