

## **Brister i redovisningen av viktiga metodvalsfrågor**

Efter fem års kompletteringar har SKBs slutförvaringsansökan accepterats för prövning i domstol. Men trots gjorda kompletteringar kvarstår även brister med relevans för så basala frågor som valet av slutförvaringsmetod.

Nedan summeras fem frågeställningar där redovisningen antingen är obefintlig eller alltför ensidig för att vara beslutsunderlag:

1. Flerbarriärprincipen och dess konsekvenser för slutförvar som placeras på ca 500 m djup i den övre grundvattenzonen,
2. Hur hantera risker som felbedöms eller helt förbises,
3. Hur värdera en möjlighet att återta deponerade avfallskapslar visavi slutförvaringens krav på säker oåtkomlighet för allt högaktivt avfall,
4. SKBs utgångspunkter och krav för slutförvaringsalternativ, och
5. SKBs jämförelse mellan KBS-metoden och konceptet djupa borrhål.

*I ansökan avhandlas dessa aspekter i Bilaga K:11, K:12 och K:13, vilka ingår i Kompletteringar 2014, som ingår i Bilaga MV – Metodvalet.*

### **1. Flerbarriärprincipen och dess konsekvenser för slutförvar som placeras på ca 500 m djup i den övre grundvattenzonen**

I ansökan hävdas att KBS-metoden infriar alla säkerhetskrav och att metoden har ett fullgott flerbarriärsystem som skydd mot framtida läckage.

När SKB för 35 år sen inriktade det svenska kärnavfallsprogrammet på att utveckla KBS-metoden, var grundtanken att inkapslat avfall skulle placeras på ca 500 m djup och att det skulle ske i redan färdigställda tunnlarna och schakt för att underlätta deponeringen. Valet av detta deponeringsdjup har dock visat sig ha negativa konsekvenser för säkerheten i och med att slutförvaret då placeras i den övre grundvattenzonen, vilket gör att förvaret efter förslutning kommer att omges av ett rörligt grundvatten med kapacitet att föra varje läckage vidare uppåt, om än med viss fördröjning och utspädning. I och med att grundvattnet i denna övre zon har en stadig migration mot lokala och regionala utströmningsområden, finns inga hinder för radioaktiva läckage att efterhand också nå marknära nivåer.

Dessa hydrogeologiska realiteter gör att säkerheten för ett KBS-förvar måste baseras på konstruerade skyddsbarriärer – kopparkapslar och bentonitbuffert – för att dessa tillsammans med omgivande berg ska ge förvaret ett över tid robust barriärsystem. Barriärsystem av denna typ medför dock risker för framtida skador eller felfunktioner, exempelvis orsakade av kopparkorrosion, dålig bentonittätning, jordskalv, ändrad geokemisk miljö under en glaciationscykel, avsiktliga eller oavsiktliga intrång etc.

Förutsättningarna för slutförvar på ca 500 m djup gjorde att SKB redan på 1980-talet styrde upp det svenska kärnavfallsprogrammet genom den så kallade *flerbarriärprincipen*, det vill säga att förvarets långsiktiga säkerhet så långt som möjligt skall baseras på funktionsmässigt oberoende barriärer så att säkerheten över tid kan upprätthållas även om någon del av barriärsystemet skulle skadas i förtid. Detta säkerhetstänkande är väl etablerat.

Idag har detta erfarenhetsbaserade säkerhetstänkande blivit en viktig komponent i all riskhantering, bl.a. genom Nassim Talebs vetenskapliga arbeten (*The Black Swan, The Impact of the Highly Improbable*, 2007). Införandet av mer förlåtande strategier har således

---

<sup>1</sup> För CV se bilaga 1.

blivit ett etablerat sätt att undvika risker och haverier då sådana strategier även reducerar de risker som kan finnas mer eller mindre dolda i teknologiskt komplexa system och i verksamheter med många gränssnitt mellan människa och maskin.

