

## **Bilagor till avgiftsförslaget för 2015 enligt finansieringslagen**

- Konjunkturinstitutet:  
"Kommentarer till beräkningar av externa ekonomiska faktorer i SKB:s rapport Plan 2013 Underlag för kostnadsberäkningar"
- Norges tekniska naturvetenskapliga universitet:  
"Vurdering av usikkerhetsanalyse: Sluttlagringen for svensk kjernekraftavfall 2013"
- Nuclear Decommissioning Authority:  
"Ringsås, Oskarshamn and Forsmark 2013 Decommissioning Cost Studies: NDA Review Report"

## Kommentarer till beräkningar av externa ekonomiska faktorer i SKB:s rapport Plan 2013 Underlag för kostnadsberäkningar

Konjunkturinstitutet (KI) har på uppdrag av Strålsäkerhetsmyndigheten (SSM) granskat de beräkningar av så kallade externa ekonomiska faktorer (EEF) som Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB) har genomfört i rapporten Plan 2013 Underlag för kostnadsberäkningar.<sup>1</sup> KI har även tidigare granskat SKB:s beräkningar av olika EEF:er.<sup>2</sup> KI har då framfört omfattande kritik mot SKB:s beräkningar, såväl vad gäller hantering av data som metod. På ett fåtal punkter har SKB tagit till sig KI:s synpunkter, men KI:s tidigare kritik kvarstår i mångt och mycket. Slutsatsen är att SKB:s beräkningar av EEF:er i sig riskerar att leda till en påtaglig underskattning av kostnader för hanteringen av kärnkraftens radioaktiva restprodukter.

Denna rapport är upplagd enligt följande. En sammanfattning av de viktigaste slutsatserna ges i avsnitt 1. I avsnitt 2 avhandlas metodfrågor. I avsnitt 3 diskuteras SKB:s hantering av data. I avsnitt 4 granskas olika EEF:er mera ingående och SKB:s och KI:s framskrivningar av EEF:er presenteras. I Appendix redovisas hur SKB och KI beräknar utfall för olika EEF:er samt de fel och brister som KI har identifierat i SKB:s beräkningar.

### 1. Sammanfattning

Långsiktiga prognoser av det slag som SKB genomför i Plan 2013, flik 7 och 8, kommer alltid att vara behäftade med mycket stor osäkerhet. Det ligger i sakens natur att det är svårt att sia om utvecklingen 50–60 år framåt i tiden. Det är till att börja med inte självklart vilken utgångspunkt man ska ha för framskrivningarna. En utgångspunkt kan vara teoretiska överväganden och modeller med strukturella förklaringsvariabler, en annan kan vara tidsserieanalys där trender extraheras ur historisk data.

SKB har valt att i huvudsak förlita sig på det senare. SKB argumenterar för att det är viktigt att använda långa tidsserier och att man bör använda data från och med 1950. Ansatsen ställer stora krav på insamling och hantering av data. Det måste göras en analys av vilken data som är relevant för ändamålet och vilka källor som kan användas. Detta är helt avgörande eftersom data som finns att tillgå bara kan ses som en approximation för olika EEF:er. Data måste sammanställas, beräknas och dokumenteras med stor nog-

---

<sup>1</sup> Kontaktpersoner på Konjunkturinstitutet är Jesper Hansson och Kristian Nilsson.

<sup>2</sup> Se Konjunkturinstitutet (2011, 2013b).

grannhet. Bearbetning av data måste vara transparent för att underlätta kvalitetssäkring. Tyvärr kan KI konstatera att det, liksom vid tidigare granskningar, finns allvarliga brister i SKB:s framtagande av EEF:er. Bristerna beskrivs utförligt i Appendix och här presenteras bara en övergripande lista över brister och felaktigheter i data:

EEF 1 – Real arbetskostnad per producerad enhet, tjänstesektorn:

- Föråldrad data för enhetsarbetskostnad
- Fel data för produktivitet

EEF 2 – Real arbetskostnad per producerad enhet, byggindustrin:

- Föråldrad data för enhetsarbetskostnad
- Fel i beräkning

EEF 3 – Reala maskinpriser:

- Baseras på producentpriser (inkluderar exportpriser) i stället för på inhemska tillgångspriser (som speglar priser i Sverige)

EEF 4 – Reala priser på byggmaterial:

- Baseras på data för byggkostnader som delvis utgörs av arbetskostnader (vilket EEF 2 avser mäta)
- Felaktig sammanlänkning av data från olika källor

EEF 5 – Realt pris på koppar (USD/ton):

- Felaktig (och onödig) sammanlänkning av data från olika källor
- Felaktig beräkning (omindexering) av KPI för USA

EEF 6 – Realt pris på bentonit (USD/ton)

- Felaktig beräkning (omindexering) av KPI för USA

EEF 7 – Reala effektivitetsjusterade energipriser:

- Beräknar index för nominella priser, inte reala som avsett

EEF 8 – Real växelkurs SEK/USD

- Fel formel för beräkning av real växelkurs
- Felaktig beräkning (omindexering) av KPI för USA

KI har alltså identifierat mer eller mindre allvarliga brister i samtliga EEF:er. Kvalitetssäkringen av arbetet med att ta fram EEF:er är uppenbarligen eftersatt. Även dokumentationen av EEF:er i Plan 2013 har stora brister, liksom den Excel-fil där beräkningarna utförs. Det verkar dessutom som om SKB:s ekonometrikonsult inte har använt exakt samma data som SKB använder sig av för EEF 4–6.

KI har även invändningar mot SKB:s metod för att prognostisera olika EEF:er. Valet av metod är dock inte självklar. Det finns ibland behov av avvägningar och utrymme för bedömningar.

En viktig metodologisk fråga är om prognosmodellerna ska vara linjära eller exponentiella. KI har tidigare kritiserat SKB för valet av linjär modell. Detta spelar stor roll i praktiken eftersom en linjär modell konsekvent kommer att ge en lägre prognosbana. KI står fast vid att en exponentiell modell bör väljas. Det finns starka teoretiska och empiriska skäl för detta. KI har inte heller funnit någon annan studie där en linjär ansats väljs i samband med långsiktiga prognoser av relativpriser. Ett belysande exempel på varför en linjär modell bör undvikas är SKB:s egen modellbaserade prognos för EEF 5 (realt pris på koppar). SKB:s modell ger här resultatet att kopparpriset med 10 procents sannolikhet blir negativt år 2061 (och framåt). Detta är en orimlig egenskap som undviks med en exponentiell modell.

I några fall väljer SKB på lösa grunder att helt frånga modellresultaten i sina prognoser. Det är naturligtvis viktigt att man har ett prövande förhållningssätt till de modellbaserade prognoserna. Men givet den ansats som SKB har valt, måste det till starka argument för att bortse från modellprognosen. KI:s bedömning är att SKB inte särskilt väl argumenterar för varför man i vissa fall bör frånga modellprognosen och varför den bedömningsprognos man gör är att föredra.

I ett fall (EEF 2) väljer SKB att bortse från data för perioden 2008–2011 som underlag för modellberäkningarna. Enligt KI:s bedömning är SKB:s argumentation inte trovärdig. Samtidigt resulterar det i en mycket lägre prognos än vad som annars vore fallet.

KI har tagit fram egna tidsserier för samtliga EEF:er utom EEF 4.<sup>3</sup> Utgångspunkten har främst varit att korrigera de fel som finns i SKB:s beräkningar, men i de flesta fallen har KI även tagit fram eget underlag.

I tabell 1 redovisas SKB:s och KI:s framskrivningar av EEF 1–8. Till skillnad mot i Plan 2013 är all data indexerad så att 2007=100.

---

<sup>3</sup> KI gör bedömningen att de proxier för pris på byggmaterial som SKB använder – dvs. byggkostnadsindex och entreprenadindex – inte är särskilt relevanta eftersom de till betydande del utgörs av arbetskostnader, vilket mäts genom EEF 2. KI har ingen djupare kunskap om vilken byggmateriel som är mest relevant och har därför inte tagit fram egen data.

**Tabell 1 Framskrivning av EEF**

Index 2007=100

		2011	2070
EEF 1 – real arbetskostnad per producerad enhet, tjänstesektorn	SKB	102,8	125,1 <sup>4</sup>
	KI	102,8	163,0
EEF 2 – real arbetskostnad per producerad enhet, byggindustrin	SKB	115,7	136,0
	KI	115,7	201,0
EEF 3 – reala maskinpriser	SKB	101,0	72,7
	KI	97,8	92,7
EEF 4 – reala priser på byggmaterial	SKB	107,8	140,9
	KI	–	–
EEF 5 – realt pris på koppar (USD/ton)	SKB	114,0	70,2
	KI	114,1	225,3
EEF 6 – realt pris på bentonit (USD/ton)	SKB	119,9	119,9
	KI	142,2	70,5
EEF 7 – reala effektivitetsjusterade energipriser	SKB	132,6	120,0
	KI	112,4	153,0
EEF 8 – real växelkurs SEK/USD	SKB	95,0	107,1
	KI	97,2	96,5

Källor: KI och SKB

## 2. Metod

KI instämmer i SKB:s syn att det finns betydande fördelar med att använda långa tidsserier som utgångspunkt för framskrivningarna av olika EEF:er för perioden 2011–2070. SKB argumenterar för att det av olika skäl inte är lämpligt att använda data från före år 1950.<sup>5</sup> Som sista utfallsår använder SKB år 2011, vilket ger 62 årliga observationer.

---

<sup>4</sup> SKB:s prognosekvation för EEF 1 ger värdet 126,1 år 2070. Det här redovisade värdet 125,1, baseras på vad som redovisas av SKB i Tabell 3.1, se s. 28 i SKB (2014).

<sup>5</sup> Se s. 7, SKB (2014).

Liksom SKB anser KI att det är viktigt att de prognosmodeller som tas fram för olika EEF:er grundas i bra och relevant statistisk analys. Naturligtvis bör även teoretiska överväganden spela in. KI:s syn är dock att bedömningar utan modellstöd generellt bör undvikas vid framskrivningarna.

Nedan diskuteras de metodologiska problem KI har identifierat i SKB:s beräkningar ingående. Metodfrågor som är nära knutna till datahantering diskuteras i avsnitt 3.

### *2.1 Linjär eller exponentiell utveckling*

SKB väljer att använda sig av linjära prognosmodeller. KI har tidigare vid tidigare granskningar kritiserat SKB för detta.<sup>6</sup> KI förordar att man använder exponentiella prognosmodeller. Detta innebär att man skattar modellerna på data som transformeras till att beskriva relativ/procentuell förändring (approximativt det samma som linjär utveckling för logaritmerad data) snarare än att beskriva absolut förändring. KI står fast i sin kritik.

SKB anför teoretiska argument till varför man inte använder en exponentiell prognosmodell. De teoretiska skäl som SKB anger är svårbegripliga av flera skäl.

SKB skriver att ”På BNP-nivå måste den reala kostnaden per producerad enhet på lång sikt vara i det närmaste konstant. Ökningar i den reala lönen måste på denna nivå ha sin grund i ökningar i produktiviteten. Ser vi till stora aggregat i ekonomin begränsas möjligheterna till tillväxt i real kostnad per producerad enhet av denna makrorestriktion. Om en stor sektor i ekonomin får en mycket kraftig uppgång måste någon/några andra sektorer få en nedgång” (s. 17, SKB (2014)). Det som påstås i de två första meningarna i citatet är okontroversiellt; det implicerar ett antagande om att arbetskostnadernas andel av förädlingsvärdet är konstant över tiden, vilket är en rimlig utgångspunkt på lång sikt. Vad SKB vill säga med de sista två meningarna i citatet är dock oklart. SKB förefaller här mena att det på lång sikt inte är rimligt att (den reala) enhetsarbetskostnaden utvecklas olika snabbt i olika delar av ekonomin, eller att denna möjlighet i alla fall är begränsad.

KI:s syn är här den diametralt motsatta. Det inte bara är möjligt utan också en bra prognos att (den reala) enhetsarbetskostnaden på lång sikt kommer att utvecklas olika snabbt i olika delar av ekonomin. Det beror på att olika sektorer i ekonomin har olika förutsättningar för produktivitetstillväxt.

I diagram 1 visas produktivitetstillväxt i några olika branscher i den svenska ekonomin för perioden 1950–2000. Data har hämtats från Edvinsson (2005), [www.historia.se](http://www.historia.se), d.v.s. samma källa som SKB använder sig av. Produktivitetstillväxten har varit jämförelsevis hög i industrin. I genomsnitt har produktiviteten ökat med drygt 4 procent per år under perioden. I branschen för privata tjänster har produktivitetstillväxten varit betydligt lägre, i genomsnitt ca 1 procent per år. Detta är inte överraskande eftersom den teknologiska utvecklingen tenderar att betyda mindre här. I byggindustrin har utvecklingen i genomsnitt varit lite starkare, ca 2 procent per år. Som framgår av diagrammet har det inte funnits någon stark tendens till att produktivitetstillväxten har konvergerat i de redovisade branscherna. Det finns inte heller några starka skäl att tro att så ska ske framöver, ef-

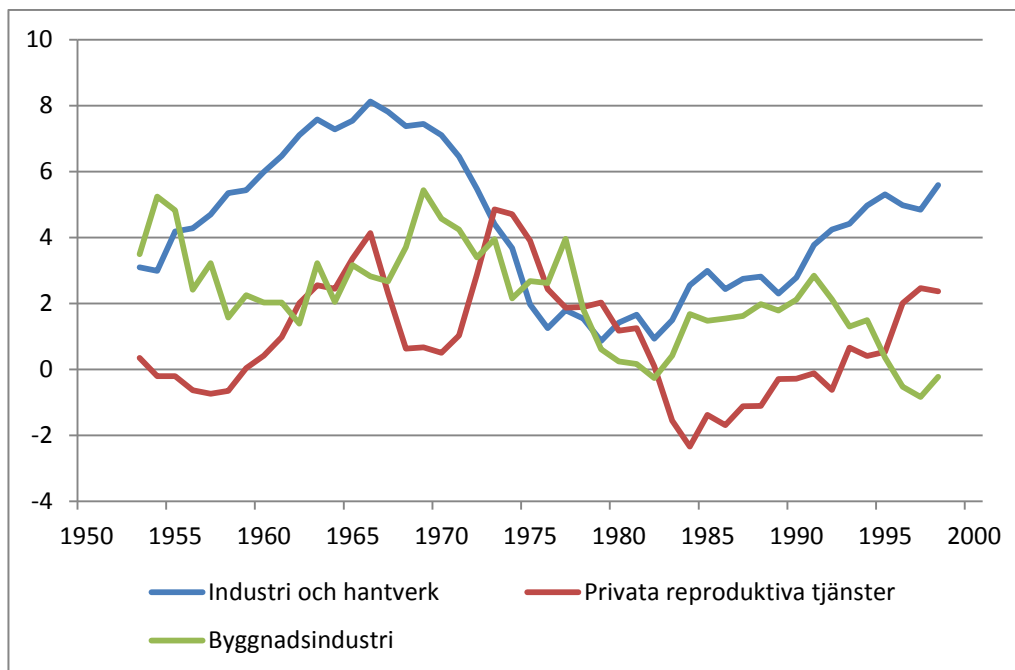
---

<sup>6</sup> Se Konjunkturinstitutet (2011, 2013b).

tersom den teknologiska utvecklingen m.m. påverkar produktivitetstillväxten olika i de olika branscherna.

### Diagram 1 Produktivitetstillväxt i olika branscher

Årlig procentuell förändring, 5-års centrerat glidande medelvärde



Källor: KI och Edvinsson (2005), [www.historia.se](http://www.historia.se)

Samtidigt tenderar lönerna på sikt att stiga ungefär lika snabbt i alla delar av ekonomin. Tillsammans innebär detta att (de reala) enhetsarbetskostnaderna ökar olika snabbt i olika branscher på lång sikt. I de branscher där enhetsarbetskostnaden stiger jämförelsevis snabbt kommer företagen att kompensera sig genom att höja produktpriserna jämförelsevis snabbt, vilket resulterar i trender i relativa produktpriser.

KI:s modell för hur olika relativpriser i ekonomin utvecklas på lång sikt är uppbyggd enligt denna princip.<sup>7</sup> Branscher med trendmässigt relativt svag produktivitetstillväxt höjer sina priser relativt snabbt (allt uttryckt i termer av relativa förändringar/procentuell utveckling). Det omvända gäller för branscher trendmässigt relativt stark produktivitetstillväxt.

Principen att skillnad i produktivitetstillväxt mellan olika branscher kan vara bestående och att det ger upphov till varaktiga trender i relativpriser får starkt stöd i forskningslitteraturen. Nobelpristagaren Christopher A. Pissarides har tillsammans L. Rachel Ngai utvecklat en modell som visar att en sådan utveckling är förenlig med strukturomvandling och balanserad tillväxt i ekonomin. Forskningsrapporten är publicerad i den högt ansedda

<sup>7</sup> Se Markowski, A., K. Nilsson och M. Widén (2011).

tidskriften *American Economic Review*.<sup>8</sup> I modellen ger varaktiga skillnader i produktivitetstillväxt mellan olika branscher (relativ förändring/procentuell utveckling) upphov till en konstant trend (relativ förändring/procentuell utveckling) i relativpriser och en struktur-omvandling i ekonomin. Ngai och Pissarides påvisar även att deras modell är konsistent med den historiska utvecklingen i länder i OECD-området.

KI har trots aktivt sökande inte funnit någon teoretisk modell (eller någon empirisk analys) som ger stöd för att SKB:s teoretiska argument är rimliga. Det är också svårt att se den direkta kopplingen mellan SKB:s teoretiska argument, det vill säga att det på lång sikt inte är rimligt att (den reala) enhetsarbetskostnaden utvecklas olika snabbt i olika delar av ekonomin, eller att denna möjlighet i alla fall är begränsad, och SKB:s val av linjär prognosmodell.

En möjlig tolkning är att SKB utgår från ett relativpris som stiger över tiden. Ett relativpris som stiger linjärt i nivå, stiger i relativa/procentuella termer successivt allt långsammare. I diagram 2a (indexnivåer) och 2b (procentuell utveckling) visas ett fiktivt exempel. Nämnaren i relativpriset kan tolkas som KPI, precis som är fallet i EEF 1–7. Täljaren är ett annat nominellt prisindex. I exemplet sätts indexvärdet för nämnaren, täljaren och relativpriset till 100 i tidpunkten 1. Anta att relativpriset stiger linjärt med 2 enheter per period. Period 2 stiger då relativpriset med 2 procent, se diagram 2b. Men efter 51 perioder stiger priset bara med 1,0 procent per period, eftersom indexvärdet då är 200, se diagram 2a. På mycket lång sikt konvergerar den procentuella förändringen i relativpriset mot noll, se diagram 2b. Det är rimligt att anta att KPI på lång sikt stiger med 2 procent per år, d.v.s. i linje med Riksbankens inflationsmål. Detta innebär att *oavsett vilket det nominella priset i täljaren är* kommer tillväxttakten på lång sikt konvergera mot 2 procent per år, se diagram 2b.

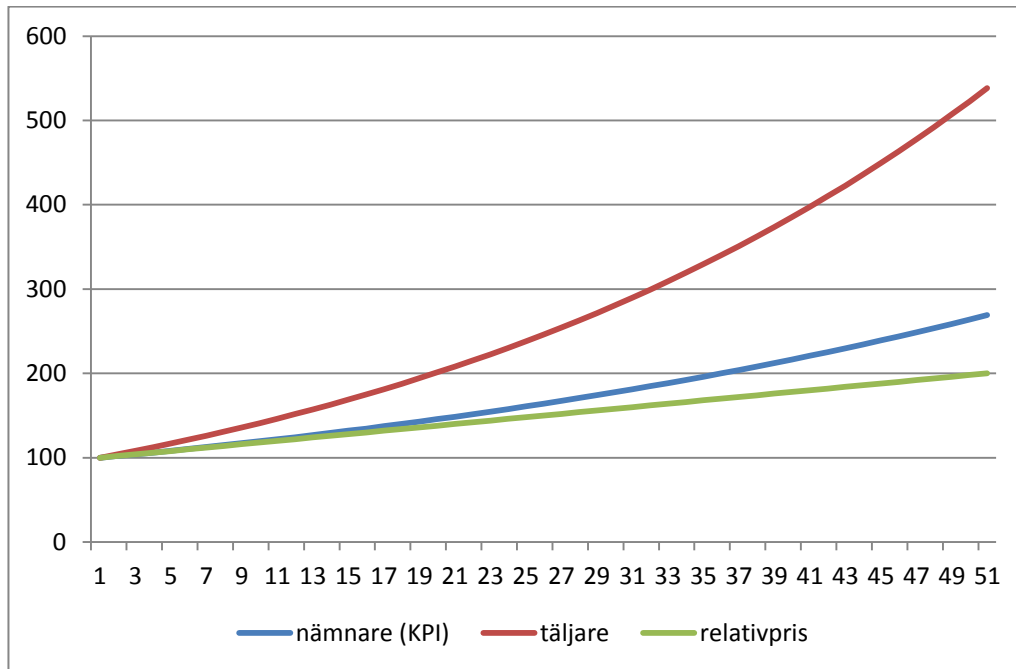
I enlighet med Ngai och Pissarides modell implicerar detta att produktivitetstillväxten (procentuell utveckling) i branschen som producerar varan vars pris mäts i täljaren på sikt måste (stiga och) konvergera mot den produktivitetstillväxt som kan hänföras till produktionen av varorna och tjänsterna i KPI-korgen. Notera att detta gäller för alla stigande relativpriser. Om SKB:s val av linjär prognosmodell skall ha någon trovärdighet måste man kunna förklara varför detta är ett rimligt antagande. Enligt KI:s syn är det inte ett rimligt antagande.

---

<sup>8</sup> Ngai, L. R. and C. A. Pissarides (2007).

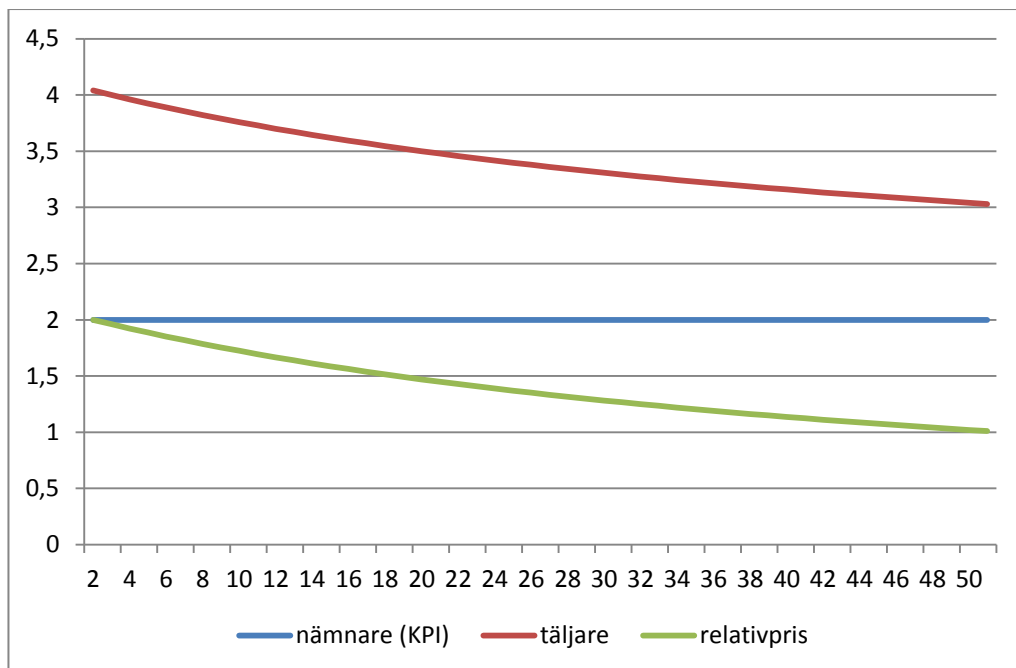
**Diagram 2a Linjärt stigande relativpris med 2 enheter per period, indexnivåer**

Index, period 1=100



**Diagram 2b Linjärt stigande relativpris med 2 enheter per period, procentuell förändring**

Procent



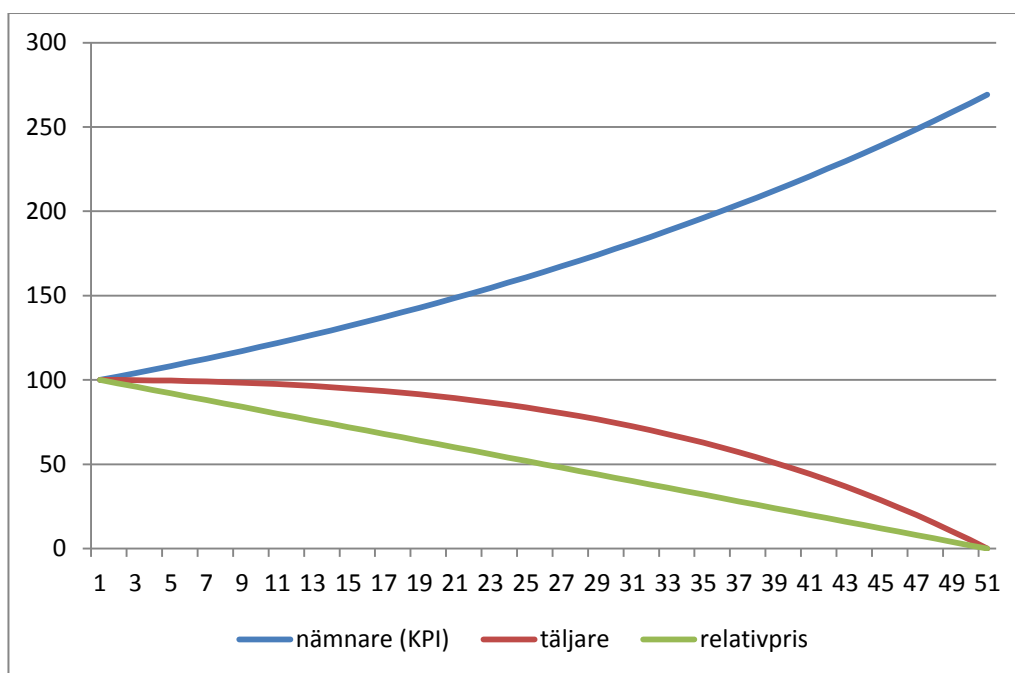
Källa: KI

Det är dock mycket intressant att notera att det ovanstående bara gäller för ett stigande relativpriser. För ett fallande relativpris gäller det omvända, vilket framgår av diagram 3. Notera att diagram 3 visar indexnivåer. Relativpriset faller här med 2 enheter per period. Nämnaren (KPI) antas, liksom i exemplet ovan, stiga med 2 procent per period. Detta

implicerar att priset på varan i täljaren successivt faller allt snabbare i procentuella termer, se diagram 3. Översatt till Ngai och Pissarides modell implicerar detta att produktivitetstillväxten (procentuell utveckling) i branschen som producerar varan vars pris finns i täljaren på sikt måste öka allt snabbare och successivt fjärma sig allt mer från den produktivitetstillväxt som kan hänföras till produktionen av varor och tjänster i KPI-korgen. Notera att detta gäller för alla fallande relativpriser. Återigen, om SKB:s val av linjär prognosmodell skall ha någon trovärdighet bör man kunna förklara varför detta är ett rimligt antagande. Enligt KI:s syn är det inte det.

**Diagram 3 Linjärt fallande relativpris med 2 enheter per period, indexnivåer**

Index, period 1=100



Källa: KI

En konsekvens av SKB:s val av linjär prognosmodell är att ett linjärt fallande relativpris på lång sikt får ett negativt värde (detta händer inte i en exponentiell modell). Som framgår av diagram 3 blir relativpriset i exemplet negativt bortom 51 perioder. Detta innebär alltså att priset på varan eller tjänsten som finns i täljaren då blir negativt.

Denna oönskade egenskap i prognosmodellerna är tydlig i SKB:s egna prognoser. I diagram 3.6 på sidan 23 i SKB (2014) redovisar SKB sin modellprognos för det reala kopparpriset (uttryckt i USD/ton), d.v.s. EE5. Det konfidensintervall som redovisas indikerar att kopparpriset med 10 procents sannolikhet blir negativt år 2061 (och framåt). Det finns alltså enligt modellen en betydande sannolikhet för att man på lång sikt får betalt för att ta emot koppar. Om SKB:s val av linjär prognosmodell skall ha någon trovärdighet bör man kunna förklara varför detta är rimligt.