Ambitionen att förse KBS-förvarets flerbarriärsystem med funktionsmässigt oberoende skyddsbarriärer har dessvärre inte infriats trots decennier av målinriktad FoU. Istället har KBS-barriärerna flera inbördes funktionsberoenden. Bland annat ska avfallet omges av kopparkapslar vars skyddsfunktion endast upprätthålls över tid om kapslarnas bentonitbuffert fungerar som planerat, vilket i sin tur förutsätter att all bentonitbuffert i det km<sup>2</sup>-stora förvarsområdet tillförs grundvatten från sprickor i omgivande berg. För att det ska fungera, förutsätts att bentonitbuffertens vattentillförsel inte någonstans sker alltför snabbt, så att bentonit kan spolats bort, eller alltför långsamt, så att kopparkapslar inte i tid får avsett skydd genom bentonitens svällkapacitet.

Funktionssambanden mellan kopparinkapsling, bentonitbuffert och vattenförande sprickor i omgivande berg visar att KBS-metoden *inte* infriar flerbarriärprincipens krav på funktionsmässigt oberoende skyddsbarriärer, och därmed att metoden *inte* har ett i alla avseenden fullgott flerbarriärsystem som skydd mot framtida läckage. Säkerheten för ett KBS-förvar på ca 500 m djup måste istället baseras på ett teknologiskt komplext flerbarriärsystem där funktionssambanden mellan ingående barriärer gör att säkerheten över tid definieras av barriärsystemets svagaste länk.

Inget av dessa realiteter redovisas i SKBs slutförvaringsansökan. Under rubriken *Säkerhetsfunktioner och barriärer* redovisas istället fyra villkor för slutförvaringsmetoder, där särskilt punkt 1 bör uppmärksammas då den är en intressant omskrivning av flerbarriärprincipens krav på funktionsmässigt oberoende barriärer:

- ”Säkerheten ska vila på flerfaldiga barriärer som är så utformade att genombrott av en barriär endast leder till mycket begränsade omgivningskonsekvenser.”
- ”Störningar och haverier ska i största möjliga utsträckning förebyggas.”
- ”Händelser eller förhållanden som kan påverka systemets barriärer ska identifieras. Likaså ska händelser som kan påverka åtgärder och/eller förhållanden avsedda att förhindra och eller mildra konsekvenser av störningar och haverier identifieras. Det ska visas att systemet har acceptabel tålighet om dessa händelser eller förhållanden skulle inträffa.”
- ”Det system som används för omhändertagande av använt kärnbränsle ska vara tåligt mot felfunktioner hos ingående delar och ha hög tillförlitlighet.”

//Se bilaga K:12 i Kompletteringar 2014, avsnitt 5.3.2, sid 84//

Punkt 1 ovan tycks villkora att säkerheten för ett svenskt slutförvar *skall baseras på* ett flerbarriärsystem som utformats så ”att genombrott av en barriär endast leder till mycket begränsade omgivningskonsekvenser”. Samtidigt har SKB ansökt om tillstånd att använda en slutförvaringsmetod där *genombrott i en KBS-barriär* skulle medföra helt oacceptabla omgivningskonsekvenser i nästan alla risk-scenarier. För skulle kopparinkapslingen inte fungera som planerat, eller skadas av andra skäl, degraderas också bentonitbarriären i förtid så att omgivande grundvatten efterhand kan sprida deponerat kärnavfall ända upp till marknära nivåer. Om istället bentonitbarriären inte skulle fungera, eller skadas av andra skäl, havererar även kopparinkapslingen i förtid så att omgivande grundvatten efterhand kan sprida deponerat kärnavfall ända upp till marknära nivåer.