SKB motiverar även sitt val av en linjär prognosmodell med att det bäst beskriver den historiska utvecklingen för två av de tre EEF:er de testat. KI har i sig inget att invända mot testerna.<sup>9</sup> Enligt KI:s bedömning är detta faktum bara relevant vid kortsiktiga prognoser. Man kan då möjligen föredra att anpassa prognosmodellerna till linjär data för att få bästa möjliga kortsiktiga prognos, utan att göra teoretiska överväganden och utan att beakta de exceptionellt osannolika egenskaper som en linjär modell för med sig vid långsiktiga framskrivningar.

**Slutsats:** SKB:s val att använda linjära långsiktiga prognosmodeller för relativpriser (reala priser) saknar enligt KI:s bedömning teoretisk grund. KI:s syn är att relativpriser i långsiktiga prognoser ska beskriva en exponentiell bana, det vill säga att de beskriver en (konstant) procentuell tillväxttakt. Detta är helt i linje med teoribildning av Ngai och Pissarides (2007). Dessutom innebär en linjär modell att ett fallande relativpris slutligen blir negativt. SKB:s egen modellbaserade prognos för det reala kopparpriset (EEF 5) innebär att sannolikheten är 10 procent att man får betalt för att ta emot koppar år 2061 (och framåt). Detta är en helt osannolik utveckling. KI:s bedömning är att det är orimligt att använda sig av linjära prognosmodeller i det här sammanhanget. Istället måste exponentiella prognosmodeller användas. Prognoserna för de olika relativpriserna (EEF) får då på sikt en konstant procentuell tillväxttakt i stället för en konstant utveckling i absoluta tal som är fallet med de realistiska linjära prognosmodellerna.

## 2.2 Strukturella brott och bitvis (linjära) trendstationära modeller

SKB argumenterar för att det är viktigt att använda långa tidsserier. De noterar att ”En tumregel brukar dock vara att den historiska period som prognosen grundar sig på bör vara åtminstone dubbelt så lång som prognosperioden” (s. 6, SKB (2014)). SKB argumenterar dock samtidigt för att man inte bör använda data från före 1950. SKB begränsar sig därför till att använda data från och med 1950 och konstaterar att ”Detta ger oss en skattningsperiod på 62 år, vilket i alla fall motsvarar prognosperioden” (s. 7, SKB (2014)).

Enligt SKB:s analys kan hypotesen att data för de analyserade EEF:erna är så kallade Random Walks (slumpvandringar), bara förkastas för EEF 8 (real växelkurs SEK/USD). I testerna används data för 1950–2011, med undantag för EEF 7 (reala effektivitetsjusterade energipriser) där data bara finns för perioden 1970–2011. Testerna visar att EEF 8 är en stationär variabel utan (signifikant) deterministisk trend. Därmed har variabeln en tendens att konvergera mot sitt historiska medelvärde, vilket tjänar som en långsiktig prognos.

Eftersom EEF 1–7 är Random Walks har de ingen sådan tendens att återgå mot ett historiskt medelvärde, eller en historisk deterministisk trend. I stället tenderar de att återgå till den historiska tillväxttakten (stokastisk trend). Dessutom är framskrivningar av nivån på Random Walks behäftade med mycket större osäkerhetsintervall än framskrivningar av stationära variabler (med eller utan deterministisk trend).

---

<sup>9</sup> KI:s tester bekräftar SKB:s resultat. KI har testat samtliga EEF:er. Resultaten indikerar att historisk data bäst beskrivs av en linjär trend i fyra av fallen och en exponentiell trend i fyra av fallen. I flera fall är skillnaderna mycket små. Testerna kan erhållas från KI vid förfrågan.

SKB undersöker med hjälp av statistiska tester om det finns så kallade strukturella brott i de EEF:er som är Random Walks sett över hela tidsperioden 1950–2011. Med strukturellt brott menas här att de beräknade parametrarna i den underliggande modellen varierar (mycket) när man beräknar dem för olika delmängder av data. Mer specifikt undersöker SKB om data under delar av perioden kan beskrivas som (trend)stationär. Testerna baseras på att det inte i förväg finns någon känd tidpunkt för eventuella strukturella brott (i kontrast till det av KI genomförda testet för EEF 3 om brott i data vid en *känd* tidpunkt, se avsnitt 3.4.1). För EEF 1 (real arbetskostnad per producerad enhet i tjänstesektorn) identifierar SKB ett strukturellt brott i data år 1959/1960. Testerna visar att det går att beskriva EEF 1 som trendstationär under perioden 1960–2011. Det ska noteras att det inte finns något specifikt skäl till varför det skulle finnas ett strukturellt brott i data. Det är t.ex. samma datakälla för hela perioden 1950–1992 (för ytterligare kommentarer om EEF 1, se avsnitt 4.1).

KI har inget att invända mot hur SKB:s statistiska tester (QLR/Bai-Perron) är genomförda. Frågan är dock varför de genomförs. Enligt KI är ansatsen att leta efter delperioder då data kan beskrivas som (trend)stationär inte önskvärd. En (trend)stationär modell är i sig inte bättre, eller att föredra, framför en Random Walk modell. Vilken modell som väljs får avgöras av egenskaper hos data för den tidsperiod man har relevant data.

Som tidigare nämnts delar KI synen att det finns fördelar med att använda långa tidsserier som utgångspunkt för framskrivningarna av olika EEF:er. Med denna utgångspunkt är det naturligt att använda hela tidsperioden 1950–2011 som underlag för framskrivningarna. I de fall det inte går att ta fram relevanta data för hela perioden måste man frågå denna princip. Enligt KI gäller detta för EEF 3 (se avsnitt 3.4.1). Det gäller även för EEF 7 där SKB har tagit fram data bara för perioden 1970–2011. För övriga EEF:er finns det enligt både SKB och KI relevant data att tillgå för hela perioden 1950–2011.

KI:s syn är därför att hela tidsperioden som det finns relevant data för ska användas för att skatta prognosmodellerna, oavsett om det resulterar i en trendstationär modell eller en Random Walk modell. Givet att data för hela perioden 1950–2011 är relevant finns det en risk att SKB:s metod leder fel i fallet med EEF 1. När SKB kortar ned tidsperioden för EEF 1 till att avse 1960–2011 kastar man bort relevant information för åren 1950–1959, vilket försämrar underlaget för framskrivningarna.

**Slutsats:** SKB:s metod att leta efter strukturella brott och bitvis trendstationära modeller baserade på en delmängd av tillgänglig relevant data står i direkt konflikt med SKB:s egna argument för att långa tidsserier bör användas som grund för framskrivningarna. Det finns i sig inget skäl att prioritera en trendstationär modell framför en Random Walk modell. KI anser därför att data för hela tidsperioden 1950–2011 bör användas för att skatta parametrar i prognosmodellerna, givet data för hela tidsperioden finns tillgänglig och är relevant. Huruvida detta resulterar i en trendstationär modell eller en Random Walk modell får avgöras av data.

### 2.3 Skattning av driftfaktor (tillväxtfaktor) i prognosmodeller

SKB väljer i sin ekonometriska analys att utgå från hypotesen att det inte finns någon trend i data (såväl för trendstationära modeller som för Random Walk modeller).<sup>10</sup> Hypotesen prövas med ett statistiskt test. Om hypotesen inte förkastas väljer SKB att ansätta trenden till noll i de modellbaserade framskrivningarna (i praktiken gäller detta för EEF 5, EEF 6 och EEF 8).<sup>11</sup> Det är oklart varför SKB väljer denna utgångspunkt i sin ekonometriska analys och vid framtagandet av prognosmodellerna.

Det är i och för sig vanligt att man prövar hypotesen att en parameter är skild från noll och att man accepterar att så är fallet bara om hypotesen att parametern är noll kan förkastas. Utgångspunkten är då att man är intresserad av att pröva huruvida en beroende variabel påverkas av en förklarande variabel eller inte.

De prognosmodeller som tas fram för olika EEF:er är univariata tidsseriemodeller. Det finns inga ytterligare förklarande variabler och modellerna syftar bara till att beräkna en historisk (stokastisk eller deterministisk) trend för att sedan göra trendmässiga framskrivningar. Rimligen är man då intresserad av att använda *den mest sannolika trenden baserat på den historiska utvecklingen*. Den får man genom att använda det punkttestimat för trendparametern som erhålls i skattningarna. Med denna utgångspunkt är det inte relevant att testa hypotesen att den skattade parametern för trenden är noll.

**Slutsats:** KI anser att punkttestimatet för den skattade trendparametern (deterministisk eller stokastisk) bör användas i prognosmodellerna och vid framskrivningarna av olika EEF:er i avsaknad av särskilda skäl att låta bli.

### 2.4 Modellbaserade prognoser kontra bedömningsprognoser

I avsnittet ”att göra långsiktiga prognoser” (avsnitt 2.1 SKB (2014)) noterar SKB att ”Den enda information vi har att stödja oss på är den historiska utveckling som vi har bakom oss och de teorier om framtida utveckling som finns idag” och att ”Dock kan man med moderna statistiska metoder identifiera så stabila mönster i den historiska utvecklingen att dessa kan läggas till grund för meningsfulla prognoser om framtiden”.

Med detta som utgångspunkt är det mycket svårt att förstå varför SKB i flera fall väljer att frånga de modellbaserade prognoserna baserade på data t.o.m. 2011 och ersätta dem med bedömningsprognoser baserade på oklara grunder.

För **EEF 2** – real arbetskostnad per producerad enhet i byggindustrin – väljer SKB att bortse från data för åren 2008–2011 vid skattningarna. Under dessa år steg EEF 2 påtagligt. SKB:s förfarande innebär därför att den beräknade uppgående trenden blir mindre än om data t.o.m. 2011 hade använts. Dessutom väljer SKB att starta den trendmässiga framskrivningen i data för år 2007 då EEF 2 är betydligt lägre än sista utfallsåret 2011.

---

<sup>10</sup> Vid testerna använder SKB sig av okonventionellt höga signifikansnivåer (upp till 15 procent). Dessutom gör de *ensidiga tester*, vilket knappast kan sägas vara normalt i ett fall där man i förväg inte bör ha någon uppfattning om den beräknade parametern är större eller mindre än noll. Enligt KI:s syn vore det rimligare att man, givet att testerna alls genomförs, tillåter signifikansnivåer om högst 10 procent och gör tvåsidiga tester.

<sup>11</sup> För EEF 8 är det oklart om SKB använder en stationär modell, vilket hävdas på s. 27, SKB (2014), eller en Random Walk modell, vilket hävdas på s. 20, SKB (2013).

SKB argumenterar för att uppgången 2008–2011 är exceptionell. Detta är inte korrekt. Under åren 2008–2011 ökade EEF 2 med i genomsnitt 3,7 procent per år (enligt SKB:s data). Åren 1997–2001 var motsvarande siffra 4,3 procent och för perioden 1996–2007 var den 2,8 procent. I ljuset av detta framstår inte utvecklingen 2008–2011 som exceptionell.

SKB anför även fallande produktivitet i byggbranschen åren 2007–2008 och att produktiviteten har börjat återhämta sig sedan dess som argument för att man bör bortse från data för åren 2008–2011. Observationen i data för produktiviteten är i sig korrekt (se diagram 2.3 i avsnitt 2.3 i SKB (2014)). Men de slutsatser SKB drar är inte väl underbyggda. SKB antar (implicit) att produktiviteten i byggbranschen skall återgå till den trendlinje (nivå) som gäller för data till och med 2007. Men det finns ingenting i produktivetsdata för 2008–2011 som talar för detta. Baserat på SKB:s data t.o.m. 2011 förefaller det snarare som om produktivetsnivån har skiftat ned permanent 2007–2008 och därefter stiger i ungefär samma trendmässiga takt som tidigare, även om det så klart är väldigt osäkert. I så fall talar detta för att också EEF 2 fortsätter att stiga i samma takt som tidigare utan den ”infasning” mot en lägre trendnivå som SKB bygger sin prognos på.

Det ska också noteras att SKB:s prognosmetod går stick i stäv med deras egen empiriska analys. SKB:s skattade prognosmodell för EEF 2 är en Random Walk modell. Detta innebär per definition att det inte finns något historiskt medelvärde/historisk trend (nivå) som framskrivningarna konvergerar mot, vilket skulle vara fallet med en trendstationär modell. Den ”infasning” som SKB använder sig av strider alltså mot Random Walk modellens egenskaper.

**Slutsats:** KI anser att data för hela perioden t.o.m. 2011 bör användas i modellskattningarna och att framskrivningarna bör göras enligt relevant prognosmodell med start i sista utfallsdata.

Även i fallet med **EEF 5** – realt pris på koppar (USD/ton) – frångår SKB helt sin skattade Random Walk modell i prognoserna. SKB:s modell innebär att det reala priset på koppar förblir konstant i framskrivningarna på 2011 års nivå, dvs. 8121 USD/ton i 2007 års prisenivå. Trots detta väljer SKB att anta att priset för 2012–2070 ska ligga konstant på 5000 USD/ton i 2007 års prisenivå. SKB:s argument är att ”Den statistiska analysen bekräftar *på sätt och vis* (KI:s kursivering) att kopparpriset varierar mellan toppar och bottnar utan någon tydlig trend. Mot denna bakgrund är det vår bedömning att den långsiktiga prognosen bör avse medelvärdet för det reala kopparpriset över en längre tidsperiod” (se s. 23, SKB (2014)). SKB:s bedömning är helt godtycklig och går stick i stäv med den empiriska analysen. Data för det reala kopparpriset beskrivs enligt SKB:s egna empiriska analyser bäst som en Random Walk och SKB skattar därför en sådan prognosmodell. Detta innebär per definition att det inte finns något historiskt medelvärde som är relevant för framskrivningarna.

**Slutsats:** KI anser att framskrivningarna bör göras enligt relevant prognosmodell med start i sista utfallsdata.

Också i fallet med **EEF 7** – reala effektivitetsjusterade energipriser – frångår SKB helt sin skattade Random Walk modell i prognoserna. SKB underkänner här helt den historiska utvecklingens betydelse för framskrivningarna. ”Sammantaget har det senaste årens utveckling på energiområdet varit så omfattande att en modellbaserad prognos baserad på data för perioden 1970–2011 inte ter sig realistisk” (se s. 26, SKB (2014)). SKB spekulerar löst om olika faktorer på utbuds- och efterfrågesidan och vilka effekter de kan få på den

framtida prisutvecklingen. SKB gör sedan bedömningen att det reala produktivitetsjusterade priset ska ligga på 2008 års nivå i de långsiktiga framskrivningarna. Denna bedömning förefaller vara helt godtycklig.

Förfarandet strider helt mot SKB:s egna utgångspunkter för framskrivningar av EEF:er, det vill säga att framskrivningarna ska baseras på den historiska utvecklingen av data (se ovan).

**Slutsats:** KI anser att framskrivningarna bör göras enligt relevant prognosmodell med start i sista utfallsdata.

För **EEF 8** – real växelkurs SEK/USD – är det oklart om SKB använder en trendstationär modell (vilket hävdas på s. 27, SKB (2014)) eller en Random Walk modell (vilket hävdas på s. 20, SKB (2013)). I det senare fallet förefaller en ”infasning” mot ett historiskt medelvärde användas. Liksom i fallet EEF 2 går en sådan ”infasning” stick i stäv mot Random Walk modellens natur och bör enligt Konjunkturinstitutets bedömning därför undvikas.

### 3. Dokumentation, val och bearbetning av data

KI har i tidigare granskningsrapporter riktat kritik mot SKB:s dokumentation och bearbetning av data.<sup>12</sup> Kritik har även riktats mot valet av data/datakällor. I den nu föreliggande versionen av SKB:s rapport Plan 2013 har vissa förbättringar skett jämfört med tidigare, men det föreligger fortfarande betydande brister.

I detta avsnitt ligger fokus på generella synpunkter dokumentation, val av datakällor och bearbetning av data. En del exempel lyfts fram i belysande syfte. Ytterligare kommentarer för val av data och bearbetning av data redovisas när så är påkallat för enskilda EEF:er i avsnitt 4 och i Appendix.

Inledningsvis kan det vara värt att notera att data för EEF 4, EEF 5 och EEF 6 som Rickard Sandberg – SKB:s ekonometrikonsult – förefaller ha använt för sina analyser inte är identisk med data som finns i den version av ”Variabler\_Plan2013.xlsx” som KI fått ta del av.<sup>13</sup> Bortsett från oproblematiske skillnader till följd av olika indexering finns det även reella skillnader i data. Skillnaderna är inte stora, men inte heller obetydliga, som mest uppemot 2 procent för data i nivå.

#### 3.1 Dokumentation av data

Dokumentationen av data som används för att beräkna olika EEF:er presenteras i Appendix 1 i SKB (2014). I allmänhet lämnar den en hel del att önska. En sak som generellt försvårar för läsaren är att flera olika namn används för en och samma EEF. Det uppstår bland annat oklarheter om det är reala eller nominella priser som avses i analysen. Till

---

<sup>12</sup> Se Konjunkturinstitutet (2011, 2013b).

<sup>13</sup> Rickard Sandbergs data har tagits från Excel-filerna ”SSM\_PrognosBeräkningarEEF1-8” som KI fick från SKB via SSM 2014-02-04. SKB:s data har tagits från Excel-filen ”Variabler\_Plan2013.xlsx” som KI fick från SKB via SSM 2014-01-20.

exempel benämns EEF 3 ”reala maskinpriser”, ”maskinkostnad”, ”prisindex för sektorn maskiner i förhållande till (deflaterat med) KPI”, ”Realt prisindex maskiner” och ”maskinpris” på olika ställen i SKB (2014) och SKB (2013). Denna otydlighet gäller även för andra EEF:er.

För flera EEF:er ger dokumentationen inte läsaren en klar bild av hur serien beräknas. För EEF 1 – real arbetskostnad per producerad enhet i tjänstesektorn – beskrivs först data för nominell arbetskostnad per producerad enhet i tjänstesektorn och därefter hur denna deflateras med KPI till sin reala motsvarighet. Denna beskrivning är oproblematisk och denna statistik borde rimligen vara tillräcklig för att beräkna EEF 1. Därefter redogörs för data över nominell arbetskostnad per timme i tjänstesektorn, hur dess reala motsvarighet beräknas samt hur ett produktivitetsindex för tjänstesektorn beräknas. Det är oklart på vilket sätt detta behövs för att beräkna EEF 1. Det framgår inte heller ur dokumentationen om denna data verkligen används. Motsvarande kritik gäller för EEF 2.

Även för EEF 3 – reala maskinpriser – redogörs för data som förefaller överflödiga. Det är oklart på vilket sätt ”prisindex för reparationer” är relevant och på vilket sätt det används i beräkningarna av EEF 3. För det nominella prisindexet för maskiner framgår det inte vilken typ av priser som används för perioden 1970 och framåt när data hämtas från SCB. KI har tidigare argumenterat för att inhemska tillgångspriser bör användas (då de speglar importpriser och hemmamarknadpriser) snarare än producentpriser (som speglar exportpriser och hemmamarknadpriser).<sup>14</sup>

För EEF 4 – reala priser på byggmateriel – förefaller det saknas ett diagram och med tillhörande förklaringar. Möjligen är det därför det är svårt att förstå varför historisk data även före 1984 förefaller ha reviderats jämfört med i Plan 2010 (SKB 2010). Data som används avser byggkostnader, vilka inkluderar arbetskostnader. Det motiveras inte varför detta är en acceptabel approximation för priset på byggmateriel.

För EEF 8 – real växelkurs SEK/USD – är formeln för real växelkurs felaktig. Den nominella växelkursen definieras som antal SEK per utländsk valutaenhet. För att få den reala växelkursen ska den nominella växelkursen multipliceras med ett relevant utländskt prisindex och divideras med motsvarande svenska prisindex (och sedan indexeras). Enligt Appendix 1 i SKB (2014) gör man tvärtom med priserna. I beräkningarna använder SKB den felaktiga formeln för åren 2001–2011. Märkligt nog använder SKB rätt formel för åren 1950–2000, se även Appendix 1. Det är dessutom förvirrande att det beräknas ett reall växelkursindex för SEK/euro som även det benämns EEF 8. Det är även oklart varför detta reala växelkursindex tas fram eftersom det inte förefaller användas.

### 3.2 Val av data

Här kommenteras kort KI:s huvudsakliga synpunkter på SKB:s val av dataserier. Ytterligare kommentarer för enskilda EEF:er finns i Appendix.

EEF 3 – reala maskinpriser – baseras för perioden 1969–2011 på nominella producentpriser för maskiner från SCB. KI har redan tidigare argumenterat för att inhemska till-

---

<sup>14</sup> Se Konjunkturinstitutet (2013b).

gångspriser bör användas, eftersom de speglar importpriser och hemmamarknadspriser, i stället för producentpriser som speglar exportpriser och hemmamarknadspriser.<sup>15</sup>

EEF 4 – reall pris byggmaterial – baseras på nominella index för byggkostnadsutveckling (SCB) och entreprenadindex (SCB/Sveriges Byggindustrier). Båda dessa serier för byggkostnader utgörs delvis av arbetskostnader. Detta är olyckligt eftersom (reala) arbetskostnader inom byggsektorn redan ingår i Plan-kalkylerna via EEF 2. Det är oklart varför SKB väljer att basera EEF 4 på denna statistik och problematiken diskuteras inte i SKB (2014). Konjunkturinstitutets bedömning är att det behöver tas fram annan statistik som är mer relevant för EEF 4.

För EEF 5 – reall pris på koppar (USD/ton) – väljer SKB på oklara grunder att byta datakälla för nominella kopparpriser 2002 från U.S. Geological Survey till Westmetall. Man framför inga relevanta argument för varför data från den senare källan är att föredra. Eftersom data finns att tillgå från U.S. Geological Survey för hela perioden t.o.m. 2011 anser KI att denna statistik bör användas.

För EEF 6 – reall pris på bentonit (USD/ton) – förlitar sig SKB delvis på vad som förefaller vara icke-publicerad statistik för det nominella priset på bentonit (USD/ton). Statistiken har erhållits från Robert Virta (verksam vid U.S. Geological Survey). Officiell statistik finns dock att tillgå från just U.S. Geological Survey för hela tidsperioden 1950–2011. SKB diskvalificerar dock denna statistik med hänvisning till att den beaktar priset på speciella typer av bentonit som importeras (till USA), vilket driver upp prisnivån. Det är dock oklart varför denna till USA importerade bentonit är mindre relevant i SKB:s beräkningar än den bentonit som produceras i USA. Det är möjligt att det går att visa att så är fallet. KI har ingen uppfattning om detta. Men så länge så ingen djupare analys presenteras av SKB förordar KI att den officiella statistiken från U.S. Geological Survey används.

KI har även betänkligheter om det är rimligt att använda det mått för energieffektivisering vid beräkningarna av EEF 7 – reala effektivitetsjusterade energipriser – som SKB använder. SKB utgår från att energieffektiviseringen inom industrin i termer av minskad förbrukning av oljeprodukter och el är en relevant proxy för effektiviseringen i avvecklingsprojektet. KI:s preliminära bedömning är att den totala energieffektiviseringen i ekonomin som helhet sannolikt är mer relevant.

### *3.3 Bearbetning av data – generellt*

SKB:s bearbetning av data och beräkningar utförs i Excel. KI:s kommentarer gäller Excel-filen ”Variabler\_Plan2013.xlsx” som SKB levererade till SSM 2014-01-17.

Generellt sett kan det noteras att databearbetningen, liksom i det material KI analyserat i samband med tidigare granskningar av SKB:s Plan-rapporter, präglas av bristande kvalitet. Excel-filen är fortfarande mycket ostrukturerad. Det finns ingen genomgående struktur i flikarna för beräkning/bearbetning av data för olika EEF:er. I flikarna för beräkning/bearbetning är det dessutom mycket rörigt. Det går inte enkelt att avgöra vad som är indata och vad som är uträkningar. Indata från olika källor och med olika frekvenser

---

<sup>15</sup> Se Konjunkturinstitutet (2013b).

blandas med uträkningar på ett sätt som gör det mycket svårt (i vissa fall i det närmaste omöjligt) att följa hur olika EEF:er faktiskt tas fram. Detektivarbetet försvåras av att det finns mycket information som inte är relevant. Det finns här en mycket stor förbättringspotential och i sin nuvarande form är behandlingen av data i Excel-filen ”Variabler\_Plan2013.xlsx” inte av acceptabel standard.

De ovan beskrivna problemen är troligen en bidragande orsak till ett antal konkreta fel i beräkningarna som KI har identifierat. Bland annat är EEF 1 – real arbetskostnad per producerad enhet i tjänstesektorn – fortfarande, trots påtalande i Konjunkturinstitutet (2013b), felaktigt beräknad. Det finns även ett mindre fel i beräkningarna av EEF 2 – real arbetskostnad per producerad enhet i byggindustrin. Dessutom finns det betydande fel och tveksamheter i beräkningen av EEF 7 – reall prisindex energi. SKB har även räknat fel vid omindexeringen av KPI för USA, vilket leder till att prisnivån som mest avviker med så mycket som 9 procent från den korrekta nivån. SKB har även använt fel formel för att räkna fram den reala växelkursen SEK/USD för åren 2001–2011.

Felen i beräkningarna beskrivs mera utförligt i Appendix.

### *3.4 Sammanlänkning av data*

För att kunna ta fram så pass långa tidsserier som krävs är det i vissa fall nödvändigt att länka samman data som inte mäter exakt samma saker och som tas fram med olika metoder. Det är i sig inget svårt, men det kräver stor noggrannhet. Det är mycket viktigt att data så långt det är möjligt beskriver samma sektor/bransch/produktgrupp under hela analysperioden. Ibland kompliceras jämförelsen mellan olika datakällor ytterligare av att olika indexkonstruktioner används. Den information som finns för överlappande år från olika källor bör redovisas så att man kan analysera om det finns problem med jämförbarhet över tiden. Om överlappande data utvecklas på ungefär samma sätt indikerar detta att det kan vara möjligt att länka samman data. Är problemen med jämförbarhet för stora talar det för att en kortare tidsperiod ska användas i analysen även om det innebär andra begränsningar.

#### *3.4.1 Sammanlänkning av data vid beräkning av EEF 3 – Reala maskinpriser*

KI har tidigare kritiserat SKB för sammanlänkning av data för EEF 3. KI:s kritik beskrivs utförligt i Konjunkturinstitutet (2013b) och i Konjunkturinstitutet (2011) Här beskrivs problemen därför bara kortfattat.

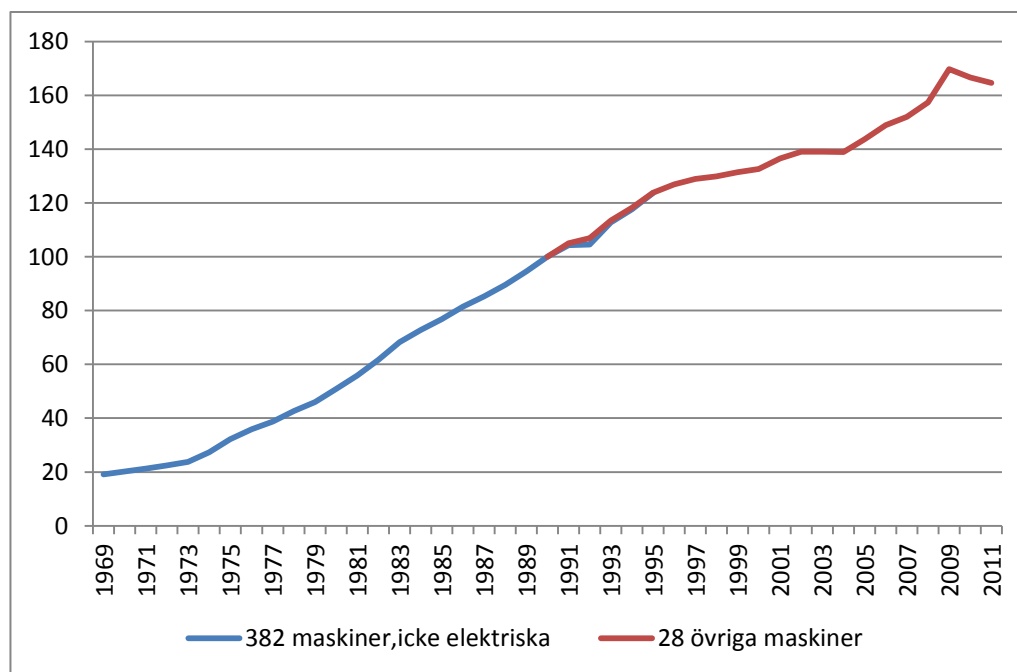
SKB länkar samman data för *nominella maskinpriser* från olika datakällor. För perioden 1950–1969 används data från LU-MADD. För åren 1969–2011 används data från SCB.

Ett första problem är att data inte avser samma varugrupper. Data för perioden 1950–1969 avser ”prisindex maskinindustrin”. För perioden 1969–1989 avser data ”prisindex, icke elektriska maskiner” (varugrupp 382, PPI). Till följd av ändrad indelning av statistiken från SCB avser data för åren 1990–2011 ”prisindex, övriga maskiner” (varugrupp 28, PPI). Som KI tidigare påpekat används dessutom olika indexeringsmetoder när de olika dataserierna beräknas. Detta är ytterligare en försvårande omständighet som kan tala emot en sammanlänkning av data för de olika tidsperioderna.

Sammanlänkning av SCB data för perioderna 1969–1989 och 1990–2011 möjliggörs av att det finns överlappande data för åren 1990–1995 se diagram 4.<sup>16</sup> Som framgår av diagram 4 överensstämmer utvecklingen åren 1990–1995 mycket väl enligt de båda prisindexen. Bytet av varugrupsindelning förefaller alltså ha spelat lite roll. KI bedömer därför att det är rimligt att länka samman data år 1990, precis som SKB gör.

**Diagram 4 Nominella maskinpriser, data från SCB**

Index 1990=100



Källor: SCB och KI

Sammanlänkning av data från LU-MADD åren 1950–1969 och data från SCB 1969–2011 är betydligt mer problematisk. Det är här stora metodmässiga skillnader i hur data tas fram (bland annat olika indexmetoder). Samtidigt är det högst oklart i vilken utsträckning data mäter samma sak, d.v.s. om det är samma produktgrupper som fångas upp i statistiken. Om det fanns överlappande data skulle man kunna analysera om detta förefaller ge upphov till stora skillnader i hur data har utvecklats under den gemensamma perioden. Tyvärr finns det ingen överlappande data alls att analysera. Sammantaget talar detta starkt emot att man länkar samma data.

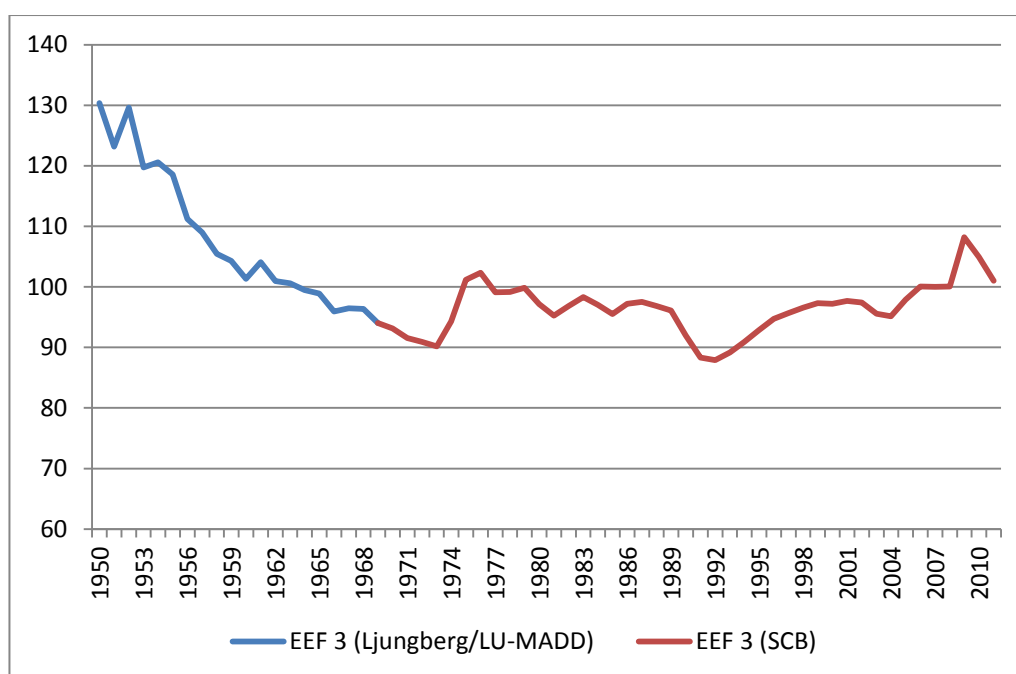
En möjlig väg framåt kan då vara att analysera om data för EEF 3, dvs. den serie vi är intresserade av att prognostisera, utvecklas på ett snarlikt sätt under de båda perioderna. Om så vore fallet skulle det ge ett visst stöd för att data för EEF 3 kan länkas samman 1969/1970. En sådan analys kan genomföras med hjälp av ett så kallat Chow-test för ett

<sup>16</sup> I Konjunkturinstitutet (2013b) uttryckte KI tveksamheter om SCB:s beräkningar av nominella maskinpriser enligt SNI 69 för åren 1969-1979 var kompatibla med beräkningarna för 1980 och framåt. Efter närmare konsultationer med SCB gör KI nu bedömningen att länkingsproblemen sannolikt är små. KI gör därför bedömningen att data från SCB för perioden 1969-2011 kan användas i sin helhet.

brott i data vid en *känd* tidpunkt. I det här fallet blir utgångspunkten att den trendmässiga utvecklingen (stokastisk eller deterministisk trend) är den samma under perioden 1950–1969 som under 1969–2011. Kan man på statistiska grunder inte förkasta denna hypotes får man ett visst stöd för att data har utvecklats på ett snarlikt sätt under de båda perioderna och möjligen kan länkas samman. Som KI tidigare visat förkastas emellertid en sådan hypotes mycket klart. Anledningen är att den trendmässiga utvecklingen skiljer sig åt markant under de två tidsperioderna, se diagram 5. KI har genomfört en rad sådana tester på de senaste data som erhållits från SKB. Oavsett om man antar att data kan beskrivas som trendstationär eller som en Random Walk, och oavsett om man antar att data följer en linjär eller en exponentiell utveckling, förkastas hypotesen att modellens skattade parametrar är de samma för de två delperioderna på normala signifikansnivåer (det så kallade p-värdet är under 2 procent i samtliga fall).<sup>17</sup>

**Diagram 5 Reala maskinpriser, EEF 3, data från SKB**

Index 2007=100



Källor: SKB, SCB och KI

**Slutsats:** Konjunkturinstitutet anser att SKB:s data för reala maskinpriser för perioden 1950–1969 inte bör länkas samman med data för perioden 1969–2011. Därmed begränsas data till 1969 och framåt. Det kan noteras att SKB:s data för EEF 7 (reala effektivitetsjusterade energipriser) börjar år 1970, och inte heller avser hela perioden 1950–2011.

<sup>17</sup> För modeller i nivå avser Chow-testet perioderna 1950–1969 respektive 1970–2011. För modeller i tillväxtform avses perioderna 1951–1969 respektive 1970–2011. Logaritmering av data används som approximation för exponentiell utveckling. Testresultaten kan erhållas från Konjunkturinstitutet på begäran.

### 3.4.2 Sammanlänkning av data vid beräkning av EEF 5 – Realt pris på koppar (USD/ton)

Det reala priset på koppar (EEF 5) beräknas som priset på koppar (USD/ton) deflaterat med KPI (CPI) för USA. För perioden 1950–2001 använder SKB ett prisindex för koppar från U.S. Geological Survey. Enligt SKB fanns data tillgänglig endast t.o.m. 2009 när data hämtades. För åren 2002–2011 använder SKB data från Westmetall. Som skäl till att byta källa 2002 anger SKB att ”Bland dessa källor framstår den första som den med minst tillförlitlighet eftersom det är en längre sammanställning som troligtvis kan vara förknippad med svårigheter att jämföra kopparpriser över det långa tidsspännat” (s. 36, SKB (2014)). Denna motivering framstår som fullständigt obegriplig. Enligt KI:s bedömning vore det att föredra att använda samma källa så lång period som möjligt. KI:s efterforskningar visar dessutom att data t.o.m. 2011 fanns tillgänglig på U.S. Geological Survey’s hemsida redan vid slutet av 2012. Det var därför möjligt att använda data från enbart denna källa.

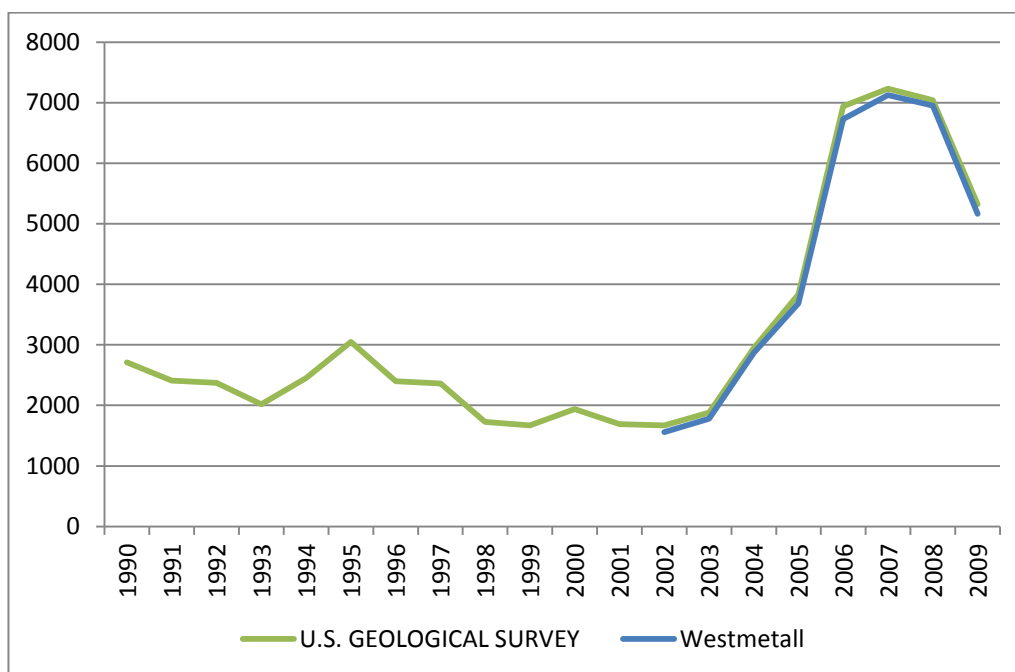
SKB:s sammanlänkning av prisserierna år 2002 lämnar mycket att önska. Som framgår av diagram 6 är prisnivån enligt Westmetall något lägre än prisnivån enligt U.S. Geological Survey under samtliga år det finns överlappande data (här 2002–2009). Trots detta väljer SKB att foga samman data från Westmetall och U.S. Geological Survey rakt av år 2002, d.v.s. utan någon korrigering för den nivåskillnad som finns i de två prisserierna.<sup>18</sup> Skillnaderna är förvisso inte särskilt stora, men detta är inte en acceptabel metod. Om man nödvändigtvis ska länka samman data måste en av serierna korrigeras/indexeras om, t.ex. så att serierna har samma nivå för ett givet år (eller för ett genomsnitt av flera år). Om SKB hade utfört denna länkning korrekt skulle skillnaderna mellan den sammanlänkade serien (Westmetall och U.S. Geological Survey) och serien enbart enligt U.S. Geological Survey vara mindre under perioden 2002–2009. Bättre vore förstås att ta all data t.o.m. 2011 från U.S. Geological Survey.

---

<sup>18</sup> Motsvarande problem finns för EEF 4 och möjligen också för EEF 6. För EEF 4 (reala priser på byggmateriel) sammanfogas nominella index för byggkostnader respektive entreprenadindex 1983/1984 utan att nivåskillnader för överlappande år beaktas. Det är också högst oklart i Excel-filen "Variabler\_Plan2013.xlsx" hur SKB länkar samman nominella priser för beräkningarna av EEF 6 (realt pris på bentonit (USD/ton)) åren 1971/1972.

**Diagram 6 Pris på koppar, data från SKB**

USD per ton



Källa: SKB

**Slutsats:** Konjunkturinstitutet anser att data för priset på koppar (USD/ton) bör hämtas från U.S. Geological Survey för hela perioden 1950–2011.

## 4. Granskning och framskrivning av EEF 1–8

För att öka jämförbarheten och tydligheten har KI här indexerat om samtliga SKB:s variabler så att de antar värdet 100 år 2007. För EEF 1–6 presenteras prognoser från både linjära och exponentiella modeller baserade på SKB:s data. Beräkningarna har genomförts av KI och belyser tydligt skillnaden mellan att använda en linjär (som SKB) eller exponentiell prognosmodell.<sup>19</sup>

### 4.1 EEF 1 – Real arbetskostnad per producerad enhet i tjänstesektorn

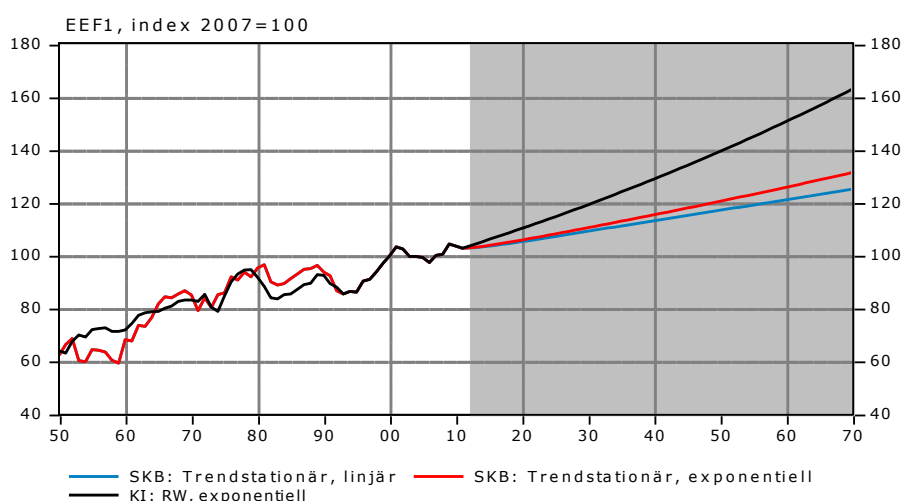
SKB förordar att en linjär trendstationär modell skattad med data för 1960–2011 används som prognosmodell för EEF 1. I diagram 7 ges SKB:s utfallsdata av röd linje och SKB:s prognosmodell ger prognoser enligt blå linje. Om man istället skattar en trendstationär modell med samma urvalsperiod men antar exponentiell tillväxt erhålls en något högre prognos, se röd linje.

<sup>19</sup> KI skattar Random Walk modeller för samtliga EEF:er. Dessa inkluderar inga AR eller MA termer. För EEF 8 skattas dessutom en stationär AR1 modell. Modellspecifikationerna förefaller generellt vara snarlika de som SKB använder. Det är möjligt att en mer rigorös analys av data skulle implicera något annorlunda modellspecifikationer. Enligt KI:s bedömning skulle det dock påverka de långsiktiga modellprognoserna högst marginellt.

SKB visar att man för EEF 1 kan förkasta nollhypotesen att man har en modell med samma parametrar för hela perioden 1950–2011, till förmån för hypotesen att man har en modell där parametrarna skiftar 1959/1960. EEF 1 kan då beskrivas som trendstationär under delperioden 1960 och framåt. Trots detta förordar KI att man använder data för hela perioden 1950–2011 och modellerar EEF 1 som en Random Walk, vilket bäst beskriver data för perioden 1950–2011 i sin helhet. Argumentet har utvecklats tidigare i denna rapport, och bygger på att KI anser att all data för perioden 1950–2011 är relevant information. Om det skedde ett strukturellt brott 1959/1960 som då skiftade nivå/tillväxttakten kan det mycket väl komma nya strukturella brott i framtiden. KI förordar därför att man modellerar EEF 1 som en Random Walk med drift där parametrarna baseras på data för hela perioden 1950–2011.

SKB:s beräkningar av EEF 1 är inte korrekta. Av KI korrekt beräknad data för EEF 1, enligt de källor som SKB anger, redovisas som svart linje i diagram 7. En närmare beskrivning finns i Appendix nedan och i Konjunkturinstitutet (2013b). KI:s prognos, som baseras på en Random Walk modell med drift för logaritmerad data, dvs. exponentiell tillväxt, för 1950–2011, blir betydligt högre än SKB:s prognos, se svart linje. KI:s prognosmodell ger ca 30 procent högre värde för EEF 2 år 2070 än SKB:s prognos (163,0 istället för 125,1).

**Diagram 7 SKB:s och KI:s framskrivningar av EEF 1**



2014409, 10:31, D1

Källor: KI och SKB

#### 4.2 EEF 2 – Real arbetskostnad per producerad enhet i byggindustrin

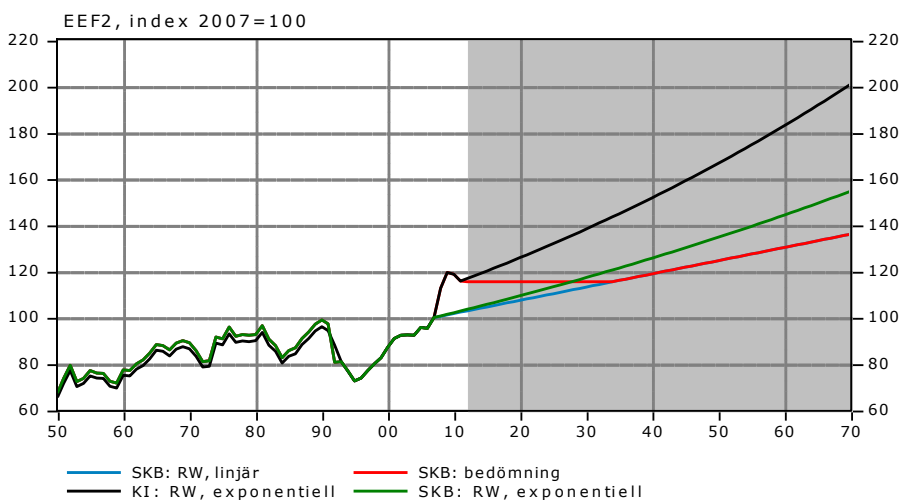
SKB förordar att en linjär Random Walk modell med drift skattad med data för 1950–2007 används som prognosmodell för EEF 2. I diagram 8 är SKB:s utfallsdata grön linje och SKB:s prognosmodell ger prognoser enligt blå linje. Om man istället skattar en Random Walk med samma urvalsperiod men antar exponentiell tillväxt erhålls något högre prognos, se grön linje.

I SKB:s prognoser antas en linjär ”infasning” från utfall för år 2011 (röd linje) mot den prognostiserade trendlinjen enligt blå linje som nås 2034. Detta innebär i praktiken att SKB antar en konstant real enhetsarbetskostnad i byggindustrin de närmaste 23 åren.

Av KI korrekt beräknad EEF 2, enligt de källor som SKB anger, utgörs av svart linje i diagram 8. Skillnaden är inte stor eftersom det bara är utvecklingen under 2 år i början av 1990-talet som är felaktiga i SKB:s beräkning.<sup>20</sup> Prognosen, baserad på en Random Walk med drift för logaritmerad EEF 2, dvs. exponentiell tillväxt, för perioden 1950-2011, blir betydligt högre än SKB:s prognos, se svart linje. KI:s prognosmodell ger knappt 50 procent högre värde för EEF 2 år 2070 än SKB:s prognos (201,0 istället för 136,0).

Det ska noteras att en stor del av skillnaden förklaras av utvecklingen mellan 2007, som är SKB:s valda startår, och 2011. Det som är mest relevant för kostnadskalkylen är öknings-takten från och med 2013 som är startår för Plan 2013. Kostnadskalkylen bör baseras på offerter och ingenjörsmässiga bedömningar av kostnader i 2013 års prisläge. Därefter görs prognoser för den reala kostnadsutvecklingen med hjälp av prognoser för EEF:er. Det är inte lämpligt att använda sig av varken EEF:ers faktiska utveckling (eller genomsnittlig historisk utveckling) för att justera kostnader i offerter och/eller ingenjörskalkyler från tidigare år än 2013. Detta gäller särskilt för EEF 1 och EEF 2 som bara kan ses som grova approximationer till faktisk kostnadsutveckling för delar i kärnavfallsprojektet. EEF 2 påverkas exempelvis av produktivitetsutveckling i bostadsbyggande som möjligen har varit anmärkningsvärt svag de senaste åren. En uppräknig av enhetsarbetskostnader för byggnadsarbeten inom kärnavfallsprojektet fram till och med 2013 kan därför bli överdriven om EEF 2 används. För prognoser på framtida kostnader (efter 2013) är det dock lämpligt att använda den genomsnittliga historiska utvecklingen för hela byggnadsindus-trin eftersom det är den enda aggregeringsnivå det finns någorlunda tillförlitliga data på.

**Diagram 8 SKB:s och KI:s framskrivningar av EEF 2**



2014409, 10:31, D2

Källor: KI och SKB

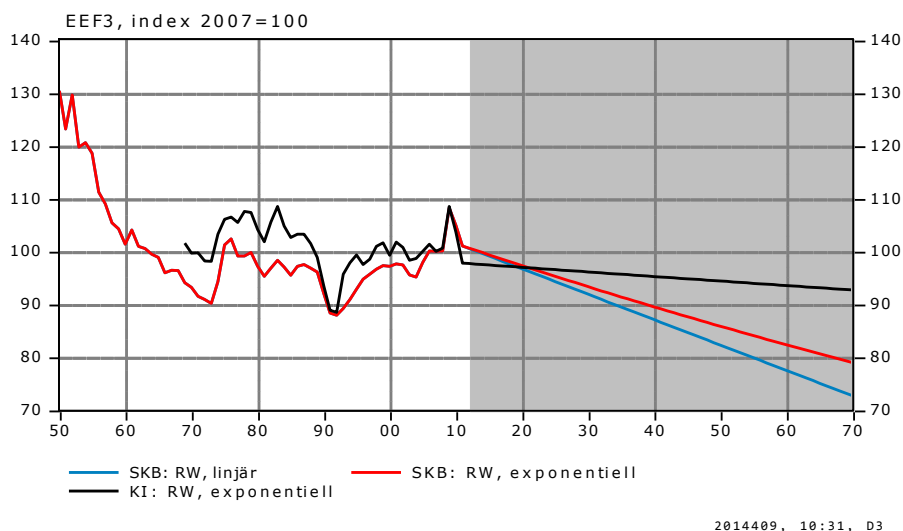
<sup>20</sup> Man kan dock notera att SCB reviderade ned utfallet för produktiviteten i byggindustrin 2011 kraftigt i samband med publiceringen av definitiva årsräkenskaper i september 2013. Skulle denna mer aktuella data användas skulle ökningen i Eef 2 bli något starkare.

#### 4.3 EEF 3 – Reala maskinpriser

SKB förordar att en linjär Random Walk modell med drift skattad med data för 1950–2011 används som prognosmodell för EEF 3. I diagram 9 är SKB:s utfallsdata röd linje och SKB:s prognosmodell ger prognoser enligt blå linje. Om man istället skattar en Random Walk med drift med samma data och urvalsperiod men antar exponentiell utveckling erhålls något högre prognos, se röd linje.

KI:s data skiljer sig en hel del från SKB:s data. Dels anser KI att data före 1969 inte bör användas (se avsnitt 3.4.1 ovan), dels anser KI att inhemska tillgångspriser bör användas snarare än producentpriser som SKB använder (se Appendix). KI:s data ges av svart linje i diagram 9. Prognosen baserad på en Random Walk med drift för logaritmerad data, dvs. exponentiell utveckling, för perioden 1969-2011 blir betydligt högre än SKB:s prognos. KI:s prognosmodell ger ett drygt 25 procent högre värde för EEF 3 år 2070 jämfört med SKB:s prognos (92,7 istället för 72,7).

**Diagram 9 SKB:s och KI:s framskrivningar av EEF 3**

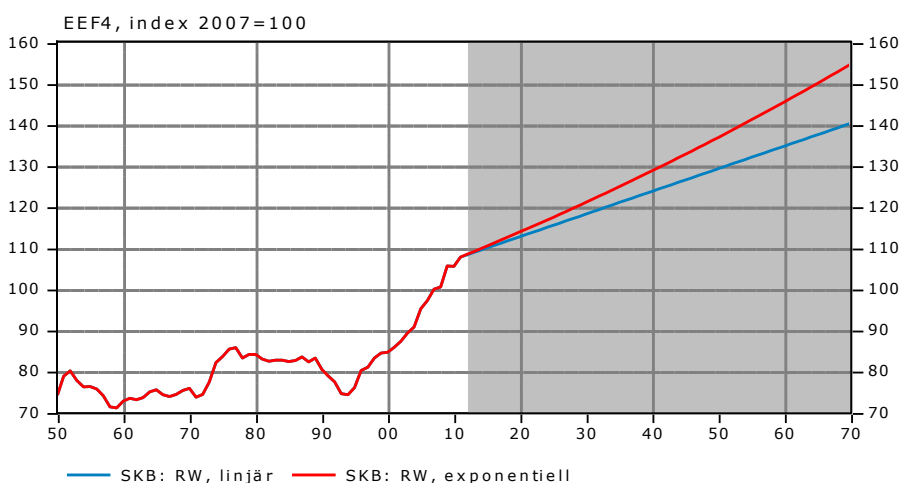


Källor: KI och SKB

#### 4.4 EEF 4 – Reala priser på byggmateriel

SKB förordar att en linjär Random Walk modell med drift skattad med data för 1950–2011 används som prognosmodell för EEF 4. I diagram 10 är SKB:s utfallsdata röd linje och SKB:s prognosmodell ger prognoser enligt blå linje. Om man istället skattar en Random Walk med samma data och urvalsperiod men antar exponentiell utveckling erhålls något högre prognos, ca 10 procent högre år 2070, se röd linje. Indexvärdet 2070 uppgår till 154,8.

**Diagram 10 SKB:s och KI:s framskrivningar av EEF 4**



2014409, 10:31, D4

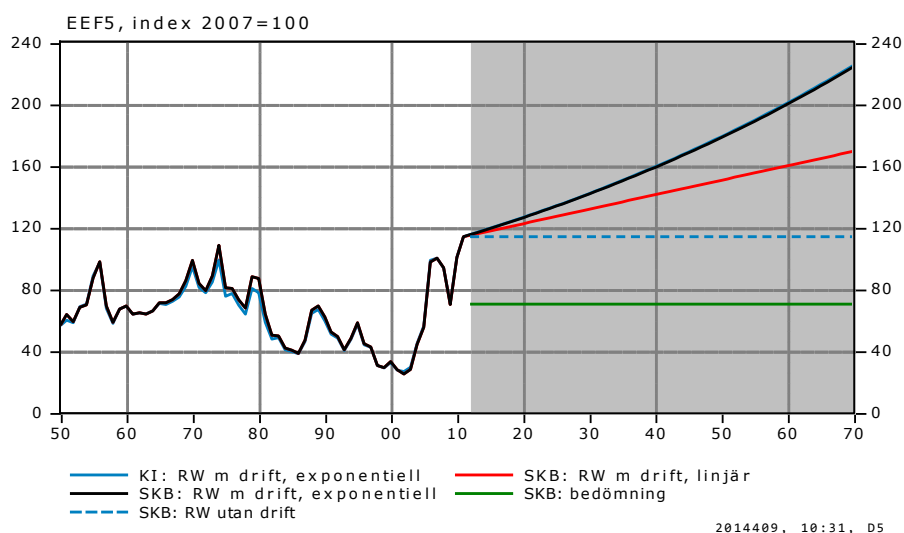
Källor: KI och SKB

KI gör bedömningen att data som används av SKB rimligen inte är relevant i sammanhanget eftersom den avser byggkostnader som delvis utgörs av arbetskostnader (se Appendix). Det är inte uppenbart vilken form av byggmaterial som är mest relevant här och KI har därför inte tagit fram egen data. KI har därmed inte skattat någon egen prognosmodell.

#### 4.5 EEF 5 – Realt pris på koppar (USD/ton)

I diagram 11 ges SKB:s utfallsdata av blå linje. En linjär Random Walk modell med drift baserad på SKB:s data för perioden 1950–2011 ger prognoser enligt röd linje. SKB förordar dock att en linjär Random Walk modell utan drift används. Detta innebär att prognoserna blir identiska med sista utfallsdata, se blå streckad linje, oavsett om man baserar prognoserna på linjär eller exponentiell tillväxt. SKB väljer slutligen att helt bortse från modellresultaten i sina prognoser. I stället antar SKB att det reala kopparpriset ska ligga på en betydligt lägre nivå (indexvärde 70,2), se grön linje i diagram 11, d.v.s. strax över det historiska medelvärdet för perioden 1950–2011 (indexvärde 65,0). Enligt KI:s syn är detta inte ett rimligt förfarande, se avsnitt 2.4 ovan.