Hur SKB får detta att gå ihop, redovisas ej. Då punkt 1 ovan är ett av de säkerhetskrav för omhändertagande av använt kärnbränsle som anges vara ”*härledda ur lagen om kärnteknisk verksamhet och dess föreskrifter*” (se avsnitt 5.3.2 Säkerhetskrav, sid 84 i bilaga K:12), finns åtminstone två möjliga tolkningar:

- att SKB faktiskt anser att genombrott i en av KBS-metodens skyddsbarriärer *endast kan leda till* mycket begränsade omgivningskonsekvenser, det vill säga att en skyddsbarriär, men inte både inkapslingen och bentonitbarriären, skulle kunna haverera utan att det medför oacceptabla omgivningskonsekvenser,
- att SKB anser *det vara så osannolikt* att det sker genombrott i en av KBS-metodens skyddsbarriärer som leder till oacceptabla omgivningskonsekvenser, så att KBS-metoden därmed uppfyller alla säkerhetskrav som kan härledas ”ur lagen om kärnteknisk verksamhet och dess föreskrifter”.

Oavsett vilken tolkning SKB gjort, är ansökans redovisning både ofullständig och motsägelsefull och därtill på en för metodvalet viktig punkt.

Tydligt är att KBS-metoden inte klarar flerbarriärprincipens konceptuella krav på funktionsmässigt oberoende barriärer, i och med att KBS-barriärerna faktiskt har inbördes funktionsberoenden. Då inte heller detta redovisas i ansökan, tycks SKB anse att flerbarriärprincipens idag etablerade säkerhetstänkande *inte kan härledas* ur ”lagen om kärnteknisk verksamhet och dess föreskrifter”. I så fall borde SKB förklara varför bolaget inte vill använda flerbarriärprincipens sedan länge etablerat säkerhetstänkande, trots att detta med framgång används inom så skilda samhällssektorer som industriell produktion, vägbyggande och kommunal planering, och därmed även borde vara relevant vid utformandet av ett svenskt slutförvar.

Internationellt har SKBs målmedvetna utveckling av KBS-metoden rönt stor uppskattning, och med rätta. Bland annat för att målet faktiskt var att utveckla en operativt fullgången slutförvaringsmetod, vilket än idag 35 år senare, skulle vara ett ambitiöst mål i de flesta kärnkraftländer. Fortfarande beskrivs KBS-metoden nästan alltid i positiva ordalag internationellt, vilket visar att SKB åtminstone infriat sitt ambitiösa mål i så motto att inte heller internationellt verksamma forskare har funnit några möjligheter att förbättra KBS-metodens barriärsystem. Därmed finns internationellt stöd för SKBs bedömning att KBS-metoden inte bara är den mest utvecklade metoden, utan rent av den bästa som kan projekteras för en kärnavfallsdeponi på ca 500 meters djup i den övre grundvattenzonen. I ansökan framställs detta erkännande av KBS-metoden som enbart positivt trots att det också visar *att varken svenska eller internationellt verksamma forskare* har kunnat utveckla KBS-metodens flerbarriärsystem så att det kan möta flerbarriärprincipens sedan länge etablerade funktionsvillkor.

Självfallet måste en tillståndsansökan för ett svenskt slutförvar innehålla en samlad redovisning där alla säkerhetsrelaterade realiteter för metodvalet redovisas med vetenskaplig systematik. En sådan realitet är att KBS-metoden, trots decenniernas miljardsatsningar, inte kunnat förses med ett flerbarriärsystem som möter dagens säkerhetskrav och som flerbarriärprincipen synliggjorde redan på 1980-talet. En annan realitet är att det på 3-5 km djup i den nedre grundvattenzonen finns flera av naturen givna skyddsbarriärer som dels fungerar oberoende av varandra och dels redan har blivit långtidstestade under årmiljonernas lopp, vilket gör att slutförvar på dessa djup har goda förutsättningar att fullt ut infria flerbarriärprincipens säkerhetskrav.