**Diagram 11 SKB:s och KI:s framskrivningar av EEF 5**



Källor: KI och SKB

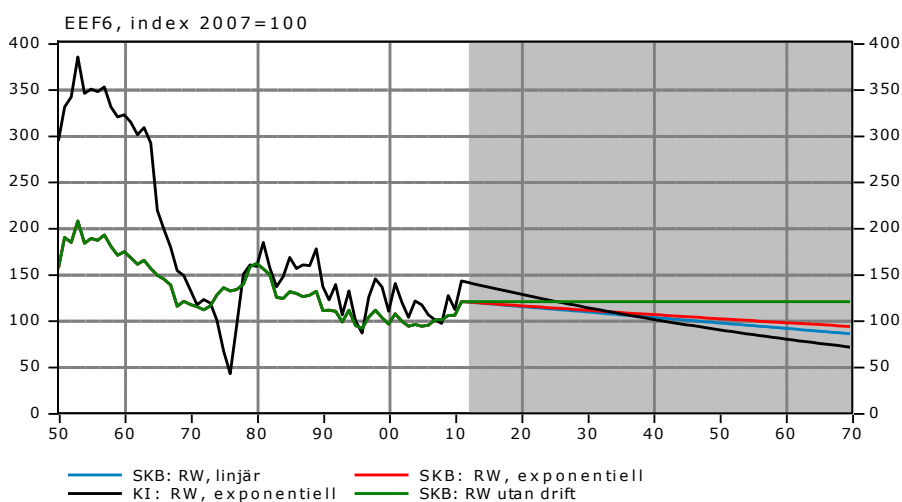
KI:s utfallsdata avviker från SKB:s data. Det beror dels på att SKB (felaktigt) länkat samman data för nominella kopparpriser från olika källor, dels på att SKB har beräknat KPI för USA felaktigt, se Appendix. KI:s data ges av svart linje i diagram 11. KI förordar en exponentiell Random Walk modell med drift skattad på data för perioden 1950–2011. Prognosen från denna modell blir mycket högre än SKB:s prognos. KI:s prognosmodell ger ett mer än 3 gånger så högt värde för EEF 5 år 2070 som SKB:s prognos (indexvärde 225,3 i stället för 70,2).

#### 4.6 EEF 6 – Realt pris på bentonit (USD/ton)

SKB förordar att en linjär Random Walk modell utan drift skattad med data för 1950–2011 används som prognosmodell för EEF 6. Detta innebär att prognoserna blir identiska med sista utfallsdata, oavsett om man baserar prognoserna på linjär eller exponentiell tillväxt. I diagram 12 ges SKB:s utfallsdata av grön linje, liksom SKB:s prognos. En linjär Random Walk modell med drift baserad på SKB:s data ger prognoser enligt blå linje. Prognoserna från motsvarande exponentiella modell ligger högre, se röd linje.

KI:s utfallsdata avviker kraftigt från SKB:s data. Det beror dels på att SKB och KI använt olika källor för nominella bentonitpriser, dels på att SKB har beräknat KPI för USA felaktigt, se Appendix. KI:s data ges av svart linje i diagram 12. KI förordar en exponentiell Random Walk modell med drift skattad på data för perioden 1950–2011. Prognosen från denna modell ges av svart linje i diagram 12, och blir lägre än SKB:s prognos. KI:s prognosmodell ger ett nästan bara hälften så högt värde för EEF 6 år 2070 som SKB:s prognos (70,5 i stället för 119,9).

Diagram 12 SKB:s och KI:s framskrivningar av EEF 6



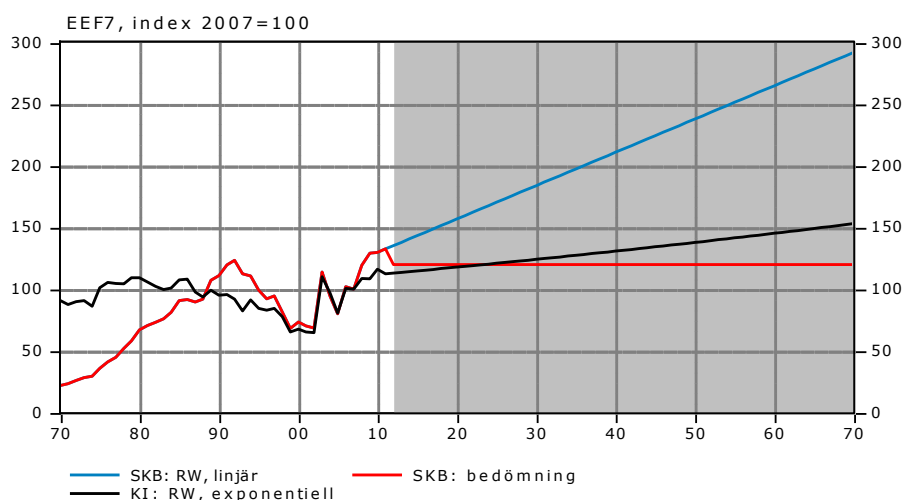
Källor: KI och SKB

#### 4.7 EEF 7 – Reala effektivitetsjusterade energipriser

KI bedömer att EEF 7 kan beräknas genom att väga samman real prisutveckling för el och olja med SKB:s vikter, dvs. 0,8 respektive 0,2, även om motiveringen för just dessa vikter är knapphändig. KI bedömer vidare att det är lämpligast att korrigera för den genomsnittliga energieffektiviseringen i hela ekonomin, inte industrins som SKB gör, se vidare Appendix.

KI:s och SKB:s (felaktiga) beräkning av EEF 7 inklusive prognoser baserade på den historiska utvecklingen redovisas i diagram 13. Med SKB:s data, röd linje i diagram 13, har det produktivitetsjusterade energipriset stigit kraftigt. Modellprognosen från en linjär Random Walk med drift innebär kraftigt stigande priser framöver (se blå linje). SKB har en längre utläggning om varför denna prognos ”inte ter sig realistisk” (se s. 25–26, SKB (2014)), vilket resulterar i en konstant bedömningsprognos (röd linje i diagram 13). Argumenten är inte övertygande, men slutsatsen råkar ändå inte vara helt fel eftersom SKB:s data är felaktig. SKB har inte deflaterat med KPI, se vidare Appendix. SKB:s data för EEF 7 visar alltså energikostnad i löpande pris per enhet produktionsvolym i industrin. En korrekt beräkning av det reala energipriset justerat för produktivitet i användningen (med SKB:s valda vikter för el respektive olja) redovisas i Appendix, diagram A2.

Diagram 13 SKB:s och KI:s framskrivningar av EEF 7



2014409, 10:31, 078

Källor: KI och SKB

KI:s preliminära bedömning är att det reala energipriset som man vill mäta med EEF 7 bör ”effektivitetsjusteras” med hjälp av utvecklingen i ekonomin som helhet, snarare än i industrin. KI grundar detta på bedömningen att ekonomin som helhet bättre än industrin reflekterar aktiviteten i avvecklingsprojektet (se även Appendix). I diagram 13 redovisas KI:s data som svart linje. En modellprognos från en exponentiell Random Walk modell med drift ger utvecklingen enligt svart linje, d.v.s. svagt stigande (0,5 procent per år) reala effektivitetsjusterade energipriser. Prognosen från denna modell blir högre än SKB:s bedömningsprognos (men betydligt lägre än SKB:s modellprognos). KI:s prognosmodell ger ett drygt 25 procent högre värde för EEF 7 år 2070 jämfört med SKB:s bedömningsprognos (153,0 istället för 120,0).

I genomsnitt 1970-2011 har energianvändningen per producerad enhet i industrin minskat med 3,2 procent per år och i ekonomin som helhet (BNP) med 1,4 procent per år.<sup>21</sup> SKB:s mått på vägd användning av el och olja har i genomsnitt minskat med 2,5 procent per år. I Energimyndigheten (2013) görs bedömningen att industrin kommer att minska energianvändningen per producerad enhet med i genomsnitt 1,2 procent per år 2007–2030 (s. 10). I samma rapport (s. 5) bedöms den svenska ekonomins totala energiintensitet, mätt som tillförd energi per BNP, minska med 15 procent mellan 2008 och 2020, d.v.s. med ca 1,3 procent per år.

Energieffektiviseringen är givetvis en funktion av prisutvecklingen på energi. Den framtida utvecklingen kan inte bedömas separat från bedömningen av prisutvecklingen. Energimyndigheten (2013) baserar sin långsiktsprogos på antagandena: ”Råoljepriset ökar från cirka 79 dollar per fat år 2007 till 128 dollar per fat år 2030 i 2007 års prisnivå. Elpriset ökar från år 2007 års 26 öre per kilowattimme (kWh) till 61 öre per kWh.” (s. 14). Det innebär en genomsnittlig ökning av de reala oljepriserna (under tilläggsantagande om

<sup>21</sup> Beräkningar av KI baserad på data från Energimyndigheten (2013) och SCB.

oförändrad växelkurs SEK/USD) med 2,1 procent per år och en ökning med 3,8 procent för de reala elpriserna. Om man väger dessa prisökningar med samma vikter som SKB (0,2 respektive 0,8) blir den genomsnittliga ökningstakten i de reala energipriserna 3,4 procent under perioden 2007–2030. Effektivitetsjusterade reala energipriser enligt SKB:s definition (EEF 7) ökar då baserat på Energimyndighetens långsiktsscenario med ungefär  $3,4 - 1,3 = 2,1$  procent per år om man justerar med energieffektiviseringen i hela ekonomin. Visserligen sträcker sig inte Energimyndighetens prognos längre än till 2030, men den är ändå intressant att jämföra med KI:s modellprognos som är 0,5 procent per år.

#### 4.8 EEF 8 – Real växelkurs SEK/USD

Det är oklart vilken modell SKB förespråkar för framskrivningen av EEF 8. I SKB (2014) hänvisar SKB till en linjär, trendstationär modell baserad på data för 1950–2011, medan man i SKB (2013) hänvisar till Random Walk modell. KI utgår i den här analysen från att det är SKB (2014) som är relevant.

SKB:s data och modellprognos utgörs av blå linje i diagram 14.<sup>22</sup> SKB:s prognoser konvergerar på sikt (approximativt) mot det historiska medelvärdet. Data som SKB använder sig av är dock felaktigt beräknad. Dels använder SKB en felaktig formel för att beräkna real växelkurs för åren 2001–2011, dels använder SKB en felaktig formel vid omindexering av KPI för USA åren 1950–2006, se Appendix.

KI:s korrekt beräknade data utgörs av svart linje i diagram 14. Skillnaderna gentemot SKB:s data är betydande under framför allt de första åren på 2000-talet. Statistiska tester visar att det inte är uppenbart om KI:s data för EEF 8 bäst beskrivs som en Random Walk eller som (trend) stationär.<sup>23</sup>

KI har tagit fram två preliminära prognosmodeller för EEF 8. Den första modellen är en exponentiell Random Walk modell med drift. Prognoserna från den modellen visas som röd linje i diagram 14. Modellen är analog med KI:s prognosmodeller för övriga EEF:er. Med denna modell fortsätter den historiska trenden med en starkare krona mot dollarn i reala termer. Enligt KI:s bedömning är detta dock inte nödvändigtvis den bästa utgångspunkten för en prognos.

Vid modellering av reala växelkurser finns det teoretiska argument som bör vägas in. Trendmässiga förändringar i reala växelkurser förklaras i den akademiska litteraturen ofta av så kallade fundamentala förklaringsfaktorer, t.ex. skillnader i produktivitetstillväxt och förändringar i bytesförhållandet.<sup>24</sup> En vanligt förekommande utgångspunkt är att reala växelkurser på lång sikt är stationära och att så kallad köpkraftsparitet (PPP) kan ses som ett jämviktsvillkor. Implicit förutsätter detta att också relevanta fundamentala förklaringsfaktorer är stationära. Ett sådant antagande resulterar i en stationär prognosmodell utan trend för den reala växelkursen. Enligt KI:s bedömning är detta en rimlig utgångspunkt

---

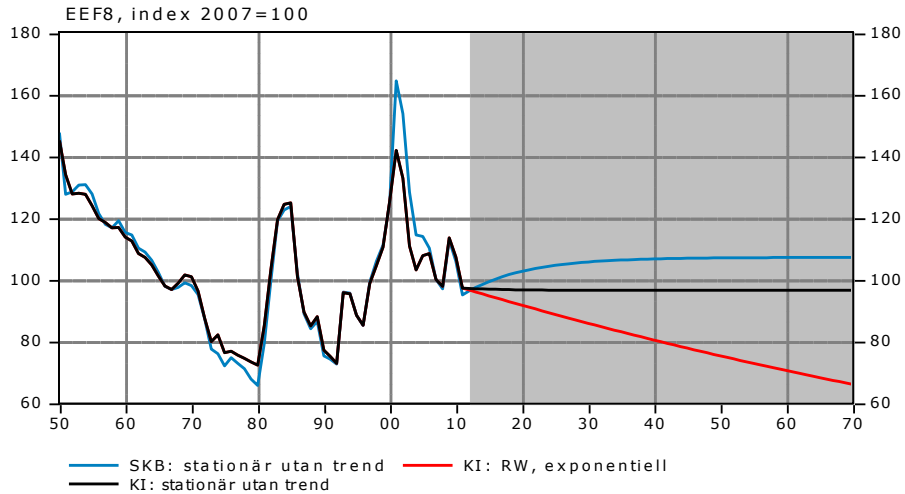
<sup>22</sup> I diagram 14 redovisas SKB:s modellprognoser enligt Excel-filen "SSM\_PrognosberäkningarEEF8.xlsx". I Tabell 3.1 i SKB (2014) anges en konstant prognos för alla åren 2012–2070, medan det i SKB (2013) redovisas en infasning mot den långsiktiga nivån.

<sup>23</sup> KI:s tester av data i exponentiell (logaritmerad) form. Beroende på lagstruktur i de (Augmented) Dickey-Fuller tester som genomförs är det möjligt att både förkasta eller inte förkasta hypotesen om Random Walk.

<sup>24</sup> Se t.ex. MacDonald, R. and J. Stein (1999).

och KI har därför tagit fram även en sådan modell, även om Random Walk modellen inte bör uteslutas som alternativ.<sup>25</sup> Prognoserna från den stationära modellen visas i diagram 14 som svart linje. Denna modell är av samma slag som SKB:s modell. År 2070 är indexvärdet 96,5.

**Diagram 14 SKB:s och KI:s framskrivningar av EEF 8**



2014409, 10:31, D8

Källor: KI och SKB

<sup>25</sup> KI:s stationära prognosmodell är en AR(1) modell.

## 5. Appendix – Beskrivning av SKB:s och KI:s beräkning av EEF:er

Detta appendix innehåller en granskning av de data för EEF:er som SKB levererade till SSM 2014-01-17 i Excel-filen ”Variabler\_Plan2013.xlsx”. Data beskrivs i Appendix 1 till ”Externa ekonomiska faktorer – Prognoser 2011-2070” av Lars Bergman och Ulf Jakobsson, flik 7 i Plan 2013 (reviderad februari 2014), se SKB (2014).

EEF 1–4 och EEF 7-8 har beräknats genom att deflatera med svensk KPI. KI har inte funnit några tveksamheter i dessa beräkningar och därför kommenteras de inte vidare i detta appendix (data för svensk KPI kan hämtas från SCB: <http://www.scb.se/sv/Hitta-statistik/Statistikdatabasen>). Däremot har SKB indexerat om KPI för USA på ett felaktigt sätt. Detta berör EEF 5–6 och EEF 8.

Skillnader mellan SKB:s och KI:s data framgår i grafisk form av diagram 7–14 ovan.

### **EEF 1 – REAL ARBETSKOSTNAD PER PRODUCERAD ENHET I TJÄNSTESEKTORN ENLIGT SKB**

Data för enhetsarbetskostnader påstås vara hämtade från Konjunkturinstitutets hemsida 2013-06-25 (se s. 32-34 i SKB (2014)), men visar sig vid kontroll vara de värden som publicerades 2012-12-19 och ersattes med nya värden 2013-03-27 och 2013-06-19. Det påverkar dock inte resultaten nämnvärt. Vårre är att beräkningen av enhetsarbetskostnaderna i tjänstesektorn fortfarande, trots påtalande i Konjunkturinstitutet (2013b), är felaktigt beräknade eftersom man har använt sig av produktiviteten i byggindustrin.

1950-1992: Arbetskostnader per timme (täljaren i enhetsarbetskostnaden), löner inklusive sociala avgifter för anställda dividerat med antal arbetade timmar för anställda, övriga privata tjänster (cirkulation och privata reproduktiva tjänster), tabell U och S, Edvinsson (2005).

Arbetsproduktivitet (nämnaren i enhetsarbetskostnaden) i *byggindustrin*, Edvinsson (2005), se nedan. Ingen motivering till varför en annan branschs produktivitetsutveckling används.

1993-2011: Enhetsarbetskostnad i tjänstebranscher, Lo04.xls från [www.konj.se/757.html](http://www.konj.se/757.html), Konjunkturinstitutet/SCB.

### **EEF 1 – REAL ARBETSKOSTNAD PER PRODUCERAD ENHET I TJÄNSTESEKTORN ENLIGT KI**

1950-1992: Arbetskostnader (täljaren i enhetsarbetskostnaden), löner inklusive sociala avgifter för anställda i branscherna ”Transporter och kommunikationer” (motsvarar närmast branscherna SNI 2007 bokstavskod H & J), ”Cirkulation” (motsvarar närmast handel G, finansiella tjänster K och företagstjänster M & N i dagens nationalräkenskaper), ”Privata reproduktiva tjänster” (motsvarar närmast hotell och restaurang, I, samt hushållstjänster, P, Q, R, S & T) samt ”Fastighetsförvaltning” (L), tabell U, Edvinsson (2005).

Förädlingsvärde i fast pris för aggregatet tjänstebranscher (nämnaren i enhetsarbetskostnaden) redovisas inte i Edvinsson (2005). Data redovisas istället i form av procentuella volymökningstakter separat för samma fyra tjänstebranscher som arbetskostnaderna. KI har beräknat utvecklingen för förädlingsvärdet i fast pris i tjänstebranscherna totalt med ett kedjeindex av Laspeyres-typ

genom att väga samman volymutvecklingen för de fyra delbranscherna varje enskilt år med föregående års värdeandelar.

1993-2011: Enhetsarbetskostnad i tjänstebranscher, Lo04.xls från [www.konj.se/757.html](http://www.konj.se/757.html), publicerad 2013-06-19, Konjunkturinstitutet/SCB.

## **EEF 2 – REAL ARBETSKOSTNAD PER PRODUCERAD ENHET I BYGGINDUSTRIN ENLIGT SKB**

Data för enhetsarbetskostnader påstås vara hämtade från Konjunkturinstitutets hemsida 2013-06-25 (se s. 32-34 i SKB (2014)), men visar sig vid kontroll vara de värden som publicerades 2012-12-19 och ersattes med nya värden 2013-03-27 och 2013-06-19. Det påverkar dock inte resultaten nämnvärt. Det finns också ett fel för utvecklingen under 1992-93, men det påverkar inte heller resultaten påtagligt.

1950-1991: Arbetskostnader per timme (täljaren i enhetsarbetskostnaden), löner inklusive sociala avgifter för anställda dividerat med antal arbetade timmar för anställda, byggnadsindustri, tabell U och S, Edvinsson (2005).

Arbetsproduktivitet (nämnaren i enhetsarbetskostnaden), Förädlingsvärde i fast pris dividerat med antal arbetade timmar för anställda, byggnadsindustri, tabell E och S, Edvinsson (2005).

1992-1993: Oklar källa som ger oförklarligt hopp i serien. Omnämns på s. 33 i SKB (2014) ”Ett hack märks här i övergången mellan serierna mellan åren 1992 till 1993”.

1994-2011: Enhetsarbetskostnad i byggindustrin, Lo04.xls från [www.konj.se/757.html](http://www.konj.se/757.html), Konjunkturinstitutet/SCB.

## **EEF 2 – REAL ARBETSKOSTNAD PER PRODUCERAD ENHET I BYGGINDUSTRIN ENLIGT KI**

1950-1992: Arbetskostnader (täljaren i enhetsarbetskostnaden), löner inklusive sociala avgifter för anställda i byggnadsindustri, tabell U, Edvinsson (2005).

Förädlingsvärde i fast pris (nämnaren i enhetsarbetskostnaden) i byggnadsindustri, tabell E, Edvinsson (2005).

1993-2011: Enhetsarbetskostnad i byggindustrin, Lo04.xls från [www.konj.se/757.html](http://www.konj.se/757.html), publicerad 2013-06-19, Konjunkturinstitutet/SCB.

## **EEF 3 – REALA MASKINPRISER ENLIGT SKB**

1950-1969: Prisindex för maskinindustrin (PX14), J. Ljungberg, Prices and market processes in Sweden 1885-1969/LU-MADD.

1970-1989: SCB, Prisindex för icke-elektriska maskiner (Statistikdatabasen). KI:s kommentar: data avser producentpris för serien 382 enligt SNI69.

1990-2011: SCB, Prisindex för övriga maskiner (Statistikdatabasen). KI:s kommentar: data avser producentpris för serien 28 enligt SPIN2007.

Enligt KI bör inte data skarvas samman 1969/1970 såsom SKB gör, se avsnitt 3.4.1 för en analys. För åren 1969/1970 och framåt väljer SKB att använda sig av producentprisindex från SCB. Producentprisindex är en kombination av hemmamarknadspriser och exportpriser. Som KI tidigare påpekat (se Konjunkturinstitutet (2013b)) är inhemska tillgångspriser att föredra eftersom dessa är en kombination av hemmamarknadspriser och importpriser och därmed bättre speglar priser i Sverige.

### **EEF 3 – REALA MASKINPRISER ENLIGT KI**

1969-1989: Inhemsk tillgångspriser för icke-elektriska maskiner, serie 382 enligt SNI69, SCB, Statistikdatabasen. <http://www.scb.se/sv/Hitta-statistik/Statistikdatabasen>

1990-2011: Inhemsk tillgångspriser för icke-elektriska maskiner, serie 28 enligt SPIN 2007, SCB, Statistikdatabasen. <http://www.scb.se/sv/Hitta-statistik/Statistikdatabasen>

### **EEF 4 – REALA PRISER PÅ BYGGMATERIEL ENLIGT SKB**

1950-1983: Byggekostnadsutveckling för flerbostadshus (Faktorprisindex för byggnader), SCB.

1984-2011: Entreprenadindex för industribyggnader med stomme av prefabricerad betong, SCB/Sveriges Bygginstrumenter.

SKB använder nominell byggekostnadsutveckling (SCB) för åren 1950–1983 och (nominellt) entreprenadindex (SCB/Sveriges Bygginstrumenter) för åren 1984–2011. Båda dessa serier avser byggekostnader och utgörs delvis av arbetskostnader. Detta är mycket olyckligt efter som (reala) arbetskostnader inom byggindustrin redan ingår i Plan-kalkylerna via EEF 2. Det är oklart varför SKB väljer att basera EEF 4 på denna statistik och problematiken diskuteras inte i SKB (2014).

Ett metodologiskt problem är att SKB skarvar samman data för serien byggekostnadsutveckling (1950–1983) med data för entreprenadindex (1984–2011) utan att beakta att det finns en nivåskillnad för överlappande data 1984. Felet som förs in är dock begränsat, ca 1 procent.

### **EEF 4 – REALA PRISER PÅ BYGGMATERIEL ENLIGT KI**

KI:s bedömning är att det behöver tas fram ny statistik för nominella priser för byggmateriel som är relevant för EEF 4. Det är inte uppenbart vilken form av byggmaterial som är mest relevant här och KI har därför inte tagit fram egen data.

### **EEF 5 – REALT PRIS PÅ KOPPAR (USD/TON) ENLIGT SKB**

1950-2001: Nominellt pris på koppar, USD/ton, U.S. Geological Survey.

2002-2011: Nominellt pris på koppar, USD/ton, U.S. Westmetall. Tillgänglig via <http://www.westmetall.com/en/markdaten.php>

1950-2011: KPI för USA (CPI), The Federal Reserve Bank of Minneapolis.

SKB väljer att skarva samman data U.S. Geological Survey (1950–2001) och Westmetall (2002–2011). Det är mycket oklart varför (se avsnitt 3.4.2 ovan), i synnerhet som data finns att tillgå från U.S. Geological Survey för hela perioden 1950–2011. Ett metodologiskt problem är att SKB skarvar samman data för serien för kopparpriset USD/ton enligt U.S. Geological Survey (1950–2001) med motsvarande data från Westmetall (2002–2011) utan att beakta att det finns en nivåskillnad för överlappande data 1984. Felet som förs in är dock begränsat, knappt 1 procent.

Ett i praktiken större problem är att SKB har räknat fel när de har indexerat om KPI för USA (så att 2007=100), se Kolumn E, flik ”Inflation US” i filen ”Variabler\_Plan2013.xlsx”. För åren fram till och med 2006 har beräkningarna skett enligt formeln:

$$X_{t+1} = X_t * (1 + \Delta X_t)$$

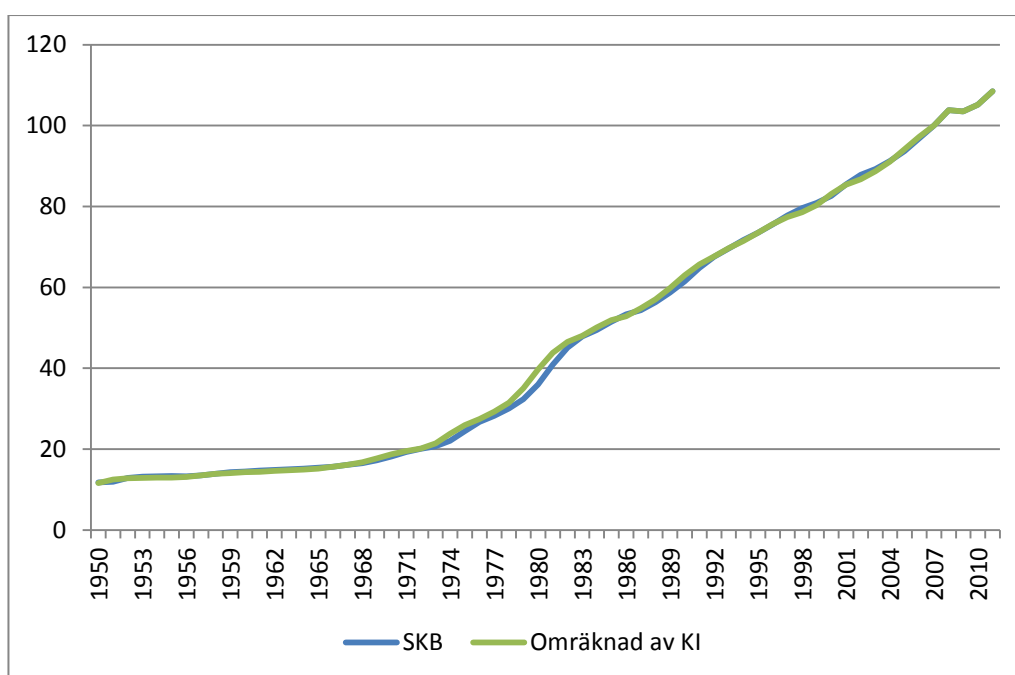
där operatören  $\Delta$  avser relativ förändringstakt (procentuell utvecklingstakt dividerad med 100). Det är även den formel som anges i SKB:s dokumentation i Appendix 1, s.31 i SKB (2014). Den korrekta formeln (som märkligt nog används av SKB för 2008–2011) är:

$$X_{t+1} = X_t * (1 + \Delta X_{t+1})$$

Det enklaste är förstås att inte alls använda sig av utvecklingstalen utan att indexera om serien direkt i nivåform. De felaktiga beräkningarna av SKB leder till betydande fel under vissa perioder. Som mest avviker SKB:s beräknade KPI-index med över 9 procent (1980) från den korrekt beräknade indexnivån, se diagram A1.

#### Diagram A1 KPI för USA (CPI)

Index 2007=100



Källor: KI och SKB

Den felaktiga beräkningen av KPI för USA ger upphov till ett motsvarande fel i nivån för EEF 5, vilket framgår av Diagram EEF 5 i avsnitt 4.5 ovan.

#### EEF 5 – REALT PRIS PÅ KOPPAR (USD/TON) ENLIGT KI

1950-2011: Realt pris på koppar (i 1998 års priser), USD/ton, U.S. Geological Survey.

Tillgänglig via U.S. Geological Survey's hemsida, Excel-filen

[http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/historical-statistics/ds140-](http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/historical-statistics/ds140-coppe.xlsx)

[coppe.xlsx](http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/historical-statistics/ds140-coppe.xlsx), flik "Copper", kolumn L, publicerad 2012-11-26. Omindexerat av KI så att 2007=100.

#### EEF 6 – REALT PRIS PÅ BENTONIT (USD/TON) ENLIGT SKB

1950-1971: Nominellt pris på bentonit, USD/ton, Minerals Yearbook, U.S. Geological

Survey, tillgänglig via <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/myb.html>

1972-2011: Nominellt pris på bentonit, USD/ton, Minerals Yearbook och Mineral Commodity Summaries, sammanställning av Robert Virta, U.S. Geological Survey. Statistik med oklar status överlämnad till SKB av Robert Virta.  
1950-2011: KPI för USA (CPI), The Federal Reserve Bank of Minneapolis.

SKB förlitar sig delvis på vad som förefaller vara icke-publicerad statistik för det nominella priset på bentonit (USD/ton) för åren 1972–2011. Officiell statistik finns dock att tillgå från just U.S. Geological Survey för hela tidsperioden 1950–2011. SKB diskvalificerar dock denna statistik med hänvisning till att den beaktar priset på speciella typer av bentonit som importerats (till USA), vilket driver upp prisnivån. Det är dock oklart varför denna till USA importerade bentonit är mindre relevant i SKB:s beräkningar än den bentonit som produceras i USA. Det är möjligt att det går att visa att så är fallet. KI har ingen uppfattning om detta. Men så länge så ingen djupare analys presenteras av SKB anser KI att det är rimligare att använda sig av officiell statistik från U.S. Geological Survey.

Liksom för EEF 5 påverkas beräkningarna av EEF 6 av att SKB har räknat fel när de har indexerat om KPI för USA (så att 2007=100), se beskrivning av EEF 5 ovan.

#### **EEF 6 – REALT PRIS PÅ BENTONIT (USD/TON) ENLIGT KI**

1950-2011: Realt pris på Bentonit (i 1998 års priser), USD/ton, U.S. Geological Survey. Tillgänglig via U.S. Geological Survey's hemsida, Excel-filen <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/historical-statistics/ds140-clays.xlsx>, flik "Bentonite", kolumn G, publicerad 2012-11-26. Omindexerat av KI så att 2007=100.

#### **EEF 7 – REALA EFFEKTIVITETSJUSTERADE ENERGIPRISER ENLIGT SKB OCH KI**

SKB har vägt samman industrins kostnader för el och dieselolja per kilowattimme med vikterna 0,8 respektive 0,2. Vikterna får antas spegla den förbrukning som projektet beräknas ha framöver. KI har ingen kompetens att bedöma rimligheten i detta antagande. På lång sikt finns det dock en tendens att priset på olika energislag utvecklas på ett likartat sätt så valet av vikterna torde inte vara kritiskt.

SKB har dock missat att beakta KPI när reala energipriser har beräknats. Kolumn Y, i flik "Variabler" i filen "Variabler\_Plan2013.xlsx" påstås visa "reala priser öre/kWh", men det stämmer inte. En kontroll visar att det är de vägda energipriserna enligt ovan i löpande priser. SKB har missat att dividera med KPI.

För att beräkna historisk utveckling av EEF 7 – reala *effektivitetsjusterade* energipriser – har SKB försökt beräkna hur energianvändningen i industrin har utvecklats sedan 1970. Det görs genom att använda data från Energimyndigheten på hur många kWh el respektive oljeprodukter industrin har förbrukat per producerad enhet (förädlingsvärde i fast pris). SKB har vägt samman förbrukningen med samma vikter som ovan, dvs. 0,8 respektive 0,2. Men detta är inte ett rimligt angreppssätt eftersom industrin även förbrukar energi av annat slag såsom kol, gas och biobränslen. En kraftig effektivisering av elanvändningen skulle kunna ha skett genom att i stället t.ex. börja använda mer gas. Det rimliga sättet att beräkna effektiviteten i energianvändningen är att beräkna total energiförbrukning (alla energislag) per producerad enhet.

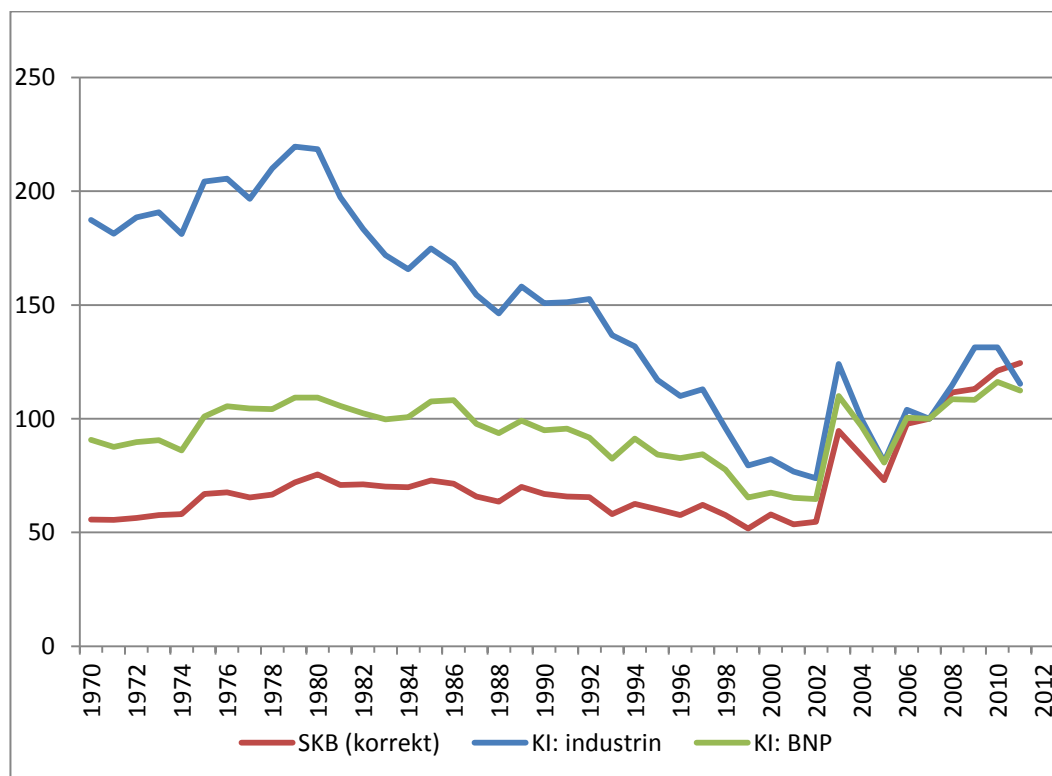
Nästa fråga är om det är just *industrins* historiska energieffektivisering som är mest intressant att studera. Produktionen av kärnavfallslagret skiljer sig mycket från tillverkningsindustrins verksamhet. SKB har ju delvis därför valt att studera enhetsarbetskostnader i

byggindustrin och tjänstesektorn. KI har därför tagit fram två mått för energieffektivisering:

- industrins energianvändning per producerad enhet
- energianvändningen i hela ekonomin per producerad enhet (BNP i fast pris)

#### Diagram A2 Reala effektivitetsjusterade energipriser

Index 2007=100



Källor: KI och SKB

I diagram A2 redovisas reala effektivitetsjusterade energipriser baserade på dessa två effektiviseringsmått, tillsammans med SKB:s (av KI korrigerade) reala effektivitetsjusterade pris. KI:s framskrivningar av EEF 7, se avsnitt 4.7 ovan, avser det reala effektivitetsjusterade pris som baseras på energianvändningen i hela ekonomin per producerad enhet, vilket KI bedömer som mest relevant.

1970-2011: Energianvändning i industrin och hela ekonomin (normalårskorrigerad i bostads- och servicesektorn), 2555\_Energilaget i siffror 2013.xls, tabell 2 och 7, hämtad från Energimyndighetens hemsida, <https://energimyndigheten.a-w2m.se/FolderContents.mvc/DownloadAttachment?AttachmentId=118>  
Produktionsindex industrin (förädlingsvärde), 2555\_Energilaget i siffror 2013.xls, tabell 2, Energimyndigheten.  
Produktionsindex hela ekonomin, BNP, Tabellpaket års SM2011 SNI 2007 version 201409.xls, tabell 1b, hämtad från SCB:s hemsida <http://www.scb.se/sv/Hitta-statistik/Statistik-efter-amne/Nationalrakenskaper/Nationalrakenskaper/Nationalrakenskaper-kvartals--och-arsberakningar/Aktuell-Pong/22918/306024/>

Priser på el (för industrin inkl. skatt) och dieselolja, SKB:s underlag som anger Energimyndigheten som källa.

#### EEF 8 – REAL VÄXELKURS SEK/USD ENLIGT SKB

1950-2011: Nominell växelkurs SEK/USD, Riksbanken.

1950-2011: KPI för USA (CPI), The Federal Reserve Bank of Minneapolis.

#### EEF 8 – REAL VÄXELKURS SEK/USD ENLIGT KI

1950-1970: Nominell växelkurs SEK/USD, Riksbanken, ExchangeRates1913\_2006.xls.

Tillgänglig via <http://www.riksbank.se/sv/Riksbanken/Forskning/Historisk-monetar-statistik/Valutakurser/Manatliga-valutakurser-i-Sverige-19132006>

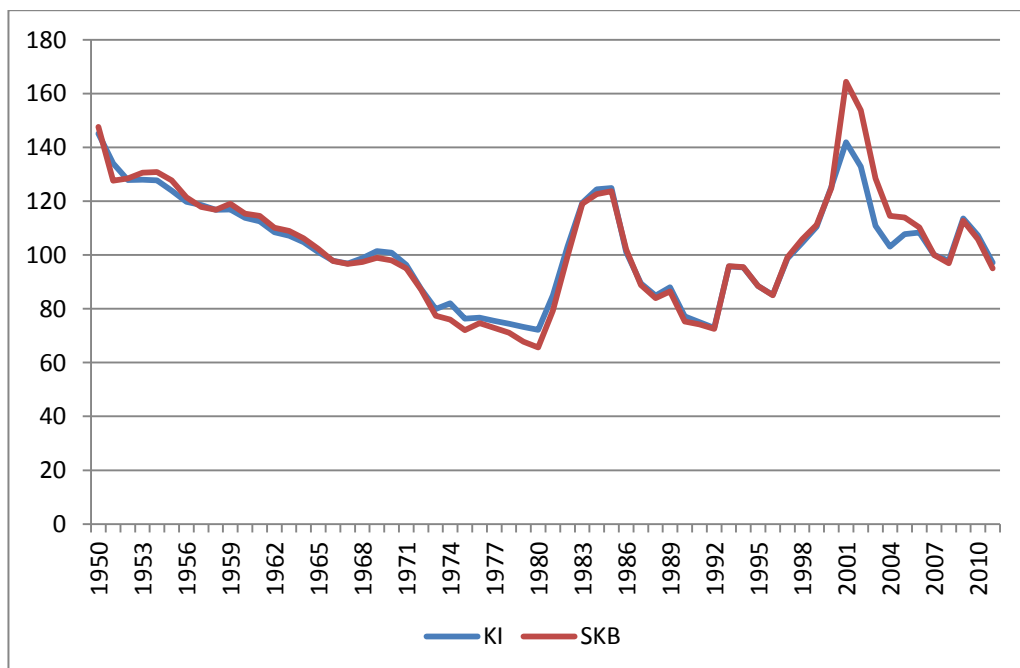
1971-2011: Nominell växelkurs SEK/USD, KI, databank:vx, serie: USSVX. Ursprungskälla: Riksbanken.

1950-2011: KPI för USA, Consumer Price Index for All Urban Consumers: All Items, FRED-databasen, serie CPIAUCSL, Federal Reserve Bank of St. Louis. Tillgänglig via <http://research.stlouisfed.org/fred2>.

Den nominella växelkursen definieras som SEK per USD. För att få den reala växelkursen ska den nominella växelkursen multipliceras med KPI för USA och divideras med KPI för Sverige. Den reala växelkursen är därmed enhetslös. Enligt Appendix 1 i SKB (2014) gör SKB tvärtom med priserna. I beräkningarna använder SKB den felaktiga formeln för åren 2001–2011. Märkligt nog använder SKB rätt formel för åren 1950–2000. I Diagram A3 redovisas SKB:s data och KI:s beräkning med KI:s data. Av Diagram A3 framgår att skillnaderna är stora under perioden 2001–2005. Skillnaderna före 2000 beror på SKB:s felaktiga omindexering av KPI för USA, se avsnitt EEF 5 ovan.

#### Diagram A3 Real växelkurs, SEK/USD

Index 2007=100



Källor: KI och SKB

## 6. Referenser

Edvinsson, R. (2005), *Growth Accumulation Crisis – With New Macroeconomic Data for Sweden 1800-2000*, Stockholm Studies in Economic History, 41, Almqvist & Wiksell International, Stockholm. Data från denna källa har hämtats från <http://www.historia.se>.

Energimyndigheten (2013), *Långsiktsprogno 2012: Sammanfattning*, <https://energimyndigheten.a-w2m.se/FolderContents.mvc/Download?ResourceId=2709>

Markowski, A., K. Nilsson och M. Widén (2011) ”Strukturell utveckling av arbetskostnad och priser i den svenska ekonomin”, Working Paper 106, Konjunkturinstitutet.

Ngai, L. R. och C. A. Pissarides (2007), “Structural Change in a Multisector Model of Growth”, *American Economic Review*, 97(1), s. 429–443.

Konjunkturinstitutet (2011), ”Bistånd vid granskning av SKB:s Plan 2010”, rapport till SSM avlämnad 2011-05-13.

Konjunkturinstitutet (2013a), ”Fördjupad analys av Externa Ekonomiska Faktorer i kärnavfallsprogrammet”, rapport till SSM avlämnad 2013-01-24.

Konjunkturinstitutet (2013b), ”Kommentarer till SKB:s beräkningar av externa ekonomiska faktorer”, rapport till SSM avlämnad 2013-04-17.

SKB (2010), Plan 2010 Underlag för kostnadsberäkningar, Svensk Kärnbränslehantering AB.

SKB (2013), ”Externa ekonomiska faktorer”, flik 8, Plan 2013 Underlag för kostnadsberäkningar, Svensk Kärnbränslehantering AB.

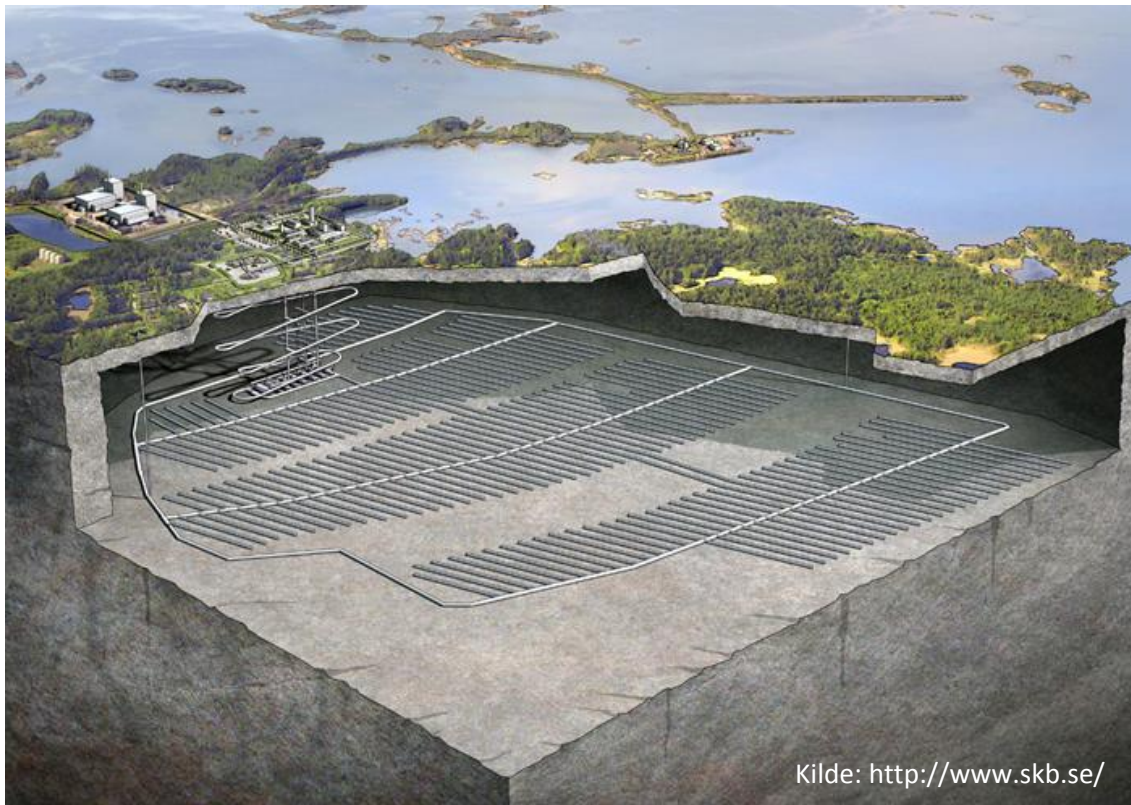
SKB (2014), ”Externa ekonomiska faktorer”, flik 7, Plan 2013 Underlag för kostnadsberäkningar, reviderad februari 2014, Svensk Kärnbränslehantering AB.

MacDonald, R. och J. Stein (1999), red., *Equilibrium Exchange Rates*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

Olav Torp, Ole Jonny Klakegg og Kjell Austeng

# Vurdering av usikkerhetsanalyse: Sluttlagringen for svensk kjernekraftavfall 2013

Trondheim, 10.06.2014



**NTNU, Institutt for bygg, anlegg og transport**

<b>NTNU, Institutt for bygg, anlegg og transport</b>		<b>Vurdering av usikkerhetsanalyse: Sluttlagringen for svensk kjernekraftavfall 2013</b>	
		FORFATTER(E) Olav Torp, Ole Jonny Klakegg og Kjell Austeng	
		DELPROSJEKT/ ARBEIDSPAKKE	
RAPPORTNR. 1	GRADERING Fortrolig	OPPDRAGSGIVER / SAMARBEIDSPARTNER Strålsäkerhetsmyndigheten	
ISBN		PROSJEKTLEDER (NAVN, SIGN.) Olav Torp	VERIFISERT AV (NAVN, SIGN.) Ole Jonny Klakegg
ANT. SIDER 78 + 20	DATO 10.06.2014	GODKJENT AV (NAVN, STILLING, SIGN.)	
SAMMENDRAG og EXECUTIVE SUMMARY  Kalkyl 40 fra Plan 2013 har en forventet kostnad på drøye 100 GSEK med standardavvik på ca. 10 GSEK; altså 10% relativt standardavvik (SKB 2013a, b, c).  Forfatterne av denne rapporten har ikke gjort en selvstendig vurdering av kostnaden til sluttforvar av svensk kjernekraftavfall. Vi sier ikke at kostnaden SKB har beregnet er feil. Det har vi ikke grunnlag eller kompetanse til å vurdere. Vi har vurdert SKBs usikkerhetsanalyse av kostnaden.  <b>Hovedkonklusjonen vår om kostnadsanalysen i Plan 2013 er at SKB ikke har klart å få frem et troverdig bilde av usikkerheten i kostnaden.</b>  Usikkerheten som er uttrykt gjennom SKBs analyseresultat er urealistisk lav, tatt i betraktning prosjektets varighet, størrelse, karakter og modenhetsgrad. Vi har gjennomarbeidet og drøftet analysens resultater i flere ulike perspektiver (kapitlene 3 til 10), og alle vurderingene peker i samme retning: Realistisk usikkerhet for kjerneavfallsprosjektet tilsvarer 20-30% relativt standardavvik eller mer.			
STIKKORD	NORSK	ENGELSK	
	Kostnadsestimering Usikkerhetsanalyse Prosjekts modenhetsgrad Gjennomføringsstrategi	Cost estimation Risk analysis Degree of project definition Execution strategy	

## Forord

NTNU, Institutt for bygg, anlegg og transport har i mange år jobber med usikkerhetsanalyser, både teoretisk og praktisk. De seneste årene spesielt knyttet opp mot forskningsprogrammet Concept som driver følgeforskning på store statlige investeringsprosjekt i Norge på oppdrag fra det norske Finansdepartementet.

Strålsikkerhetsmyndigheten (SSM) har fattet interesse for instituttets arbeid rundt usikkerhetsanalyser og kvalitetssikring av store statlige investeringsprosjekt. Dette har ført til et samarbeid som har utviklet seg over flere år. Instituttet har utarbeidet flere rapporter for SSM som omhandler ulike sider ved håndteringen av svensk kjernekraftavfall i lys av vår ekspertise.

NTNU Institutt for bygg, anlegg og transport sine spesialkompetanser er knyttet til organisering og gjennomføring av store investeringsprosjekter og metoder for kostnadsestimering og usikkerhetsanalyse. Vi er ikke eksperter på kjernekraft eller håndtering av radioaktivt materiale. I arbeidet med rapporten har vi hatt kontakt med personer fra SSM og SKB. Begge organisasjoner har vært imøtekomende og positive til en ekstern granskning.

Når vi refererer til "prosjektet" i denne rapporten mener vi alle oppgaver som må utføres for å ivareta det radioaktive avfallet fra svensk kjernekraftindustri på en trygg måte og i henhold til lovverket. Det inkluderer forvaltning, forskning og utvikling, rivning av kjernekraftanlegg med tilbakeføring av tomten til annet formål, og midlertidig og permanent omhendetaking og lagring av avfallet.

Rapporten bygger på erfaringer oppsamlet gjennom tidligere oppdrag for SSM og fra en rekke usikkerhetsanalyser utført for norsk forvaltning og næringsliv. I vårt arbeid med denne rapporten er det benyttet kilder med både svensk, norsk og engelsk språkdrakt. Vi har valgt å akseptere bruk av alle disse språkene i den endelige rapporten. Spesielt de svenske kildene har vi valgt ikke å oversette men å gjengi slik som i originalkilden for ikke å risikere å bidra til misforståelser eller manglende presisjon gjennom vår oversetting.

Trondheim 10.06. 2014

Olav Torp

Ole Jonny Klakegg

Kjell Austeng

## Innhold

Begrep, betegnelser og forkortelser .....	5
1 Innledning.....	6
1.1 Bakgrunn .....	6
1.2 Beskrivelse av prosjektet - prosjektomfanget .....	7
1.3 Formål og spørsmål som besvares i rapporten .....	9
2 Metode for datainnsamling.....	11
3 Incentiver og mindset for usikkerhetsanalyse .....	12
4 Bruk av faste forutsetninger i usikkerhetsanalyser .....	15
5 Usikkerhetsfaktorer i infrastrukturprosjekter .....	21
5.1 Variasjonene fra SKB's analyse .....	21
5.2 Betragtninger rundt størrelsen på kostnadsusikkerheten .....	32
5.3 Samfunnets krav, forventninger og toleranser .....	37
6 Prosjektets modenhet .....	39
6.1 Generelt om modenhet i kostnadsoverslag .....	39
6.2 Om modenhetsvurderinger .....	41
6.3 Anbefalinger om modenhet .....	45
7 Gjennomføringsusikkerhet - organisasjon og opphandling .....	46
7.1 Prosjektmodeller, gjennomføringsmodeller og prosjektorganisasjoner .....	46
7.2 Våre forslag om gjennomføringsstrategi på dette stadiet .....	48
8 Arbeidsmåte i analyseprosessen .....	51
8.1 Grunnlaget for vurderingen av analysen.....	51
8.2 Grunnleggende forutsetninger og målsetting med analysen .....	52
8.3 Gruppeprosess og gjennomføring.....	53
8.4 Usikkerhetsforståelse og vurderinger .....	55
9 Beregningsmodell og dokumentasjon.....	58
10 Betragtninger om størrelsen på usikkerheten .....	62
11 Diskontering av usikkerheter.....	67
12 Samlet forslag til forbedringer .....	70
13 Konklusjon .....	72
14 Referanser .....	75

## Begrep, betegnelser og forkortelser

Kjernekraftleverandørene:	Forsmark (3 reaktorer), Oskarshamn (3 reaktorer), Ringhals (4 reaktorer) og Barsebäck (2 avstengte reaktorer).
SSM:	Strålsäkerhetsmyndigheten
SKB:	Svensk Kärnbränslehandtering AB
Clab:	Mellomlager for anvendt kjernebrennstoff
Clink:	Central anläggning för handtering, mellanlagring och inkapsling av använt kärnbränsle
SFR:	Sluttforvaring for kortlivet driftsavfall
SFK:	Sluttforvaring for anvendt kjernebrennstoff
BFA:	Mellomlager for hovedkomponenter
SFL:	Sluttforvaring av langlivet avfall
FUD:	Forskning, utvikling og demonstrasjon
KI:	Konjunkturinstituttet
Referansescenariet:	Utgangspunktet for SKB's beregning av kostnader
Kalkyl 40:	Kalkylen som ligger til grunn for beregning bestemmelse av avgifter til Kärnavfallsfonden i.flg. Finansieringslagen
Återstående grunnkostnad:	I følge SSM forventningsverdien av Kalkyl 40 med forventet tillegg for variasjoner av kategori 1. SKB beregner forventningsverdien som grunnlag for återstående grunnkostnad.
Variasjoner kategori 1:	Usikkerhet knyttet til de enkelte objektestimaterne og usikkerheter knyttet til forhold som «er normale eller til og med vanlige i bygge- og anleggsvirksomhet». [7]
Variasjoner kategori 2:	Mer ekstreme usikkerheter med lav sannsynlighet for å inntreffe. [7]
Finansieringsbeløpet:	Det beløpet som skal dekkes opp i tilfelle kjernekraftverkene stanses «i morgen». Kraftverkseierne skal stille garanti for å dekke opp dette beløpet med fratrukk av midlene i Kärnavfallsfonden.
Kompletteringsbeløpet:	Det beregnes et beløp inklusive variasjoner, både av kategori 1 og kategori 2, som med 80 % (evt. 90 %) sikkerhet er stort nok til å dekke alle kostnader. Kompletteringsbeløpet er differansen mellom dette og återstående grunnkostnad, og skal dekkes opp av garanti fra kraftverkseierne.
EEF:	Externa Economiska Faktorer. Real utvikling av lønn og priser utover KPI
MSEK:	Million svenske kroner
GSEK:	Milliard svenske kroner

## 1 Innledning

Dette kapitlet beskriver bakgrunn for, formål med og omfang av oppdraget for SSM. Prosjektet som omhandles i denne rapporten er avvikling og rivning av fire kjernekraftverk, samt utvikling og etablering av et sluttforvar for radioaktivt avfall fra svensk kjernekraftindustri. Kostnaden for prosjektet må finansieres, og hovedregelen er at kjernekraftindustrien selv bygger opp et fond som skal dekke dette ved å innbetale en avgift på produsert strøm, og stiller garantier for ytterligere kostnader. Problemstillingen som diskuteres er om usikkerhetsanalysen på kostnadskalkylene som legges til grunn for å vurdere avgiftens størrelse har en tilstrekkelig kvalitet.