## **2. Hur hantera risker som felbedöms eller helt förbises**

Människans förmåga till analys och planering är stor. Modern hjärnforskning visar likafullt att vi även har en ”inbyggd förmåga” att dra fel slutsatser genom vår evolutionärt och socialt utvecklade benägenhet att undervärdera risker, vilket bland andra Daniel Kahneman och Nassim Taleb analyserat om än från skilda utgångspunkter. Mest uppmärksammat är kanske Talebs ”Black Swan Theory” som synliggör betydelsen av det hittills oförutsedda. I det

exponeras ett svårhanterligt dilemma i all planering; *Hur gör man för att beakta risker och händelseförlopp som inte förutses, men som man av erfarenhet vet kan finnas?*

Nedan summeras orsaker bakom tre kärntekniska olyckor som på olika sätt belyser grava planeringshaverier.

Haveriet i Fukushima, 2011, visade att alla säkerhetsinstanser gravt felbedömt sannolikheten att jordskalv och tsunamivågor skulle kunna slå ut reaktorernas nödkylningssystem. Säkerhetsinstanserna hade nog analyserat dessa risker och vilka säkerhetsåtgärder som behövdes men utan att beakta behovet av marginaler för felbedömningar. Exempelvis hade säkerhetsinstanserna utan större merkostnader kunnat placera den för nödkylningen viktiga reservkraften på högre nivåer och därmed utom räckhåll även för tsunamivågor som vida överskred de risk- och sannolikhetskalkyler de gjort.

I Barsebäck 2, 1992, var det slumpen och personalens improvisationsförmåga som räddade Öresundsområdet från utsläpp. Kärnkraftinspektionens haveriutredning visade att alla säkerhetsinstanser (bl.a. tillverkare, ägare och kontrollmyndigheter) gravt felbedömt risken för det olycksförlopp som de facto hindrade reaktorns kylning. Därmed fanns varken plan eller beredskap att häva det pågående olycksförloppet och katastrofen tycktes oundviklig. Personalen gav dock inte upp och tid fanns att åtminstone försöka testa om man kunde få tillbaka tillräcklig kylning genom att helt sonika koppla om elströmmen och på så sätt köra den olycksdrabbade vattenpumpen åt ”fel” håll. De lyckades! Haveriutredningen visade dock *att det bara var tillfälligheter, d.v.s. slumpen*, som gjorde att just denna olycksreaktor hade fått en på detta sätt värdbar pump och att sådana bara helt slumpvis hade installerats i hälften av de svenska reaktorerna eftersom ingen hade förutsett detta ”behov”.

Efter olyckan i Forsmark 2006 visade Kärnkraftinspektionens granskningsrapport att alla säkerhetsinstanser hade förbisetat att även ett helt vanligt stopp i elförsörjningen faktiskt kunde medföra att reaktorns nödvändiga kylning inte kunde återställas med de reservgeneratorer *som hade installerats för just detta ändamål*. Här uppdagades således en gigantisk planeringsmiss som ingen upptäckt trots de till synes rigorösa och återkommande säkerhetskontroller som gjorts under decennier av svensk reaktordrift. Dessbättre kunde personalen även här improvisera och i tid upprätta ny elförsörjning för reaktorns kylning.

Grava felbedömningar och systemfel kan således även förekomma i svenska kärntekniska verksamheter, trots att där bevisligen läggs stora resurser på planering och kontroll för att skapa en heltäckande säkerhetskultur. Lika klart är att denna typ av felbedömningar och systemfel inte kan bemästras med än mer rigorös planering och kontroll, vilket bland annat belyses i Talebs *The Black Swahn, Second edition (2010)*, i avsnittet ”*On Robustness and Fragility*”. Likaså analyseras varför denna typ av förbisedda risker blir mer frekventa i teknologiskt komplexa system och i verksamheter med komplexa gränssnitt mellan människa och teknik.

Teknologiskt komplexa verksamheter, och särskilt de med extremt stora olyckskonsekvenser, måste således omges av extra förtänksamhet så att säkerheten kan baseras på mer förlåtande strategier och mer tilltagna marginaler för att så långt som möjligt även försöka minimera konsekvenser av risker som kan ha felbedömts eller förbisetts.