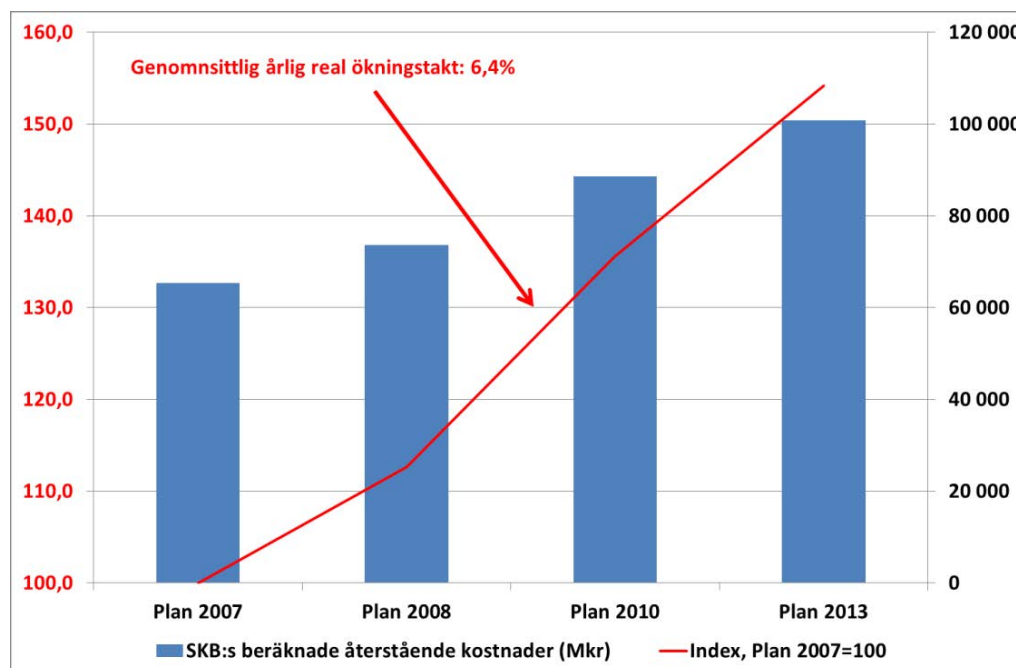
### 1.1 Bakgrunn

Fra SSM sin oppdragsbeskrivelse til NTNU datert 21.02.2014 gjengis følgende utdrag:

«Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB) har i januar 2014 presentert en ny kostnadsberäkning med tillhörande osäkerhetsanalys (SKB 2013a, b, c). SSM ska lämna förslag på kärnavfallsavgifter för perioden 2015-2018 i oktober 2014. Förslaget ska remitteras av SSM vilket planeras ske i början av juni 2014.

Huvuddelen av kärnavfallsprojektet är i ett tidigt skede av planering och inga entreprenader har upphandlats. Viss systemprojektering har dock upphandlats.

Den aktuella kostnadsberäkningen är den fjärde sedan den förändrade finansieringslagen och finansieringsförordningen infördes 2006. I diagram 1 framgår hur den total återstående kostnaden för åren 2015 och framåt har utvecklats (i 2013 års penningvärde).



Figur 1 Utvikling av den total gjenstående kostnaden fra år 2015 og fremover.

Under dessa fyra beräkningarna har de återstående kostnaderna ökat med 54 procent. Sett över perioden (7 år) innebär det en real ökning med 6,4 procent per år.»

Denne utviklingen i kostnadsbildet har ledet til at SSM valgte å be NTNU gjennomføre en vurdering av kostnadsanalysen fremlagt av SKB for Plan 2013.

## 1.2 Beskrivelse av prosjektet - prosjektomfanget

Finansieringslagens (Lag SFS 2006:647) bestemmelser om hva kjerneavfallsavgiften skal dekke gir en beskrivelse av prosjektets omfang:

1. Rettighetshavernes kostnader for en sikker håndtering og sluttforvaring av restprodukter.
2. Rettighetshavernes kostnader for en sikker avvikling og rivning av kjernetekniske anlegg
3. Rettighetshavernes kostnader for den forskning og utvikling som behøves for at ovennevnte tiltak skal kunne gjennomføres.

I tillegg til prosjektkostnadene skal avgiftene dekke de såkalte merkostnadene, som er myndighetenes kostnader for forvaltning, tilsyn og kontroll av sluttforvaringsprosjektet.

Grunnlaget for kostnadsberegningene er et referansescenario<sup>1</sup> med følgende hovedelementer:

- Rivning av kjernekraftverkene og reetablering av områdene.
- Transportsystem for radioaktiv restprodukter.
- Clab (mellomlager for anvendt kjernebrennstoff).
- Sluttforvaring for kortlivet driftsavfall (SFR).
- Laboratorium for utvikling av innkapslings- og sluttforvaringsteknikk.
- Kapselabrikk og innkapslingsanlegg.
- Sluttforvaring for anvendt kjernebrennstoff (SFK).
- Mellomlager for hovedkomponenter (BFA).
- Sluttforvaring av langlivet avfall (SFL).
- Sluttforvaring av nyvinningsavfall.
- Forskning, utvikling og demonstrasjon (FUD).
- SKB's sentraladministrasjon.

Mens Finansieringslagen (Lag SFS 2006:647) forutsetter en beregning basert på 40 års total driftstid er referansescenariet basert på 50 til 60 år. Denne differansen har stor betydning for mengden av restprodukter og for hvor lenge det vil betales inn på kjerneavfallsfondet. Finansieringslagen er altså mer å betrakte som en bestemmelse om takten på oppbyggingen av kjerneavfallsfondet enn en bestemmelse om hvor fort dagens kjernekraftanlegg skal avvikles.

---

<sup>1</sup> Referansescenariet er det scenario som foretakene planlegger etter. Det er et teoretisk scenario som ikke kommer til å opptre i virkeligheten. Det definerer de forutsetninger som be nyttes for å beregne avgiften som skal betales inn til Kjerneavfallsfondet. Avgiftene beregnes med basis i Kalkyl 40, som er referansescenariet nedskalert i henhold til Finansieringslagens förordning om 40 års driftstid.

Dette betyr at kostnadene for referansescenariet, referenskostnaden, må korrigeres i henhold til Finansieringslagens forutsetninger. Dette korrigerede kostnadsoverslaget refereres til som «Kalkyl 40», og danner grunnlaget for beregning av den «återstående grunnkostnaden», som i sin tur sammen med SSMs beregning av sine kontrollkostnader, de såkalte merkostnadene, legges til grunn når avgiften på el-produksjonen skal fastsettes.

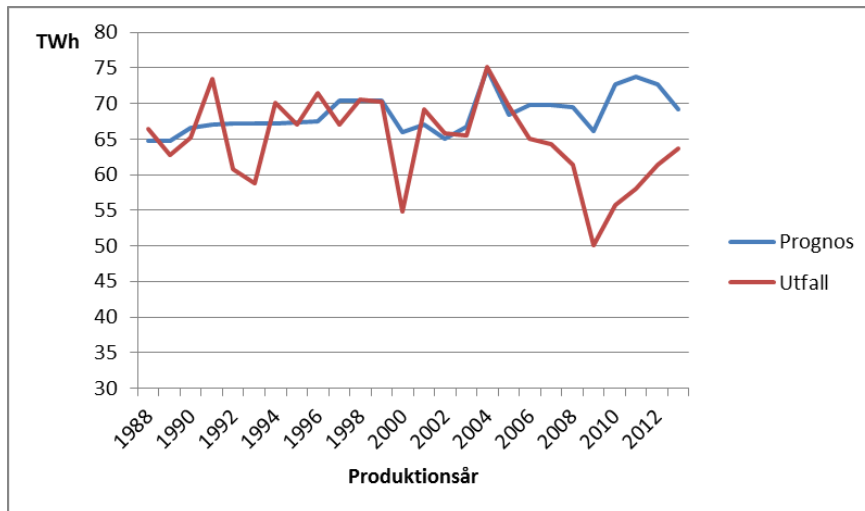
Det ligger i sakens natur at fondsoppbyggingen på et så tidlig stadium i prosessen ikke kan baseres på 100 % sikkerhet for å dekke alle kostnader. Restusikkerheten ut over forventet skal inntil videre dekkes av garantier stilt av kraftverkseierne. Garantiene fra kraftverkseierne skal altså til enhver tid dekke de kostnader som fondet ikke dekker (Kompletteringsbeløpet); enten fordi noen kostnader ikke er ment å dekkes av fondsmidler, eller fordi kostnadene blir høyere enn forventet. Garantiene skal også dekke nødvendig tilleggsfinansiering til det eksisterende fondet hvis kjernekraftproduksjonen av en eller annen grunn stopper i morgen (Finansieringsbeløpet).

Både grunnkostnaden og størrelsen på garantibeløpene er naturlig nok svært følsomme for endringer i mengden av avfall som skal tas vare på. Særlig stor betydning har antall kapsler med kjerneavfall.

I Tabell 1 er gjengitt en del initielle betraktninger og spørsmål rundt markante endringer i mengder og beløp som er observert i de fremlagte Plan 2007, 2008, 2010 og 2013.

Tabell 1 -Utvalgte utviklingstrekk

Kalkyleforutsetning	Plan 2007	Plan 2008	Plan 2010	Plan 2013	Kommentar
Total mengde (m <sup>3</sup> ) for lagring etter referansescenariet	255700	258000	218500	170300	Den sterke reduksjonen skyldes i hovedsak mindre rivningsavfall fra kraftverkene og redusert drifts- og rivningsavfall fra CLAB. (SMM: I plan 2013 har nye avfallsberegninger gjennomført for samtlige reaktorer.)
Total mengde (m <sup>3</sup> ) for lagring etter Finansieringslagen	242400	241000	209100	160400	Minker.
Antall kapsler med kjerneavfall etter Finansieringslagen	4687	4522	4500	4560	Antall kapsler etter Finansieringslagens beregningsanvisning har gått ned fra 2007 til 2013. Samtidig med at antall kapsler ser ut til å gå ned, så går kostnadene opp for kjernebrenselstoffet. Hva er i så fall forklaringen? Hva er de andre forhold som bidrar mer til at kostnadene øker?
Antall kapsler med kjerneavfall som grunnlag for Finansieringsbeløpet	3187	3367	3542	3775	Øker. Naturlig siden det produseres kjerneavfall hele tiden.
Finansieringsbeløpet GSEK (prisnivå jan 2010)	64,3	70,2	83,6	(95,4)	Tallene for Plan 2007 – 2010 er i prisnivå jan. 2010, mens tallene for Plan 2013 er i prisnivå jan. 2013.
Kompletteringsbeløpet basert på P80 GSEK (prisnivå jan 2010)	17,8	12,6	13,1	(11,1)	Er redusert kraftig fra Plan 2007. Dette skyldes i hovedsak at det er innført en fast forutsetning om at gjenvinning av kjerneavfallet ikke skal med i kostnadene, slik at variation 209 er tatt ut. Ellers er variation 205 Ny lokaliseringsspross for sluttforvaret antatt å bli mindre eksponert for usikkerhet. Det samme gjelder variation 208 Begrensninger av temperaturen på kapselytan. Standardavviket for totalkostnaden i SKBs analyse er lite (ca. 10 %). Hvis standardavviket økte til f.eks. 25 % ville kompletteringsbeløpet øke til ca. 25 -30 GSEK.



Figur 2 Utviklingen i faktisk produksjon sammenlignet med prognose

Figur 2 viser hvordan produksjonen fra kraftverkene har utviklet seg over tid, sammenlignet med prognosene.

### 1.3 Formål og spørsmål som besvares i rapporten

Denne rapporten er en tredjeparts vurdering av SKBs metodikk og dokumentasjon av underlaget for at svenske myndigheter skal kunne fastlegge avgift for finansiering av fremtidig håndtering av kjernekraftavfall. Formålet med rapporten er å bidra til tilstrekkelig trygghet for at underlaget for beslutning er realistisk og godt nok. Rapporten skal gi innspill som kan bidra til at fremtidige analyser og kostnadsoverslag skal kunne bli forbedret. Forfatterne legger til grunn at hensikten med kostnadsoverslag og analyse er at kjerneavfallsfondet skal dimensjoneres riktig i forhold til reell kostnad ved å håndtere kjernekraftavfallet på trygg måte og robust i forhold til utviklingen over tidsforløpet frem til endelig løsning for sluttforvar er etablert og prosjektet opphører.

Fra SSM sin oppdragsbeskrivelse til NTNU datert 21.02.2014 (inkludert noen mindre justeringer i ordlyd av senere dato) gjengis følgende utdrag:

*«NTNU, gruppen for Bygg og anleggsteknikk, har på SSM:s oppdrag gransket SKB:s förra kostnadsberäkning (SKB 2011). Denna analys (NTNU 2011) utgör grunden för den granskning som ska genomföras nu. Även analysen av kostnaderna för att avveckla Barsbäckverket (NTNU 2013) är en viktig utgångspunkt.*

*Här är den övergripande frågeställningen om det saknas viktiga riskfaktorer och om de riskfaktorer används modelleras på ett adekvat sätt. Här kan det vara intressant att förutsättningslöst diskutera kring vilka riskfaktorer som kan vara relevanta bl.a. med den erfarenhet och kunskap som finns om infrastrukturprojekt.*

Vidare bør følgende frågeställningar analyseras:

- *Fasta förutsättningar: Det bör analyseras varför dessa förutsättningar ligger utanför osäkerhetsanalysen och en konsekvensanalys av effekterna om dessa inte kan infrias bör diskuteras.*
- *Hanteringen samhälleliga krav bör analyseras. Detta är också ett område där det finns betydende potensiella risiker for fördyringar.*
- *Projektets "mognad" behöver analyseras ytterligare. Detta har bl.a. implikationer på hur stor standardavvikelse i osäkerhetsanalysens som kan vara rimligt. I dagsläget (plan 2013) uppgår standardavvikelsen till ca 10 procent. Vad gäller projektmognad bör beaktas att projektets beräknade framtida kostnader fortfarande ökar snabbt. Vad har det för implikationer för de riskfaktorer som används? Vad kan vara en "lämplig" osäkerhet. Hur stor är egentligen standardavvikelsen i projektet och hur stor "bör" den vara utgående från erfarenheten på andra områden.*
- *Det finns risk for systematiska fel till följd av analysgruppens sammansättning/arbetsätt.*
- *Organisation, genomförande, upphandlingar och marknadsläge. Detta område är behandlat på ett summariskt sätt i SKB:s analys och utgör en potentiell stor riskfaktor.*
- *Modelleras de använda riskfaktorerna på ett lämpligt sätt. Det finns farhågor om att felaktiga/olämpliga fördelningar (for tunna svansar) används.*
- *Osäkerheter diskonteras bort – förseningar ger lägre nuvärde. Detta behöver belysas.*

Forfatterne har prøvd å belyse alle disse spørsmålene i denne rapporten. Ikke alle spørsmålene er omhandlet like grundig. Noen av problemstillingene er av en slik art at den har fått sitt eget kapittel. Andre problemstillinger er belyst som underpunkt til andre, mer overordnede spørsmål.

Avgrensninger

Denne rapporten er ikke en selvstendig analyse av kostnaden for sluttforvar av svensk kjernekraftavfall.

Forfatterne har vurdert metoden som er benyttet av SKB med tilhørende dokumentasjon. I tillegg bygger den på observasjoner vi har gjort, spørsmål og svar gitt i dialog med partene SSM og SKB og andre mer generelle kilder (rapporter, forskningsresultater). Basert på dette er realismen i SKBs Plan 2013 og arbeidsformen som er benyttet vurdert. På grunnlag av vår gjennomgang er forbedringer til metode foreslått.

Vår vurdering av helheten i kostnadsoverslaget gjenspeiler ikke dyptgående innsikt i SKBs analysemodell. Den har ikke vært tilgjengelig for oss.

## 2 Metode for datainnsamling

Metoden som er brukt i denne studien er en casestudie hvor casen er SKB's analyse av kostnader for kjernekraftens radioaktive restprodukter fra og med år 2015.

Hovedkilden til kunnskap om SKBs arbeid har vært studier av dokumenter utlevert av SSM og SKB. Dokumentene er listet opp i litteraturoversikten bak i rapporten.

Som supplement, og for å få utdypet og bekreftet de funn som er gjort gjennom dokumentstudien er det gjennomført et semistrukturert gruppeintervju med SKB. Gruppeintervjuet ble utført i Stockholm 2. april 2014. Deltakerne i gruppeintervjuet er vist i Tabell 2. Som forberedelse til intervjuet ble det laget en omfattende spørsmålsliste, vist i Vedlegg 1.

Tabell 2 Deltakere i gruppeintervju, Stockholm 2. april 2014.

NAVN	Organisasjon	Tittel/Rolle
Olle Olsson	SKB	Direktør, Bestiller av planarbeidet
Per-Arne Holmberg	SKB	Prosjektleder for planarbeidet
Lars Ageskog	SKB	Rådgiver, usikkerhetsanalyse og strategiske spørsmål
Maria Wikström	SKB	Deltaker prosjektgruppen, fasilitator
Anna Cato	SKB	Deltaker prosjektgruppen
Bjørn Hedberg	SSM	Enhetschef, Finansiell kontroll
Peter Stoltz	SSM	Utredare, finansieringsfrågor, Finansiell kontroll
Annika Åström	SSM	Econom, Finansiell kontroll
Simon Carroll	SSM	Utredare, Drift og avveckling
Ole Jonny Klakegg	NTNU	Professor, intervjuer
Kjell Austeng	NTNU	Førsteamanuensis (pensjonert), intervjuer
Olav Torp	NTNU	Førsteamanuensis, intervjuer, oppdragsleder

Enkelte spørsmål ble det ikke tid til å diskutere under intervjuet. I etterkant av gruppeintervjuet ble det derfor oversendt ytterligere spørsmål til SKB. Disse spørsmålene er vist i vedlegg 2. Svar fra SKB på disse spørsmålene er vist i vedlegg 3.

For å skaffe oss et mer detaljert bilde av SKB's kalkylemodell og analyseresultater har vi laget en egen modell i et egnet dataverktøy basert på informasjonen i SKBs dokumentasjon. I dette arbeidet ble dataprogrammet Anslag benyttet. Anslag er utviklet av Vianova Systems AS for Statens vegvesen (SVV 2011). Statens Vegvesen i Norge benytter dette dataprogrammet som standardverktøy for kostnadsoverslag etter suksessiv metode og benytter Monte Carlo simulering som regneteknikk på samme måte som er oppgitt for SKBs analyse. Forfatterne har på denne måten forsøkt å gjenskape resultatene fra SKBs modell. I arbeidet med å gjenskape SKBs modell har vi manglet informasjon om detaljer i oppbygning av modellen som gjør at vi ikke har klart å gjenskape den fullt ut. Dette kommer vi tilbake til senere i rapporten.

Våre vurderinger rundt SKBs arbeid er i tillegg bygd på lang tids erfaring med usikkerhetsanalyser; i hovedsak fra norske offentlige investeringsprosjekter i regi av Statens Vegvesen, Jernbaneverket og Statsbygg, og erfaringer fra kvalitetssikring av store statlige prosjekter gjennom et KS-regime forordnet av det norske Finansdepartementet (Concept 2014, Samset og Volden 2013).

Internasjonale publikasjoner om de ulike tema som er diskutert i rapporten er trukket inn for å styrke grunnlaget for vurderingene og diskusjonen.

### 3 Incentiver og mindset for usikkerhetsanalyse

Vi starter våre vurderinger med noen generelle men svært viktige forutsetninger for å kunne presentere gode usikkerhetsanalyser: Hvordan de involverte partenes vurderinger normalt påvirkes av den situasjonen de er i.

Flyvbjerg et al. (2003) har reist spørsmålet ved planleggeres evne og vilje til å komme opp med de riktige kostnads- og nyttevurderinger i forbindelse med prosjekter. Han mener det er sterk tendens til at planleggere enten på grunn av manglende bevissthet, ved feil, eller til og med vilje presenterer for lave kostnader og for høye nyttevurderinger når prosjekter skal legges frem for beslutning. Mennesker er av natur optimister i all planlegging og planleggere leverer derfor systematisk prosjektforslag med for lave kostnadsoverslag og for høye nyttevurderinger (Kahneman 2011). I tillegg er det påvist i en del sammenhenger at planleggere kan komme til å lyve (bevisst eller ubevisst) om hva som er realistiske kostnader (Flyvbjerg et al. 2002). Det gjelder spesielt i politiske prosesser der kamp om prioritering i spørsmål om tildeling av økonomiske ressurser er sentralt.

Vi sier ikke at SKB gjennom sitt kalkylearbeid fremstiller kostnadene tendensiøst. Vi minner imidlertid om hvor krevende det er å vurdere kostnader langt inn i fremtiden og klare å beholde et nøytralt perspektiv på et prosjekt som direkte påvirker økonomien til sine eiere. Dette må fortsatt ha høy grad av oppmerksomhet i SKBs videre arbeid. Vi vil utdype noen av disse forholdene mer og sette dem i sammenheng med erfaringer fra Norge:

NTNU gjorde en del betraktninger om eierskapet i svensk kjernekraftindustri i en tidligere rapport (NTNU 2011b). Rapporten stiller en del spørsmål knyttet til hvordan eierskap kan påvirke planlegging og beslutninger. Her skal vi ikke gjenta disse vurderingene men igjen påpeke betydningen av en situasjon som medfører at konsekvensen av egne vurderinger påvirker det økonomiske resultatet til sine eiere. Kostnadsanalysens formål er å dimensjonere avgiften som skal finansiere fremtidig arbeid med å rydde opp etter kjernekraftindustrien og ta hånd om det radioaktive avfallet. Det er derfor åpenbart slik at SKBs kostnadsvurderinger vil direkte påvirke det kortsiktige og langsiktige økonomiske resultatet til eierne av kjernekraftanleggene. Disse eierne er også SKBs eiere.

Dersom konsekvensen av SKBs arbeid er en lav avgift vil eierne tjene godt på kraftproduksjonen og møte fremtiden med solid økonomi. Dersom konsekvensen av analysen er høg avgift vil dette redusere lønnsomheten i kjernekraftproduksjonen – i verste fall kan den bli ulønnsom. Det er ikke galt av SKB å ha omsorg for sine eieres økonomiske mål. Tvert om ville det kunne være illojalt om de ikke hadde det. Imidlertid representerer denne situasjonen et åpenbart dilemma for SKB.

Samfunnets overordnede mål er å ivareta restene etter kjernekraftindustrien på en trygg måte. SKB og SKBs eiere vil helt sikkert være enige i samfunnets overordnede målsettinger på dette området. Likevel vet vi at hensynet til nære mål som egen kortsiktige økonomi påvirker vurderinger og beslutninger mer enn fjerne langsiktige mål som tilhører fellesskapet (se for eksempel Kahneman 2011). Dette reiser spørsmålet om det er riktig å sette SKB i denne situasjonen. Er det riktig rolledeling at SKB som representant for kjernekraftindustrien og sine eiere er ansvarlig for å regne kostnaden som dimensjonerer avgiften? Vi overlater til andre å svare på dette.

Situasjonen med egeninteresse i utfallet av kostnadsanalyser er kjent også fra andre sektorer, for eksempel store statlige investeringsprosjekter (infrastruktur). Det finnes andre virkemidler myndighetene kan gjøre for å få bedre kontroll med denne situasjonen, uten å ta oppgaven vekk fra

SKB. Tross alt har SKB bygget opp stor kompetanse på sluttlagring av kjernekraftavfallet – og denne kompetansen trengs til å vurdere kostnaden.

Det norske finansdepartementet har innført en ordning med ekstern kvalitetssikring av store statlige investeringsprosjekter (Concept 2014). Denne ordningen er mellom annet laget for å moderere utfordringene vi har beskrevet ovenfor. Situasjonen ved planlegging av andre typer infrastruktur enn kjernekraftanlegg er ofte nokså like. Også planleggere og kostnadsestimatorer i veg, jernbane og andre sektorer sliter med å unngå de psykologiske effektene og incentivene som gjør at kostnader blir undervurdert og nytteeffekter overvurdert. Hovedtrekk med ordningen som er relevant i denne sammenhengen er:

- Bruk av eksterne rådgivere som ikke har eierskap til tidligere vurderinger eller påvirkes av resultatet.
- Bruke av uavhengige analyser, det vil si tredjepartsvurderinger som supplement til de ordinære kostnadskalkyler og planer.
- Utfordre forutsetninger ved å gi kvalitetssikrerne mandat til å tenke fritt og uavhengig av planer som er lagt.
- Ansvarliggjøre de som utfører kostnadsanalysene ved å publisere kvalitetssikringsrapportene.

Også innenfor den norske KS-ordningen bygger vurderingene på kunnskapen til dem som har størst kunnskap om prosjektet (det vil si de som har planlagt prosjektet – tilsvarende som SKB), men vurderingene suppleres systematisk med alternative syn. Erfaringene siden ordningen ble innført i år 2000 er meget gode i forhold til å oppnå mer realistiske kostnadsanalyser. Det kan naturligvis stilles spørsmål med hvor relevante disse vurderingene er for prosjektet håndtering av svensk kjernekraftavfall som er et helt unikt prosjekt. Imidlertid er hovedpoenget her at planleggerne i SKB er mennesker og dermed utsatt for de samme psykologiske effekter som andre planleggere.

Et annet tema som påvirker kvaliteten av analysen er det «mindset» som analysen utføres med. Det fremstår som et gjennomgående typisk trekk ved ingeniører og tekniske eksperter at de svarer et annet spørsmål enn det grunnleggende spørsmålet som stilles i en usikkerhetsanalyse. Intensjonen i en usikkerhetsanalyse av kostnad er å spørre «*Hva vil den totale kostnaden være for hele prosjektet den dagen oppgaven er fullført?*». Det vanlige mindset hos tekniske eksperter og prosjekterende ingeniører er å svare på spørsmålet «*Hva vil den løsningen som er prosjektert koste når den er ferdig bygd?*»

I møtet med SKB i Stockholm 2. april 2014 ble dette bekreftet. SKBs analyse besvarer spørsmålet om hva den prosjekterte løsningen vil koste – ikke hva det koster å løse oppgaven. Vi konstaterer at dette ikke er i samsvar med normal intensjon med en usikkerhetsanalyse, og vår erfaring er at dette medfører for lite usikkerhet uttrykt i resultatet av analysen. Det ekskluderer automatisk viktige usikkerheter som kommer av at fremtiden er ukjent. Dess lenger inn i fremtiden en ser, dess større avvik må forventes mellom løsningen slik vi ser den i dag og det som faktisk blir utført en gang i fremtiden. Dette er ikke gjenspeilet i SKB sin analyse.

Vi kan oppsummere dette kapitlet slik: Det er betydelig grunn til å frykte at SKB er i en situasjon der de ikke har optimale incentiver og arbeidsforhold til å løse den oppgaven de er satt til. Dette er ikke kritikk av SKB, men av den situasjonen de er satt i.

SKBs planleggere er mennesker og underlagt de samme psykologiske effekter som andre planleggere. Derfor er de klassiske planleggingsproblemene også aktuelle her. De er synlige og dels erkjent av SKB selv. De resulterer i at spørsmålet som besvares er et annet enn det usikkerhetsanalysen ideelt skal besvare.

## 4 Bruk av faste forutsetninger i usikkerhetsanalyser

I vår rapport fra 2011 (NTNU 2011) anbefalte vi at det i fremtidige Plan-rapporter bør tas en grundig gjennomgang av holdbarheten til de forutsetningene som ligger til grunn for kostnadsvurderingene, og av følgene av at forutsetningene ikke skulle være reelle. Det vi siktet til var definerte faste forutsetninger, forbehold som måtte være definert av prosjektet, og tause forbehold/forutsetninger som kalkulatørene måtte ha lagt til grunn under sin estimering av kostnadselementer. Vi stilte spørsmålsteget ved sikkerheten for at følgende forutsetninger ikke blir endret, og likeledes om sikkerheten for at det vil følge penger med eventuelle forandringer

Bruken av faste forutsetninger er like relevant å vurdere i Plan 2013. For at en usikkerhetsanalyse skal gi et riktig uttrykk for usikkerheten i et kostnadsoverslag må alle poster tas med i grunnlaget og alle usikkerheter tas med i vurderingene. I praksis betyr det at bruken av faste forutsetninger må holdes på et minimum. Enhver unødvendig fast forutsetning vil systematisk eliminere usikkerhet. Noen få faste forutsetninger er nødvendige for å kunne gjennomføre analysen – vi har kommentert på dette i kapittel 7.2 Grunnleggende forutsetninger og målsetting for analysen.

### Bruken av faste forutsetninger i Plan 2013

SKB (2013a) oppgir følgende faste forutsetninger (vi har nummerert dem for identifikasjon i det videre arbeidet):

- F1 Ingen overvakning etter förslutning
- F2 KBS 3-metoden används
- F3 Återtagning av kapslar ska vara möjligt, men ej ingå i kalkylen
- F4 Mengden anvendt kärnbränsle skal bestemmes ut fra kjernekræfteiernes prognoser og skal ligge fast
- F5 Typen av fremtidig anvendt kärnbränsle skal tilsvare dagens om ikke kjernekræftelskapene allerede har besluttet noe annet.
- F6 Konsekvensen av reaktorhavari på mengden eller typen av restprodukter skal ikke være en del av analysen

I tillegg har vi identifisert følgende innebygde (tause) forutsetninger:

- F7 Referansescenariet er dekkende for fremtiden
- F8 Referanse kalkylen er estimert på samme forutsetning om oppgaveforståelse som Kalkyl 40
- F9 Driftsavfall och radioaktivt avfall från andra än tillståndshavarna er inte med
- F10 Hva områdene skal återställas til er entydig fastlagt

I det etterfølgende skal vi se litt nærmere på hver enkelt av disse forutsetningene, og gi noen korte kommentarer om hvorvidt vi mener de faktisk bør være en fast forutsetning. I den sammenheng er det nødvendig å anføre at våre kommentarer er basert på de kunnskapene vi har om prosjektet, og kommentarene må ses på som spørsmål eller utfordringer til diskusjon.

### **F1 Ingen overvakning etter förslutning.**

Denne forutsetningen er knyttet til hvor lenge Kärnavfallsfonden skal ha en rolle som finansieringskilde. Denne antas å opphøre i det øyeblikket prosjektet er ferdigstilt; altså forvaret er «lukket». Det sies likevel at *«frågan om en längre övervakningsperiod är inte aktuell i dag, men kan naturligtvis uppstå i framtiden»* (SKB 2013c, Flik 9 side 7). Det sies ingen ting om at andre har påtatt seg det økonomiske ansvaret hvis kravet om forlenget overvåkning skulle komme. Normalt ville vi derfor definere dette som en prosjektusikkerhet. SKB tolker det slik at det er dagens lov som gjelder, og at staten overtar ansvaret hvis det besluttes at det skal være overvåkning i etterkant. SSM mener dette er en akseptabel fast forutsetning ettersom den kommer fra Kärnavfallslagen.

### **F2 KBS 3-metoden används**

Dette er en forutsetning som er besluttet av ledelsen i SKB. Denne beslutningen kom etter at regjeringen hadde tatt standpunkt til noen kompletterende veiledninger. I dag antas det fra SKBs side at planleggingen under denne forutsetningen nå har kommet så langt, og konsekvensene av å velge en annen løsning vil bli så store, at det nå er for sent å snu. Våre forutsetninger for å ha noen troverdig mening om disse forholdene er ikke store, men i lys av den diskusjonen som har dukket opp om hvor egnet kopper er som kapselhud (Karlberg 2013), bringer fort tankene inn på mulige følger av at det sås tvil om sikkerheten i lageret, og at denne tvilen kan få fotfeste blant myndighetene og i befolkningen. Vår mening er at dette er en prosjektusikkerhet, og bør i analysesammenheng behandles som sådan. Om det så skal legges penger i fondet for å dekke risikoen bør myndighetene bestemme.

### **F3 Återtagning av kapslar ska vara möjligt, men ej ingå i kalkylen**

Begrepet «möjligt» er svært vanskelig å forholde seg til, og så vidt vi forstår er det heller ikke definert noen steder. Hva dette betyr rent økonomiske er vel avhengig av hvor lettvent det skal være å ha en sikker tilkomst hvis man av en eller annen grunn ønsker å ta opp det lagrede kjerneavfallet. Er det snakk om «mulig for enhver pris», og forutsatt at de som ønsker å ta opp brennstoffet selv må stå for kostnadene, så er det vel OK at dette ikke er en del av kalkylen. I lys av diskusjonen under F2 om at det sås tvil om kopperkledningen er god nok, vil vel også en diskusjon om innenfor hvilken tidsramme återtagning skal være mulig, være på sin plass. Hvis kapslene tæres opp vil återtagning kanskje ikke være sikkerhetsmessig mulig om 1000 år. I følge SSM er det ingen myndighetskrav som sier at återtakning skal være mulig. Da vil dette være en avgjørelse som må tas av tilstandshaverne, og de vil vel ikke legge noen ekstra penger på bordet? På møtet 2. april ble det klarlagt, hvis vi har forstått det riktig, at mulig återtakning ikke er noe krav fra myndighetene, men et pålegg/ønske fra kraftverkseierne om at det skal planlegges slik at man ikke bevisst gjør noe som umuliggjør återtakning. Da mener vi det burde vurderes som en prosjektusikkerhet.

**F4 Mengden anvendt kärnbränsle skal bestemmes ut fra kjernekræfteiernes prognoser og skal ligge fast**

Vi har i det etterfølgende en diskusjon om hvorvidt referansescenariets forutsetninger er dekkende for framtiden, og anser dette punktet å være dekket der.

**F5 Typen av fremtidig anvendt kärnbränsle skal tilsvare dagens om ikke kjernekræftselskapene allerede har besluttet noe annet.**

Vi mener at hvis typen kärnbränsle er usikker, så er det også en usikkerhet i prosjektet. Grunnen til dette er at eventuelle kostnadsendringer på grunn av endring i type brennstoff vil påvirke uttaket fra fondet. Vi anser dette for å være et typisk forhold hvor endringer med store konsekvenser har lav sannsynlighet. Vår mening er at forholdet bør ligge på usikkerhetslisten, men kanskje ikke føre til avsetning av penger.

**F6 Konsekvensen av reaktorhavari på mengden eller typen av restprodukter skal ikke være en del av analysen**

SKB mener at kostnadene for dette er dekket av forsikringer som kraftforetakene har tegnet. Det som vi imidlertid ikke tror er dekket, er reaksjonene fra svenske folket, og de kostnadene som det vil påføre prosjektet. Dette er omhandlet i kapitlet om samhellelige krav, og vil ikke bli videre behandlet her.

**F7 Referansescenariet er dekkende for fremtiden**

Følgende er sakset fra Plan 2013:

*”Referensscenariot bygger på kraftverksägarnas nuvarande planer för driften av reaktorerna. Beroende på reaktor är den totala planerade drifttiden 50 eller 60 år, se tabell 3-3. Den planerade drifttiden för Oskarshamn 1 har ändrats från 60 år till 50 år sedan Fud-program 2013 publicerades. Det är högst sannolikt att produktionsdata för de enskilda reaktorerna kommer att förändras under den tid som återstår av den totala beräknade drifttiden. I referensscenariot tas emellertid ingen hänsyn till detta utan underlaget är baserat på, förutom historiska data, dagens situation som skrivs fram och får gälla under hela kalkylperioden. Eventuella framtida förändringar kommer att arbetas in när beslut om sådana är fattade och eventuella tillhörande tillstånd erhållits.”*

Tabell 3 Driftsdata samt elproduksjon og branslemengder basert på 50 respektive 60 års driftstid.

Tabell 3-3. Driftsdata samt elproduksjon og branslemengder basert på 50 respektive 60 års drift.

Start kommersiell drift	Termisk effekt/ nettoeffekt	Energiproduksjon till och med 2013		Bränsle till och med 2013	Totalt för referensscenariot		Anvånt kårnbrånsle
		TWh	TWh/år		Planerad drifttid	Energi- produksjon	
	MW			ton uran	år	TWh	ton uran
F1 (BWR) 1980-12-10	2 928 / 984	228	7,5	823	60	2040-12-08	1 425
F2 <sup>1</sup> (BWR) 1981-07-07	2 928 / 990	222	7,5	803	60	2041-07-05	1 460
F3 (BWR) 1985-08-22	3 300 / 1 170	244	8,8	817	60	2045-08-20	1 582
O1 (BWR) 1972-02-06	1 375 / 473	100	3,5	371	50	2022-02-05	452
O2 (BWR) 1974-12-15	1 800 / 638	154	6,4	533	60	2034-12-14	872
O3 (BWR) 1985-08-15	3 900 / 1 400	226	11,2	766	60	2045-08-14	1 767
R1 (BWR) 1976-01-01	2 540 / 855	181	6,4	671	50	2025-12-31	870
R2 (PWR) 1975-05-01	2 652 / 866	194	6,3	595	50	2025-04-30	804
R3 (PWR) 1981-09-09	3 135 / 1 051	205	8,2	655	60	2041-09-07	1 275
R4 (PWR) 1983-11-21	2 775 / 935	196	7,3	620	60	2043-11-20	1 193
B1 (BWR) 1975-07-01	1 800 / 600	93		423		1999-11-30	423
B2 (BWR) 1977-07-01	1 800 / 600	108		442		2005-05-31	442
BWR totalt	22 371 / 7 710	1 556	51	5 649			9 292
PWR totalt	8 562 / 2 852	595	22	1 871			3 272
Samtlige totalt	30 933 / 10 562	2 152	73	7 520			12 564

<sup>1</sup> Forsmark 2 har sedan hösten 2012 tillstånd för provdrift till högst 3253 MW termisk effekt vilket motsvarar 1120 MW elektrisk nettoeffekt. Den högre effekten har effektuerats våren 2013. Plan 2013 bygger på en tidigare gjord prognos för F2.

Kalkyl 40, som er overslaget for gjensgående kostnader basert på Finansieringslagens forutsetninger om driftstid for kraftverkene, har samme forutsetninger om relativ ressursbruk som referansescenariet, men mengden avfall er redusert som følge av kortere driftstider. Dette betyr, så vidt vi kan forstå, at det til enhver tid gjeldene referansescenario vil fremstå som en fast forutsetning for Kalkyl 40. I teorien skal mengdejusteringen mellom scenariene ta vare på usikkerheten knyttet til at referansescenariet ganske sikkert vil endres mange ganger i løpet av årene som gjensgår i prosjektet, men er virkeligheten slik?

Mengdeendringene på grunn av endringer i referansescenariet er kanskje greie å håndtere. Det som vi er litt mer usikre på er hvorvidt endringene i de virkelige mengdene vil kunne påvirke behovene for ekstra lager i Clab og Clink, økt kapasitet i kapselproduksjon og transportsystem, endring i lokalitetene og utformingen i fjellagrene osv. Endringer her må jo tas inn som kostnadsvariasjoner også i Kalkyl 40, og bidra til økt usikkerhet også her. I tillegg vil en endring i den virkelige prosjektiden bidra til økt usikkerhet om produktivitet og hva de forskjellige operasjonene vil koste.

En gjennomgang av variasjonene viser at noen variasjoner dekker deler av det som er anført i det ovenstående; for eksempel variasjon nr. 211: Storlek og utforming av Kårnbrånsleförvarets bergutrymmen, og variasjon 401: Driftstid av KKV som underlag för rivningstidpunkt. Vi tror imidlertid her er usikkerheter som ikke er dekket, og savner en variasjon som dekker hele usikkerheten knyttet til mulige endringer i referansescenariet; «Effekten av endringer i referansescenariet». En alternativ betraktningmåte, og som synes mer direkte og enklere sett fra vår synsvinkel, ville være å legge til grunn for hele analysen de antatt reelle forutsetninger uten å gå om et fiktivt referansescenario.

### **F8 Referanse kalkylen er estimert på samme forutsetning om oppgaveforståelse som Kalkyl 40**

Her kan det eksistere et rekkefølgeproblem. I suksessiv kalkulasjon, slik vi praktiserer den, er det viktig at alle forutsetninger knyttet til de identifiserte usikkerhetene er klarlagt før estimeringen av objektene starter. Dette gjøres for at alle deltakerne i analysen skal ha samme forståelse av arbeidsoperasjonene, arbeidsmetodene og forutsetningene når de estimerer; altså noenlunde det samme bildet i hodet, som grunnlag for estimatene. I dette aktuelle prosjektet er det antakelig svært mange personer, i flere ledd, som bidrar til at man til slutt får en kalkyle med tilhørende usikkerhet. Dette representerer en stor analyseusikkerhet, som utløser to spørsmål:

- Er det gjort noen tiltak for å sikre at alle som kommer med estimater har det samme bildet i hodet?
- Hvis ikke, hvordan er denne usikkerheten tatt vare på?

Med den kunnskapen vi har fått om dette forholdet vil vi foreslå en egen vurdering av kalkylearbeidets konsistens og la dette komme til uttrykk i analysen.

### **F9 Driftsavfall og radioaktivt avfall från andra än tillståndshavarna er ikke med**

Grunnen til at driftsavfall ikke er med i Kalkyl 40 er at det ikke faller under begrepet restprodukter, og skal derfor betales direkte av kraftverkseierne. Avfall fra andre enn tillståndshavarna sies å ha finansiering fra annet hold. Hvorvidt disse forutsetningene er holdbare er et spørsmål om troverdigheten til de andre finansieringskildene, slik at de til syvende og sist ikke må betales av Kärnavfallsfonden. Dette bør de som er ansvarlige for fondsoppbyggingen vurdere. Det vil vel være naturlig å tro at kostnadene for dette ikke skal belastes de fire kjernekraftverkene. Ettersom det følger av gjeldende lover og i tillegg virker rimelig, vurderes dette som en akseptabel fast forutsetning.

### **F10 Hva områdene skal återställas til er entydig fastlagt**

Under vår deltakelse i usikkerhetsanalysen om avvikling og riving av Barsebäck-anleggene (NTNU 2013) var det opprinnelig en fast forutsetning om at området skulle återställas og friklassas til industrimark. Kommunen hadde imidlertid kjentgjort planer om at området skulle bli en fremtidig og svært attraktiv kystby. Ressursgruppen vurderte dette alternativet som svært sannsynlig, og hvis dette ble bestemt, svært dyrt med tanke på friklassing. Hvem som eventuelt skulle ha ansvaret for gjennomføringen og finansieringen av det som måtte gjøres av ekstraarbeider med grunnen ble betraktet som en stor usikkerhet. Spørsmålene som da dukker opp er: Hvem eier i så fall denne usikkerheten, og kan dette være en aktuell problemstilling også ved de andre anleggene? Vi mener at så lenge disse spørsmålene ikke er besvart eksisterer det en prosjektusikkerhet som hører hjemme i analysen. Hvorvidt det her er ønskelig med tilførsler til fondet for å møte risikoen bør avgjøres av de som har ansvar for fondsoppbyggingen.

### **Oppsummering om faste forutsetninger:**

Faste forutsetninger er faste bare hvis noen stiller med troverdige garantier for at de tar det fulle ansvaret for at forutsetningene holder prosjektet gjennom. I praksis vil dette ofte si at de ekstra kostnadene det vil medføre om forutsetningen ikke holder ikke skal tas av prosjektets ordinære budsjett, men at noen vil stille med penger for å dekke. De garantistene det vil være snakk om her er vel kraftverkseierne eller staten. Det kan vel stilles spørsmål om troverdigheten av både kommersielle og politiske garantier over en tidshorison på minst 50 år. "Faste forutsetninger" som ingen kan eller vil ta ansvaret for bør inkluderes i usikkerhetsanalysen som variasjoner på linje med alle andre usikre forhold. Eventuelle forutsetninger som bare har til hensikt å redusere usikkerhet bør vekk fra analysene.

Vår konklusjonen på basis ovenstående diskusjon er at man burde skille mye sterkere mellom analysen og beslutningene.

Vår mening om analyser av kostnader med tilhørende usikkerhet er at de skal søke å gi et riktigst mulig totalbilde av den virkelighet som eksisterer i prosjektet, med de usikkerheter som finnes. Ut fra dette skal det utarbeides en prognose for forventet total sluttkostnad med tilhørende spredning, hvor alt er med, uten tanke på hvem som skal betale.

Beslutningene som følger av denne analysen bør være en sak for seg. Mange av beslutningene er allerede tatt vare på i form av lover og forskrifter, blant annet i bestemmelsene om tilstandshavernes ansvar, og förordningen om 40 års driftstid. I tillegg er det en del beslutninger som er tillagt de som har ansvaret for å rydde forsvarlig opp etter seg, og noen beslutninger må tas av de som har ansvaret for fondet og fondsoppbyggingen. Vi har inntrykk av det hersker en viss interessekonflikt mellom SSM, som sterkt vektlegger å sikre tilstrekkelig fondsoppbygging for å redusere Statens risiko, og SKB, som vel har det samme overordnede målet, men med et naturlig ønske om å holde avgiften på produksjonen så lav som mulig.

I kapittel 3 diskuteres bl.a. om hvor krevende det er å vurdere kostnader langt inn i fremtiden og klare å beholde et nøytralt perspektiv på et prosjekt som direkte påvirker økonomien til sine eiere. Vi har ingen klar mening om hvordan denne utfordringen skal møtes, og heller ikke hvordan interessekonflikten skal løses, men vil sterk anbefale at man søker å holde analysen for seg, og så fri for særinteresser som gjeldende organisering tillater.

## 5 Usikkerhetsfaktorer i infrastrukturprosjekter

Usikkerhetsfaktorer eller generelle forhold som påvirker kostnaden er et viktig element i en usikkerhetsanalyse. SKB benytter ordet variationer på dette. Disse faktorene identifiserer hvilke vesentlige usikkerheter som eksisterer og lar dem komme til uttrykk i kostnadsanalysen. I dette kapitlet vil vi se nærmere på hvordan SKB har vurdert usikkerheten over tid fra 2007 til 2013.

### 5.1 Variasjonene fra SKB's analyse

Alle kostnadsantakelsene knyttet til et omfattende og langvarig prosjekt er selvfølgelig beheftet med stor usikkerhet. Kildene til denne usikkerheten kan grovt sett deles i fire hovedområder (Austeng et. al. 2005b). SKB snakker om seks hovedgrupper i sin analyse. Vi har fordelt de seks hovedgruppene fra SKBs analyse (SKB 2013a) innenfor tre av de fire årsaksområdene:

1. Kontekstuell usikkerhet
  - 1.1. *Samhellet*
  - 1.2. *Ekonomi*
2. Operasjonell usikkerhet
  - 2.1. *Gjennomførende*
  - 2.2. *Organisation*
  - 2.3. *Teknikk*
3. Konseptuell usikkerhet
  - 3.1. *Kalkylering*
4. Scenariell usikkerhet

Ovennevnte gruppering i seks hovedgrupper ser ut til å være brukt første gang i Plan 2008. I Plan 2007 ble det vist til en gruppering som følger:

- Driftsförhollanden för kärnkraftverken
- Handterings- och förvarskonsept
- Teknik
- Lokalisering
- Tidplaneberoenden
- Kalkylförutsättningar allmänt
- Objektspecifika variationer

Det fjerde årsaksområdet har vi kalt Scenariell usikkerhet. Er scenariet eller scenariene som ligger til grunn for kalkylering av kostnader og inntekter troverdig? Er hovedkonseptet som beskriver prosjektet og prosjektomfanget robust og bærekraftig nok til at det vil holde seg hele den lange tiden? Når det gjelder grunnlaget for analysene viser denne rapporten at det er basert på scenarier som antakelig ikke dekker den virkelighet som de fleste nå etter hvert tror på. At konseptet som er beskrevet i dag vil være det samme om 30 – 40 år er vel heller ikke helt sikkert.

Det viktigste scenariet for SSMs vurderinger; det som er basis for beregning av grunnkostnaden, er imidlertid bestemt ved lov, og mye av usikkerheten rundt hovedkonseptet er låst i form av såkalte faste forutsetninger. Dette gjør at vi ikke vil bruke mye tid på å diskutere den scenarielle usikkerheten her.

Den kostnadmessige virkningen av usikkerhetsbildet som skapes forsøkes ivaretatt av SKB ved å estimere sannsynlighetsfordelte kostnader for tre sett med såkalte variasjoner.

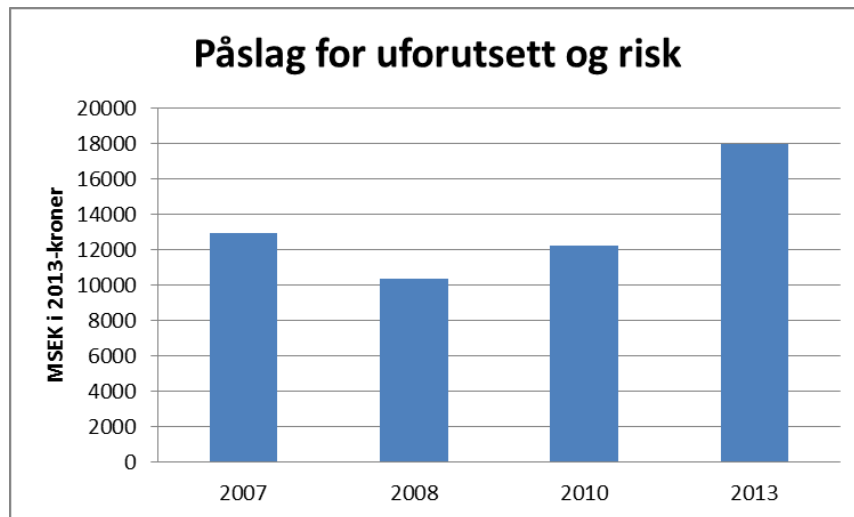
- Variasjoner kategori 1
  - Objektvariasjoner
  - Generelle forhold
- Variasjoner kategori 2
  - Ekstreme usikkerheter og hendelser

Variasjoner av kategori 1 dekker usikkerhet som er normale eller vanlige i infrastrukturprosjekter og bygge- og anleggsvirksomhet. Disse inngår i kalkylene som gir grunnlag for **gjenstående grunnkostnader ( $S_1$ )** og gir grunnlag for beregning av **finansieringsbeløpet**. Kategori 1-variasjonene er delt i to underkategorier, objektspesifikke variasjoner; dvs. variasjoner som er lagt inn direkte i objektestimaterne, og såkalte generelle forhold; dvs. usikkerheter som påvirker grupper av kalkyleobjekter eller hele prosjektet.

For å finne det såkalte **kompletteringsbeløpet** har kalkylen hittil blitt utvidet med flere usikkerheter<sup>1</sup>; variasjonene av kategori 2. Dette er mer ekstreme usikkerheter med lavere sannsynlighet for å inntreffe. Frem til nå har disse blitt brukt til å fremskaffe en ny sannsynlighetsfordelt sluttsum ( $S_2$ ). SKB sitt forslag har vært at kompletteringsbeløpet skal være differansen mellom P80 fra  $S_2$  og forventningsverdien fra  $S_1$ . SSM har ønsket å benytte differansen mellom P90 fra  $S_2$  og forventningsverdiene fra  $S_1$  som grunnlag for sitt forslag til regjeringen.

En endring som er innført nå i forhold til tidligere år er at alle variasjoner skal inngå i avgiftsunderlaget. SSM har begjært at SKB regner om og inkluderer alle variasjonene. Det betyr at kategori 2 variasjonene skal inkluderes i beregning av Gjenstående grunnkostnad, altså i beregningen av ( $S_1$ ).

Variasjonene av kategori 1 kvantifiseres ved trippelanslag som gir alle elementene en sannsynlighetsfordeling. Differansen mellom summen av trolig verdi av objektene og forventet verdi i grunnkalkylen, pluss forventet verdi av generelle forhold gir et et **forventet tillegg** til gjenstående grunnkostnad som er vist i Figur 3.



Figur 3 Utviklingen av påslag for uforutsett og risk (Forventet tillegg).

Som vi ser i Figur 3 har det vært ganske stor reduksjon av det forventede tillegget fra 2007 til 2008. Hva dette skyldes går ikke tydelig fram av Plan 2008, og vi finner det vanskelig å spore forskjellene. Persson (2011) har et oppsett i bilag 1.1. I følge dette kan det se ut som at hovedtyngden av reduksjonen skyldes redusert objektusikkerhet, og da i første rekke bygging, drift, riving og forslutning av kjernebrenselforvaret. Økningen fra 2008 til 2010 ser ut til, i hvert fall delvis, å skyldes økning i kategori 1-variasjonene om realismen i anslagene. Hva den store økningen fra 2010 til 2013 skyldes er vanskelig for oss å si noe om fordi ytterpunktene i anslagene i kalkylen for Plan 2013 er flyttet fra P10-P90 til P1-P99. Tallene for 2013 er dermed ikke sammenlignbare med de tidligere estimatene.

For å gi et litt bredere bilde av hvordan usikkerheten fremstår i Plan-rapportene fra 2007 til 2013, har vi i de nedenstående tabellene rangert variasjonene etter hvor mye de virker på forventningsverdien i kalkylen og etter hvor mye de virker på spredningen i sannsynlighetsfordelingen av kostnaden.

- Kolonne A inneholder de 10 viktigste variasjonene slik de er rangert av SKB med tanke på direkte virkning på nåverdien av gjenstående grunnkostnad i Kalkyl 40. Her er bare kategori 1-variasjonene med.
- Kolonne B inneholder de 10 viktigste variasjonene rangert etter størrelsen på differansen mellom de udiskonterte input-verdiene hög og låg. Størrelsene her har mest betydning i grunnlaget for Kompletteringsbeloppet, så her er også kategori 2-variasjonene med.
- Kolonne 3 viser hvor i kolonne B man finner igjen den tilsvarende variasjonen fra kolonne A for direkte sammenligning av rangering.

### Variasjoner fra Plan 2007

Tabell 4 De viktigste variasjonene fra Plan 2007

A: De ti viktigste variasjonene listet opp i Plan 2007 etter virkning på grunnkostnaden (diskontert):	B: Iflg. inndata i simuleringen odiskonterad: (I parantes <spennet mellom låg og hög>)	Nummer i kolonne B
1. Variation 126 Lagstiftning och myndighetskrav avseende rivning av kärnkraftverk	<i>I. V 203 Förseningar i uppstartningen av deponering av kapslar (MSEK 8255)</i>	VII
2. Variation 125 Lagstiftning och	II. V 111 EEF lönekostnader för	Ikke blant

myndighetskrav avseende kärnteknik allmänt	tjenestesektoren (MSEK 8025)	10 på topp
3. Variation 132 Realism i kostnadsuppskattninger avseende processinvesteringar och drift av anläggningar (ej rivning)	III. V 132 Realism i kostnadsuppskattningar avseende processinvesteringar och drift av anläggningar (ej rivning)( MSEK 7855)	III
4. Variation 101 Överordnad tidsplanestrategi	IV. V 131 Realism i kostnadsuppskattning avseende rivning av processdelar i kärnkraftverk (MSEK 6624)	Ikke blant 10 på topp
5. Variation 111 EEF lønekostnader for tjenestesektoren	V. <i>V 206 Lokalisering av innkapslingsanlægningen (MSEK 5048)</i>	II
6. Variation 131 Realism i kostnadsuppskattninger avseende rivning av processdelar i kärnkraftverk	VI. <i>V 119 Konjunktur ved rivning av kärnkraftverken (MSEK 4507)</i>	IV
7. Variation 116 EEF bentonitpris	VII. V 126 Lagstiftning og myndighetskrav avseende rivning av kärnkraftverk (MSEK 4215)	VIII
8. <i>Variation 904 Objektsikkerhet avseende rivningsdrift ved rivning av kärnkraftverken</i>	VIII. V 116 EEF bentonitpris (MSEK 4094)	Objekt-variasjon
9. Variation 121 Prosjektledning og prosjektorganisation ved byggende av slutförvaret for anvendt bränsle	IX. V 113 EEF maskinkostnader (MSEK 3758)	Ikke blant 10 på topp
10. Variation 113 EEF maskinkostnader	X. <i>V 112 EEF lønekostnader for byggsektoren (MSEK 3627)</i>	IX

Variasjonene i de cellene i tabellene som er merket med **rød skrift** og *italic* finnes bare i en av kolonnene A eller B. Andre variasjoner kan finnes i begge kolonner. Merkingen er gjort for å vise at det er ganske stor forskjell på hva som er vurdert til å ha stor usikkerhet og hva som virker mest på forventet grunnkostnad. Vi har ikke sett spesielt på de enkelte variasjonene, men den generelle forklaringen er knyttet til skjevheten i sannsynlighetsfordelingen. En høyreskjev fordeling drar forventningsverdien oppover i forhold til referanseverdien, mens en symmetrisk fordeling kan ha stor spredning, men ingen påvirkning på forventningsverdien. Dette betyr at variasjonene i kolonne A har de største skjevhetene, og gjerne da med den lengste halen mot høyre.

Et annet forhold som også bidrar til forskjeller i de to kolonnene er eksemplifisert ved variasjon 203 «Førseningar i oppstartningen av deponering av kapslar» som er rangert på topp i kolonne B. Den fryktede forsinkelsen, som medfører stor høyreskjev spredning før diskontering, gir imidlertid en diskonteringsgevinst som gjør at variasjonen bare gir lite tillegg til forventet nåverdi av kostnaden.

En svakhet i sammenlikningen mellom de to kolonnene er at kolonne B ikke inneholder de såkalte objektvariasjonene; altså spredningen i de direkte kostnadsestimatene for kostnadsbærerne. Dette medfører at de to kolonnene inneholder kostnadstall på litt ulike nivå.