Ett KBS-förvar i den övre grundvattenzonen är en teknologiskt komplex anläggning där varje felfunktion kan få extrema konsekvenser i både tid och rum. Varken dessa realiteter, eller hur de bör hanteras, redovisas i SKBs tillståndsansökan. Därtill förbigås att flerbarriärprincipens krav på funktionellt oberoende skyddsbarriärer numera är ett etablerat sätt för att minimera risker och händelseförlopp som kan ha förbisetts eller felbedömts.

Oviljan att öppet redovisa och analysera dessa säkerhetsaspekter är anmärkningsvärd, särskilt som man under rubriken *Säkerhetskrav; Säkerhetsfunktioner och barriärer* har identifierat behovet att även minimera förbisedda risker och felfunktioner som kan finnas mer eller mindre dolda även i svenska kärnavfallskoncept:

- ”Störningar och haverier ska i största möjliga utsträckning förebyggas.”
- ”Det system som används för omhändertagande av använt kärnbränsle ska vara tåligt mot felfunktioner hos ingående delar och ha hög tillförlitlighet.”

//Se bilaga K:12 i Kompletteringar 2014, avsnitt 5.3.2, sid 84//

## Referenser:

- Taleb, Nassim Nicholas 2007. The Black Swan: The Impact of the Highly Improbable.  
Taleb, Nassim, Nicholas 2010. The Black Swan: Second Edition: The Impact of the Highly Improbable: With a New Section: "On Robustness and Fragility"  
Kahneman, Daniel 2011. Thinking, Fast and Slow  
Wikipedia, Barsebäckshändelsen 1992  
SKI Granskningsrapport 2006-09-14, ärende SKI 2006/779 (gäller Forsmark 2006)

### 3. Hur värdera en möjlighet att återta deponerade avfallskapslar visavi slutförvaringens krav på säker oåtkomlighet för allt högaktivt kärnavfall

I ansökan hävdas att KBS-metoden ger framtida generationer ökad valfrihet genom att de, vid behov, skulle kunna återta skadade avfallskapslar, vidta förstärkningsinsatser av förvaret eller helt avbryta slutförvaringen till förmån för något annat som då anses bättre. Dessvärre kan inget av detta garanteras över tid. Exempelvis kan ingen här och nu säkerställa att de människor som lever här om några hundra år, eller som en gång återbefolkar Sverige efter en nedisning, kommer att ha den radiologiska kunskap eller teknologiska kompetens som krävs för att kunna återta kärnavfallskapslar som deponerats på 500 m djup, reparera förvaret eller ens i tid upptäcka läckage.

Slutförvaringens huvudmål är att varken utsätta oss själva eller kommande generationer för onödiga risker, ansvar eller kostnader till följd av vår tids kärnavfall, vilket bl.a. medför att inga läckage får nå biosfären under årtusenden. KBS-metodens "inbyggda återtagbarhet" av deponerat kärnavfall motverkar dock ansvarsålet att det är vi, här och nu, som skall trygga kärnavfallens oåtkomlighet över tid. Dessutom kan framtida generationer utsättas för *ökad risk* om vi, här och nu, skulle välja att deponera högaktivt och plutoniumhaltigt kärnavfall på så ringa djup att det kan återtas eller utsättas för sabotage. Vidare medför all återtagbarhet av kärnavfall ökade safeguard-kostnader, vilket strider mot slutförvaringens andra och tredje mål; att inte belasta kommande generationer med ansvar eller kostnader till följd av vår tids kärnavfall.

*SKBs bild av återtagbarhetens fördelar är så ensidig och fragmentarisk att den inte duger som beslutsunderlag. Istället krävs en allsidig redovisning av återtagbarhetens faktiska för- och nackdelar, såväl för KBS-metoden som för andra metoder.*

### 4. SKBs utgångspunkter och krav för slutförvaringsalternativ

*Dessa aspekter avhandlas i bilaga K:11 (SKBs jämförande bedömningar av andra studerade metoder...), som ingår i Kompletteringar 2014.*

I avsnitt 2.2 och 2.3, sid 8, omformuleras SSMs BAT-skrivning (se sid 6) med hänvisning till att det saknas färdigutvecklade slutförvaringsalternativ. I 2.3:s slutrader, sid 8, går dock SKB över rimlighetens gräns då bolaget hävdar att andra metoder "redan på konceptstadiet ska visa på klara och strålsäkerhetsmässiga fördelar jämfört med KBS-metoden" (vilket kan tyckas rimligt), samt att de "med säkerhet ska kunna utvecklas till en industriellt användbar metod".

Det är oseriöst att villkora alternativmetoder på detta sätt eftersom det varken i Sverige eller internationellt finns några slutförvaringskoncept som med säkerhet kan utvecklas till det avsedda. Utgångspunkten måste istället vara att sökanden ska redovisa alla alternativmetoder som på konceptstadiet har strålsäkerhetsmässiga fördelar jämfört med KBS-metoden och som med rimlig säkerhet kan utvecklas till en användbar slutförvaringsmetod.

Denna korrigerings är nödvändig eftersom SKB med sin skrivning kan kortsluta MKB-prövningen i och med att det här och nu inte finns något metodalternativ som med säkerhet kan utvecklas till en användbar slutförvaringsmetod.

Avsaknaden av andra förvaringsmetoder beror dessutom på att SKB inte velat utveckla något alternativ till KBS-metoden trots att forskare redan på 1990-talet hade påvisat grundvattenzoneringens remarkabla stabilitet över årtusenden och de säkerhetsmässiga fördelar som bevisligen finns för en slutförvaring på 3-5 km:s djup i den nedre grundvattenzonen, förutsatt att deponeringen kan genomföras utan att äventyra grundvattnets stabila skiktning.

## **5. SKBs jämförelse mellan KBS-metoden och konceptet djupa borrhål**

*Dessa aspekter avhandlas i avsnitt 6, sid 17-21, i bilaga K:11 (SKBs jämförande bedömningar av andra studerade metoder än den valda metoden, KBS-3), men också i bilaga K:13 (Uppdatering av rapporten Jämförelse mellan KBS-3-metoden och deponering i djupa borrhål... SKB P-14-21) som båda ingår i Kompletteringar 2014.*

Fyråsidiga jämförelser mellan dessa två metoder finns i såväl K:11 (sid 17-21) som K:12 (sid 90-93) men har i båda fallen baserats på K:13 (SKB P-14-21) som är en konsultrapport utan ”peer review”-granskning. Bra är att redovisningen av borrhålkonceptets teknikrelaterade data, bl.a. borrhålsdimensionering, borrhålskonstruktion och deponeringsmetodik, äntligen har uppdaterats och försetts med referenser till de arbeten som främst gjorts i USA och England. I övrigt är redovisningen lika ofullständig och tendensiös som tidigare.

Belysande är att SKB utnyttjar konceptens olika teknologiska mognad i jämförelser som inte baseras på vetenskaplig systematik. Sålunda redovisas inte DB-konceptets fördelar som fördelar, utan som icke-verifierade och rent av osäkra ”bedömningar”, ”antaganden” och ”förmodanden”, medan listade fördelar för KBS-metoden redovisas som verifierade även i de fall då fördelen är mycket tveksam och villkorad vad som händer i olika framtidsscenarier. Exempelvis är KBS-metodens möjliga återtagbarhet av deponerade avfallskapslar bara positivt i några få framtidsscenarier, och därtill i strid med det som är slutförvaringens huvuduppgift, d.v.s. en långtidssäkrad oåtkomlighet, se punkt 3 ovan.

Direkt oseriöst är att SKB tonar ned, eller helt utelämnar, det som är KBS-problematiskt. Exempelvis medför valet av deponeringsdjup, ca 500 m, att säkerheten över tid inte ens kan baseras på funktionellt oberoende skyddsbarriärer, d.v.s. det idag etablerade säkerhetstänkande som flerbarriärprincipen synliggjorde redan på 1980-talet, se punkt 1 ovan. Likaså förtigs den ökade sårbarhet som erfarenhetsmässigt ofta finns i teknologiskt komplexa anläggningar av KBS-typ och att flerbarriärprincipens krav på funktionellt oberoende skyddsbarriärer är ett konstruktivt sätt att försöka minimera risker och händelseförlopp som kan ha förbisetts eller felbedömts, se punkt 2 ovan. Kort sagt, de ”jämförande slutsatser” som redovisas i K:13, och som delvis återges på andra ställen i ansökan, är både ensidiga och ofta missledande.

En allsidig jämförelse mellan dessa två metoder kräver också en korrekt redovisning av konceptet djupa borrhål. Även i detta avseende finns det stora brister i K:13 (SKB P-14-21) i och med att SKB i denna rapport ofta frångår vetenskaplig systematik.

Att ifrågasätta publicerade data och förorda en viss metod, är självfallet OK. Likaså har alla rätt att omtolka eller helt bortse från publicerade data; fast bara *där och då* det följs av klagande motiveringar. Därför krävs klagande motiveringar på varje punkt där det anses behöva ge en annan beskrivning av borrhålskonceptets säkerhet än den som framgår av vetenskapliga studier och publicerade data. Fakta är att forskare i oberoende studier har påvisat att det på 3-5 km:s djup finns flera funktionsmässigt oberoende skyddsbarriärer som var för sig hämmar spridning av radioaktiva ämnen upp mot biosfären. Då dessa barriärer

samverkar, kan de beskrivas på lite olika sätt. Likväl framgår det överallt att säkerheten inte baseras på en oprecis singularitet som ”den naturliga bergbarriären”, utan tvärtom på en kombination av flera skyddsfunktioner; bl.a. ett stabilt densitetsskiktat grundvatten, låg permeabilitet, gynnsam grundvattenkemi och stort djup, se nedan, vilka tillsammans bedöms ge borrhålsförvaret ett över tid mer robust skydd än vad som kan påräknas för deponier av KBS-typ som placeras i den övre grundvattenzonen.

Nedan summeras de barriärfunktioner som dagens borrhålskoncept baseras på:

- **grundvattnets zoner**, vilket på 3-5 km djup motverkar vertikala grundvattenrörelser, och särskilt uppåtriktade rörelser till den övre zonens grundvatten pga. den stora densitetskontrast som finns mellan den övre och undre zonens vatten,
- **det höga trycket som på dessa djup ger låg permeabilitet** (*genom att trycket på dessa djup minimerar andelen öppna sprickor i berget*), vilket begränsar grundvattnets mobilitet och därmed radionukleiders spridningsvägar i berggrunden,
- **grundvattnets sammansättning**, vilket på 3-5 km djup ger en kemisk reducerande miljö som hämmar löslighet och därmed transport av kritiska radionukleider. Vidare finns höga jonladdningar, vilket motverkar kolloidal transport av radionukleider, och
- **det stora deponeringsdjupet (3-5 km)**, vilket minimerar risken för både avsiktliga och oavsiktliga intrång i förvarsområdet.

Utöver dessa av naturen givna och över tid ”testade” skyddsfunktioner kan säkerheten förstärkas genom konstruerade barriärer, bl.a. genom att:

- **tillföra kemiska komponenter i borrhålens buffertmaterial** för att via kemiska reaktioner med kritiska radionukleider, som jod<sup>129</sup>, få dessa stabilt kvarhållna i deponiområdet, och
- **använda kapselmaterial särskilt anpassade till den geokemiska miljön på 3-5 km djup**, vilket åtminstone i närtid bidrar till att hålla kvar kärnavfallet inne i avfallskapslarna.

Då sammanställningar som ovan baseras på vetenskapliga studier och publicerade data, är det varken seriöst eller förenligt med vetenskaplig metodik när SKB i ansökan i oprecisa skrivningar, och helt utan klargörande motiveringar, hävdar att borrhålsförvarets säkerhet främst bygger på ”bergbarriären” och att säkerheten inte kan ”upprätthållas genom ett system av barriärer” så att ”nödvändig säkerhet även upprätthålls vid enstaka brist i en barriär” (K:12, sid 90).

Lika oseriöst är att inte ens försöka ge en hydrogeologiskt korrekt sammanställning av de hydrogeologiska, fysiska och geokemiska skyddsbarriärer som borrhålskonceptet baseras på, särskilt som sådana också finns i de publikationer som refereras till när SKB i Kompletteringar 2014 tvingades uppdatera sin tidigare redovisning av borrhålskonceptets teknikrelaterade data.

Utöver dessa brister finns det dessutom ytterligare oseriösa inslag. Exempelvis presenteras en ny och egentillverkad bild av grundvattnets zoner (K:13, Fig 6-1, sid 17). Även denna nya figur är hydrogeologiskt orimlig, och dessutom i samma avseende som en annan länge kritiserad figur (Fig 3-1, sid 36). För i denna nya figur visualiseras med god färgkontrast att det i normalt svenskt urberg skulle finnas ”någon sorts stora sjunkhål” där lätt ytnära grundvatten – trots den stora densitetenskontrasten till den undre zonens mycket saltare och därmed bevisligen tyngre grundvatten – kan sjunka så djupt ned att det hamnar hundratals meter nere i ett mycket tyngre grundvatten. För att så ska ske krävs emellertid att det långt ner i berggrunden skulle finnas områden där tyngdlagen inte gäller. Då tyngdlagen vanligen anses gälla överallt i universum, blir det rätt osannolikt när SKB i en ny egentillverkad figur visar att tyngdlagen, trots allt, inte är att lita på i urbergsområden som bedöms lämpliga för ett svenskt borrhålsförvar.

Att den övre zonens lätta grundvatten kan nå betydande djup i områden med stora topografiska kontraster (t.ex., nära fjällkedjan) och i anslutning till stora sprickzoner, är en sak, men att år 2014 påskina att det även skulle gälla normala urbergsområden i Sverige

stämmer varken med hydrogeologiska data från Sverige eller från någon annan del av detta jordklot. Därtill finns även SKB-rapporter med isotopdata som visar att grundvattenzoneringens stabilitet kan bestå över årmiljoner, och även i urbergsområden som bevisligen gått igenom långa perioder av stora jordskalv och återkommande nedisningar.



## **Kort CV, maj 2016 -- Karl-Inge Åhäll, 451110-5738**

Efter disputation vid Göteborgs universitet 1989 har jag i huvudsak arbetat som geolog med forskning om södra Sveriges berggrundsbildning. Utnämndes till docent 1999 och professor 2005.

Mellan 1995 och 2008, var jag koordinator för en internationell forskargrupp med fokus på kontinental berggrundsbildning och dess koppling till platt-tektoniska processer.

Från 2000, och även efter pensionering 2012, har jag på deltid svarat för undervisningen i geovetenskap vid Karlstads universitet.

Parallellt med det ”yrkesmässigt geologiska” har jag under lång tid följt det svenska kärnavfallsprogrammet; först som förtroendevald i Svenska Naturskyddsföreningen och därefter som konsult och sakkuning, bl.a för Kärnavfallsrådet och MKG (Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskning). Under senare år har jag fokuserat på deponeringsdjupets betydelse för metodvalet och att komplettera SKBs redovisning av konceptet djupa borrhål:

- ***Slutförvaring av högaktivt kärnavfall i djupa borrhål; en utvärdering baserad på senare års forskning om berggrunden på stora djup.*** MKG Rapport 1, maj 2006 och uppdaterad nov 2007.
- ***Deponeringsdjupets betydelse vid slutförvaring av högaktivt kärnavfall i berggrunden --- en karakterisering av grunda och djupa slutförvar,*** jan 2011. Rapporten är tillgänglig via Kärnavfallsrådets hemsida.