## Variasjoner fra Plan 2008

Tabell 5 De viktigste variasjonene fra Plan 2008

A: De ti viktigste variasjonene listet opp i Plan 2008 etter virkning på grunnkostnaden (diskontert):	B: Iflg. inndata i simuleringen odiskonterad: (I parentes <spennet mellom låg og hög>)	Nummer i kolonne B
1. Variation 128 – Lagstiftning och myndighetskrav, avveckling av kärnkraftverk, aktiva delar	I. V 113 EEF Prisutveckling för maskiner (MSEK 11065)	VII
2. Variation 113 – EEF Real prisutveckling för maskiner (här ingår tillverkning av kapsels olika delar)	II. <i>V 111 EEF lönekostnader för tjänstesektoren (MSEK 9798)</i>	I
3. Variation 127 – Lagstiftning och myndighetskrav, kärnteknik utom rivning	III. V 134 Realism i kostnadsuppskattningar avseende process och drift av övrigt ar (ej rivning kv)( MSEK 9081)	Ikke blant 10 på topp
4. Variation 134 – Realism i kostnadsuppskattningar – process och drift	IV. V 112 EEF lønekostnader for byggsektoren (MSEK 8043)	III
5. <i>Variation 904 – Objektosakerhet avseende rivning av kärnkraftverk, bevakning, drift och underhåll</i>	V. <i>V 203 Förseningar i oppstartningen av deponering av kapslar (MSEK 6727)</i>	Ikke blant 10 på topp
6. Variation 133 – Realism i kostnadsuppskattningar - rivning av aktiva delar i kärnkraftverk	VI. V133 Realism i kostnadsuppskattningar avseende rivning av kärnkraftverk (MSEK 6468)	VI
7. Variation 123 – Projektledning och projektorganisation under investeringsfasen for slutförvaret for använt bränsle	VII. <i>V 121 Konjunktur vid rivning av kärnkraftverken (MSEK 4628)</i>	Ikke blant 10 på topp
8. Variation 112 – EEF Pris- och produktivitetsutveckling för lönekostnader i byggsektorn	VIII. V 128 Lagstiftning och myndighetskrav, avveckling av kärnkraftverk, aktiva delar (MSEK 4118)	IV
9. Variation 104 – Slutförvarets bergrum, tunnlar och schakt – beroende av dimensionerande tunneltvärsnitt och systemlayout	IX. <i>V 131 Realism i kostnadsuppskattningar SKB centralt, FUD samt befintliga anläggningar (MSEK 3280)</i>	Ikke blant 10 på topp
10. Variation 124 – Rationaliseringseffekten som en följd av opprepningen vid avveckling av 12 reaktor-anläggningar	X. <i>V 201 Effekten av värderingsförsjutningar i samhällen avseende kärnkraft (MSEK 3017)</i>	Ikke blant 10 på topp

## Variasjoner fra Plan 2010

Tabell 6 De viktigste variasjonene fra Plan 2010

A: De ti viktigste variasjonene listet opp i Plan 2010 etter virkning på grunnkostnaden (diskontert):	B: Iflg. inndata i simuleringen odiskonterad: (I parentes <spennet mellom låg og hög>)	Nummer i kolonne B
1. Variation 136 – Lagstiftning och myndighetskrav, avveckling av kärnkraftverk, aktiva delar	<i>I. V 126 EEF lönekostnader för tjänstesektoren (MSEK 13 957)</i>	VII
2. Variation 135 – Lagstiftning och myndighetskrav, kärnteknik utom avveckling av kärnkraftverk	II. V 127 EEF lønekostnader for byggsektoren (MSEK 10 463)	Ikke blant 10 på topp
3. Variation 141 – Realism i kostnadsuppskattninger - rivning av aktiva delar i kärnkraftverk	III. V 141 Realism i kostnadsuppskattninger - rivning av aktiva delar i kärnkraftverk (MSEK 9578)	III
4. Variation 137 – Lagstiftning och myndighetskrav, övrigt (ej aktiva delar)	IV. V 142 Realism i kostnadsuppskattningar avseende process och drift av övrigt ar (ej rivning kkv)( MSEK 7723)	Ikke blant 10 på topp
5. Variation 116 – Rationaliseringseffekten som en följd av upprepningen vid avveckling av reaktorinstalleringarna	<i>V. V 203 Förseningar i uppstartningen av deponering av kapslar (MSEK 7185)</i>	Ikke blant 10 på topp
6. Variation 142 – Realism i kostnadsuppskattningar – process och drift övrigt (ej avveckling av kärnkraftverk, ej process inkapsling)	<i>VI. V 128 EEF Prisutveckling för maskiner (MSEK 6921)</i>	IV
7. Variation 127 – EEF Pris- och produktivitetsutveckling för lönekostnader i byggsektorn	VII. V 136 Lagstiftning och myndighetskrav, avveckling av kärnkraftverk, aktiva delar (MSEK 6096)	II
<i>8. Variation 109 – Möjligheter till effektivisering av deponeringsprocessen i Kärnbränsleförvaret.</i>	<i>VIII. V 107 Kärnbränsleförvaret – ber. av temperaturbegränsningen vid kapsel (MSEK 4954)</i>	Hendelse
<i>9. Variation 904 – Objekt 904: Rivning av kärnkraftverk, bevakning, drift och underhåll</i>	<i>IX. V 144 Realism i kostnadsuppskattningar -Bygg övrigt (MSEK 4928)</i>	Ikke blant 10 på topp
<i>10. Variation 132 – EEF Prisutveckling för bentonit eller lera</i>	<i>X. V 134 EEF Växelkurs direkteimport (USD) (MSEK 4699)</i>	Ikke blant 10 på topp

Her ser vi igjen effekten av tidsforskyvning og diskontering når det gjelder variasjon 203 «Förseningar i uppstartningen av deponering av kapslar». Den er høyt prioritert i kolonne B, men ikke med i kolonne A.

## Variasjoner fra Plan 2013

Tabell 7 De viktigste variasjonene fra Plan 2013

A: De ti viktigste variasjonene listet opp i Plan 2013 etter virkning på grunnkostnaden (diskontert):	B: Iflg. inndata i simuleringen odiskonterad: (I parentes <spennet mellom låg og hög>)	Nummer i kolonne B
1. Variation 101 – Lagstiftning och myndighetskrav, kärnteknik utom avveckling av kärnkraftverk	I. V 104 EEF løneknostnader for tjenestesektoren (MSEK 15 772)	VI
2. Variation 102 – Lagstiftning och myndighetskrav, avveckling av kärnkraftverk	II. <i>V 215 Realism i kostnadsuppskattningar – Kärnbränsleförvarets skedeskalkyl (MSEK 14 510)</i>	IX
3. Variasjon 104 – EEF1 – arbeidskostnader tjänestesektorn	III. V 409 og V 410 Realism i rivningsstudiene TLP og Westinghouse (sum MSEK 10 425) <sup>2</sup>	I
4. Variation 215 – Realism i kostnadsuppskattningar – Kärnbränsleförvarets skedeskalkyl	IV. V 105 EEF løneknostnader for byggsektoren (MSEK 9236)	II
5. Variation 103 – Lagstiftning och myndighetskrav konventionell verksamhet	V. <i>V 201 Tidspunkt for tilstand Kärnbränsleförvaret och inkapslingsanläggning (MSEK 9 169)</i>	X
<i>6. Variation 212- Effektivisering av deponeringsprocessen i Kärnbränsleförvaret</i>	VI. V 101 Lagstiftning och myndighetskrav, kärnteknik utom avveckling av kärnkraftverk (MSEK 8 675)	Hendelse
7. Variation 406 – Tillgång til kompetens vid avveckling av kärnkraftverken	VII. V 406 Tillgång til kompetens vid avveckling av kärnkraftverken (MSEK 8 577)	VII
8. Variation 105 – EEF2 - arbeidskostnader i byggsektorn	VIII. <i>V 405 Styrning och organisering vid avveckling av kärnkraftverken (MSEK 8 189)</i>	IV
<i>9. Variation 404 – Inlärningseffekt vid avveckling av kärnkraftverken</i>	IX. V 102 Lagstiftning och myndighetskrav, avveckling av kärnkraftverk (MSEK 8 408)	Ikke blant 10 på topp
<i>10. Variation 907 – Objekt 907: Avveckling - Rivning och återstålning av kärnkraftverk</i>	X. V 213 Materialer och metoder for återfyllning och förslutning (MSEK 7862)	Ikke blant 10 på topp

Variasjonen 201 "Tidspunkt for tilstand Kärnbränsleförvaret och inkapslingsanläggning" er rangert som nummer fem når det gjelder bidrag til usikkerheten, men også her gjør diskontering med 2 % diskonteringsrente at variasjonen faktisk gir en besparelse på forventet nåverdi.

<sup>2</sup> Variasjonene 409 og 410 dekker hhv Realism i rivningsstudiene TLP og Westinghouse. Hvis vi, som her, ser disse samlet vil spredningen Hög – Låg bli MSEK 10 425; altså på tredje plass i B-kolonnen.

### Utvikling i variasjonene over tid

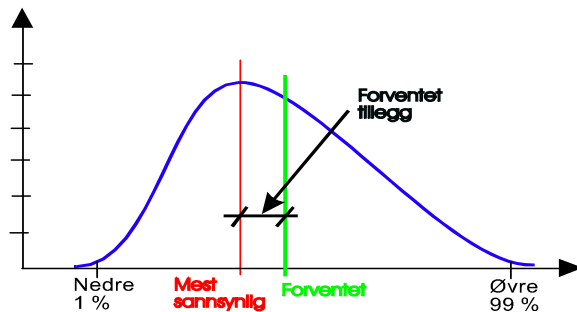
I Tabell 8 er vist en samlet oversikt over hvordan de forskjellige variasjonene i kolonne A har vært rangert over tid. Kolonnen «Nr.» henviser til rangeringen i den enkelte Plan-rapport, og kolonnen «V nr.» henviser til det nummer variasjonen har i den enkelte Plan-rapport.

Tabell 8 Oversikt over de antatt viktigste variasjonene fra Plan-rapportene

De viktigste variasjonene fra kolonne A:	Plan 2007		Plan 2008		Plan 2010		Plan 2013		Kommentarer
	Nr.	V nr.	Nr.	V nr.	Nr	V nr	Nr	V nr	
Lagstiftning och myndighetskrav avseende rivning av kärnkraftverk	1	126	1	128	1	136	2	102	Stabilt høyt
Lagstiftning och myndighetskrav avseende kärnteknik allmänt	2	125	3	127	2	135	1	101	Stabilt høyt
Realism i kostnadsuppskattningar avseende processinvesteringar och drift av anläggningar (ej rivning)	3	132	4	134	6	142	4	215	Stabilt høyt
Överordnad tidsplanestrategi	4	101							Tatt ut. OK
EEF lönekostnader för tjänstesektoren	5	111					3	104	Omdiskutert
Realism i kostnadsuppskattningar avseende rivning av processdelar i kärnkraftverk	6	131	6	133	3	141			Har blitt sikrere og mer symmetrisk etter hvert
EEF bentonitpris	7	116			10	132			
Objektsikkerhet avseende vid rivning av kärnkraftverken och återställning	8	904	5	904	9	904	10	907	Objektsikkerhet
Prosjektledning och prosjektorganisation vid byggende av slutförvaret för använt bränsle	9	121	7	123					Har blitt sikrere og mer symmetrisk etter hvert
EEF maskinkostnader	10	113	2	113					Omdiskutert
EEF Pris- och produktivitetsutveckling för lönekostnader i byggsektorn			8	112	7	127	8	105	Omdiskutert
Slutförvarets berggrum, tunnlar och schakt – beroende av dimensionerande tunneltvärsnitt och systemlayout			9	104					
Rationaliseringseffekten som en följd av upprepningen vid avveckling av 12 reaktoranläggningar			10	124	5	116	9	404	Mulighet
Lagstiftning och myndighetskrav, övrigt (ej aktiva delar)					4	137	5	103	
Möjligheter till effektivisering av deponeringsprosessen i Kärnbränsleförvaret.					8	109	6	212	Mulighet
Tillgång til kompetens vid avveckling av kärnkraftverken							7	406	

Det forventede bidraget til kalkylen fra variasjonene kalles av SKB påslag for uforutsett og risk. Vi benytter forventet tillegg som betegnelse på dette. Fra objektsvariasjonene vil det komme et forventet tillegg på grunn av at estimatene har en tendens til å være høyreskjeve, noe som gir en forventningsverdi for objektet som er høyere enn mest sannsynlig. For de generelle forholdene kan et forventet tillegg ha to årsaker. Den ene årsaken er at den sannsynlige verdien gir en økning. Eksempelvis kan usikkerheten i variasjonen "grunnforhold" ha en mest sannsynlig verdi som er høyere enn 0 % (høyere enn 1,0 hvis det betraktes som en multiplikasjonsfaktor). Den andre årsaken

er at variasjonen også kan være høyreskjev rundt den mest sannsynlige verdien, noe som også gir et bidrag til forventet tillegg. Siden variasjonene fra generelle forhold i SKB sin analyse alle har mest sannsynlig verdi i null, vil imidlertid virkningen i dette prosjektet fortone seg likt for alle, som vist i Figur 4, altså økningen i forventningsverdi fra referansekostnaden, eller mest sannsynlig, pga. skjevhet i fordelingen.



Figur 4 Illustrasjon av hvordan forventet tillegg fremkommer for hvert kalkyleelement.

Hvordan det forventete tillegget har utviklet seg over tid i SKB sine analyser er vist i Figur 3. Vi så i Figur 3 at påslaget for uforutsett og risk har endret seg mye i løpet av de fire siste planperiodene, fra knapt 13 GSEK 2013-kroner i 2007, ned til drøye 10 GSEK i 2008, og opp til 18 GSEK i 2013. Hvis vi i den samme perioden ser på utviklingen for de enkelte variasjonene ser vi at bidragene fra variasjon knyttet til «lagstiftning och myndighetskrav» har ligget på topp hele tiden, og faktisk økt i Plan 2013. «Realism i kostnadsuppskattningar» har også vært vurdert slik at det har gitt et stort bidrag til forventet tillegg i alle Plan-rapportene.

Størrelsen på EEFene har vært omstridt, og det vises ved at vurderingene rundt usikkerheten har gjort at tillegget fra disse variasjonene har gått både opp og ned. Det ser også ut til at bevisstheten om at usikkerhet også inneholder muligheter har økt med tiden. Ellers er det vel ganske typisk at objektvariasjonene er mindre skjevfordelt enn for de øvrige variasjonene, slik at det faktisk er bare én objektvariasjon: «Objektsäkerhet avseende rivningsdrift vid rivning av kärnkraftverken» som har vært på listen over største usikkerhet i noen av Plan-rapportene.

Tabell 9 viser hvordan variasjonene i kolonne B (ref. tabellene med variasjoner over) har utviklet seg over tid. Med forbehold om at vi kanskje ikke helt har forstått hva alle variasjonene inneholder i detalj, har vi koblet sammen de variasjonene vi tror er de samme, men som bare har endret navn, eller som er så nært tilknyttet at de kan ses i sammenheng. Kolonnen «Sammenheng» viser hvilke vi har koblet. Skravuren går fra ingen kobling; hvitt, til full kobling; svart.

Vi har også vært så freidige at vi har satt opp vår egen prioritering av de variasjonene vi mener er beheftet med størst usikkerhet ut fra vår kunnskap om dette prosjektet.

Tabell 9 Oversikt over de mest usikre variasjonene fra Plan-rapportene

De viktigste variasjonene fra kolonne B:	Plan 2007		Plan 2008		Plan 2010		Plan 2013		Samheng	Vår prioritet
	Nr.	V nr.	Nr.	V nr.	Nr	V nr	Nr	V nr		
Førseningar i oppstartningen av deponering av kapslar	1	203	5	203	5	203				2
Tidspunkt for tilstand Kärnbränsleförvaret och inkapslingsanläggning							5	201		
EEF lönekostnader för tjänstesektoren	2	111	2	111	1	126	1	101		5
Realism i kostnadsuppskattningar avseende processinvesteringar och drift av anläggningar (ej rivning)	3	132	3	134	4	142				3
Realism i kostnadsuppskattningar – Kärnbränsleförvarets skedeskalkyl							2	215		
Realism i kostnadsuppskattning avseende rivning av processdelar i kärnkraftverk	4	131	6	133	3	141				4
Realism i rivningsstudiene TLP og Westinghouse							3	409		
Lokalisering av innkapslingsanläggningen	5	206								
Konjunktur ved rivning av kärnkraftverken	6	119	7	121						
Lagstiftning och myndighetskrav avseende rivning av kärnkraftverk	7	126	8	128	7	136	9	102		10
Lagstiftning och myndighetskrav, kärnteknik utom avveckling av kärnkraftverk							6	101		
EEF bentonitpris	8	116								
EEF Prisutveckling för maskiner	9	113	1	113	6	128				12
EEF Pris- og produktivitetutveckling för lönekostnader i byggsektorn	10	112	4	112	2	127	4	105		6
Realism i kostnadsuppskattningar SKB centralt, FUD samt befintliga anläggningar			9	131						13
Effekten av värderingsförsjutninger i samhälle avseende kärkraft			10	201						1
Kärnbränsleförvaret – ber. av temperaturbegränsningen vid kapsel					8	107				?
Realism i kostnadsuppskattningar -Bygg øvrigt					9	144				
EEF Växelkurs direkteimport (USD)					10	134				
Tillgang til kompetens ved avveckling av kärnkraftverken							7	406		8
Styrning og organisering ved avveckling av kärnkraftverken							8	405		9
Materialer og metoder for återfyllning og förslutning							10	213		11

Tabell 9 viser utviklingen i hva som anses å bidra mest til usikkerheten (spredningen) i sluttkostnaden. Her er det viktig å merke seg at objektvariasjonene ikke er med i oversikten.

Listen toppes hele tiden av variasjonene rundt EEF for lønnsutvikling i tjenestesektoren og EEF for byggsektoren, samt EEF for maskinkostnader. At dette anses som store usikkerheter er naturlig siden disse er svært avhengige av tidshorizonten og samfunnsutviklingen.

«Realism i kostnadsuppskattningar» for de store kostnadsbærene er tunge bidragsyttere også her. Til forskjell fra tabell 6.5 er variasjonen «Förseningar i uppstartningen av deponering av kapslar» en faktor som har stor betydning for kostnadsusikkerheten. «Lagstiftning och myndighetskrav» er viktige variasjoner i begge fremstillingene.

Det er en markert økning i bevisstheten om usikkerhetene knyttet til avviklingen av kraftverkene. Noe de nye variasjonene i Plan 2013: «Tillgång til kompetens vid avveckling av kärnkraftverken» og «Styrning och organisering vid avveckling av kärnkraftverken», vitner om.

Usikkerheten knyttet til lokalisering har avtatt med tiden, men er fortsatt et spørsmål som ikke er helt avklart. SKB tok ut denne usikkerheten etter Plan 2007. Denne usikkerheten burde kanskje forbli vist i analysen til valget er formelt avklart.

Det som imidlertid forundrer oss mest er savnet av variasjonen «Effekten av värderingsförsjutningar i samhällen avseende kärnkraft». Vi anser denne usikkerheten for å være en av de aller største i prosjektet. Bakgrunnen er redegjort for i kapittel 5.2 Samfunnets krav, forventninger og toleranser.

I Underlag för kostnadsberäkningar til Plan 2013 (SKB 2013c) finner vi under flik 11 en tabell som viser middelveidene med tilhørende standardavvik for kalkyleobjektene (Tabell 1-1). Her er kategori 1-variasjonene lagt til de postene de antas å virke på, slik at standardavviket til de enkelte postene representerer, så vidt vi kan forstå, både objektusikkerheten og usikkerhet fra generelle forhold. Dette er en svært informativ tabell som viser virkningen på den enkelte kostnadsbærer fra all usikkerhet som er identifisert og knyttet til objektet.

For å gjøre den enda oversiktligere har vi slått sammen de sammenlignbare arbeidsoperasjonene knyttet til avviklingen av kraftverkene, slik at totaloperasjonen Avveckling er redusert fra 4x6 poster til bare 6 poster. Dette innebærer at vi også har slått sammen usikkerhetene. For enkelhets skyld har vi antatt at korrelasjonen mellom kostnadene for de samme operasjonene for alle kraftverkene er så stor at vi bare har summert standardavvikene. (Rent teoretisk kan jo dette synes som en tvilsom fremgangsmåte, men det viktige her er å få frem noen poenger, og ikke nødvendigvis være pinlig nøyaktig.) Dette ga oss Tabell 10 som viser de 15 arbeidsoperasjonene med antatt størst kostnadsusikkerhet.

Tabell 10 Oversikt over de mest usikre arbeidsoperasjonene fra Plan 2013

Prioritering etter størrelse på standard-avvik	Tekst	Ref. kost. MSEK	Forventet kost. MSEK	Forventet tillegg fra usikkerhetsanalysen MSEK	Standard-avvik MSEK	Relativ standard avvik i prosent %
1	Avveckling - Nedmontering	8789	10605	(1) 1816	2849	27
2	SFK-stam- og deponeringstunneler – Rivning, förslutning och återfylling	3410	2926	(13) -484	2267	77
3	SFK-ovan mark – Investering och rivning	5508	7008	(4) 1500	1964	28
4	Avveckling – Rivning och återställning	4354	5361	(7) 1007	1945	36
5	SFK-stam- og deponeringstunneler – Investering	4945	5685	(11) 740	1943	34
6	SKB - centralt	4498	5499	(8) 1001	1644	30
7	Avveckling - Prosjektorganisation	4753	5883	(6) 1130	1546	26
8	Clab - Drift	6093	7738	(2) 1645	1500	19
9	SFK-ovan mark - Drift	3775	4389	(12) 614	1432	33
10	Avveckling – Bevakning, drift och underhåll	2381	3946	(3) 1565	1311	33
11	SFK-övriga bergutrymmen - Investering	2404	3398	(9) 994	1144	34
12	Kapseltillverkning - Kapselkomponenter	5151	5207	(15) 56	1049	20
13	SKB - Fud	4502	5646	(5) 1144	1020	18
14	SFK- övriga bergutrymmen – Rivning och förslutning	1504	1732	(14) 228	1017	59
15	Innkapsling anläggning - Investering	3323	4074	(10) 751	975	24

Tallene i parentes i kolonnen om forventet tillegg angir alternativt prioritering etter størrelsen på tillegget.

Vi ser at det er to arbeidsoperasjoner som skiller seg ut med høy relativ usikkerhet. Disse er "SFK-stam- og deponeringstunneler – Rivning, förslutning och återfylling" og "SFK- övriga bergutrymmen – Rivning och förslutning" med hhv. 77% og 59% relativt standardavvik. Disse er nok påvirket av de samme generelle forhold, som antakelig dreier seg mest om realism i kostnadsuppskattninger. I tillegg har de nok mange felles kostnadsårsaker, som vel burde gi enda større usikkerhet på grunn av ikke beregnet korrelasjon.

Ellers kan man legge merke til at i kolonnen over forventet tillegg er arbeidet med «Avveckling – Rivning och återställning» faktisk bare nr. sju på listen. At denne likevel er vurdert til å være den mest betydelige objektvariasjonen kan antakelig bare forklares ved at dette objektet har svært få og små generelle forhold knyttet til seg, slik at tillegget nesten bare kommer fra selve objektvariasjonen.

## 5.2 Betraktninger rundt størrelsen på kostnadsusikkerheten

En av konsekvensene av usikkerheten i kostnadene for store prosjekter er kostnadsoverskridelser. Internasjonal litteratur viser til mange undersøkelser rundt størrelsen på kostnadsoverskridelser – se

for eksempel Flyvbjerg et al. (2002, 2003) og Ansar et al. (2014). Imidlertid er det færre undersøkelser som tar for seg kostnadsusikkerheten i seg selv. AACE International er en av de få internasjonale kildene som har autoritet på dette området. De har utgitt en Recommended Practice Guideline (AACE 2011) som også ligger til grunn for anbefalinger i det norske Finansdepartementets veiledere for kostnadsestimering (Finansdepartementet 2008). Figur 5 viser AACE Internationals klassifisering med angivelse av forventet nøyaktighet i kostnadsoverslag for utbygging i prosessindustri. Som det fremgår at figuren henger nivået på usikkerheten sammen med modenheten av prosjektet og for SKB sin kostnadskalkyle vil vi komme tilbake til dette i kapittel 5.

**COST ESTIMATE CLASSIFICATION MATRIX FOR THE PROCESS INDUSTRIES**

ESTIMATE CLASS	Primary Characteristic	Secondary Characteristic		
	MATURITY LEVEL OF PROJECT DEFINITION DELIVERABLES Expressed as % of complete definition	END USAGE Typical purpose of estimate	METHODOLOGY Typical estimating method	EXPECTED ACCURACY RANGE Typical variation in low and high ranges <sup>[a]</sup>
Class 5	0% to 2%	Concept screening	Capacity factored, parametric models, judgment, or analogy	L: -20% to -50% H: +30% to +100%
Class 4	1% to 15%	Study or feasibility	Equipment factored or parametric models	L: -15% to -30% H: +20% to +50%
Class 3	10% to 40%	Budget authorization or control	Semi-detailed unit costs with assembly level line items	L: -10% to -20% H: +10% to +30%
Class 2	30% to 75%	Control or bid/tender	Detailed unit cost with forced detailed take-off	L: -5% to -15% H: +5% to +20%
Class 1	65% to 100%	Check estimate or bid/tender	Detailed unit cost with detailed take-off	L: -3% to -10% H: +3% to +15%

Notes: [a] The state of process technology, availability of applicable reference cost data, and many other risks affect the range markedly. The +/- value represents typical percentage variation of actual costs from the cost estimate after application of contingency (typically at a 50% level of confidence) for given scope.

**Table 1 – Cost Estimate Classification Matrix for Process Industries**

**Figur 5 Klassifisering av kostnadsestimater iht AACE International Recommended Practice Guidelines**

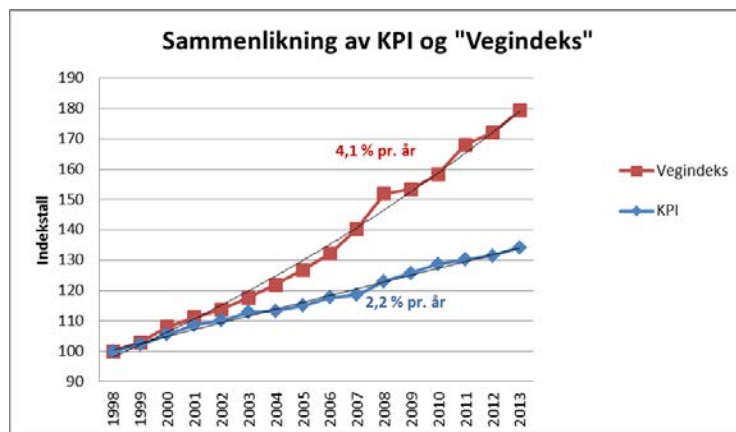
I forbindelse med usikkerhetsanalyser av store offentlige prosjekter i Norge har det lengre tid vært et omdiskutert spørsmål om hva som er realistisk størrelse på kostnadsusikkerheten i de forskjellige faser av prosjekter. Samferdselsdepartementet som bestyrer vei-, jernbane-, flyplass- og havneprosjekter har satt noen krav til beregnet kalkylesikkerhet. Standardavviket skal være maksimum 40 % på skisseprosjektstadiet, maksimum 25 % på neste planstadium, og maksimum 10 % når ferdig forprosjekt legges fram for Stortinget til bevilgning (se for eksempel SVV 2011).

Det eksisterer lite dokumentasjon på hvor sikre kostnadsoverslagene for norske offentlige investeringsprosjekter virkelig er i de to første fasene, utenom en undersøkelse som vi gjorde for noen år siden (Torp et. al. 2011). Med grunnlag fra i underkant av 30 større veiprojekter fant vi at reelle prosjektkostnader (KPI-justert) økte nesten 70 % fra nasjonal transportplan til ferdig prosjekt. Knappt 30 prosjekter er noe for lite grunnlag til å trekke en sikker konklusjon, men tallene gir en pekepinn om at selv 40 % standardavvik er et strengt krav i de tidligste faser.

Når det gjelder veiprojekter på forprosjektstadiet har vi flere undersøkelser med større grunnlag som viser at standardavvik på maks 10 % er et meget strengt krav. Undersøkelsene viser at

standardavviket i virkeligheten er i omtrent 15 % (13-16%), se for eksempel Samset og Volden (2013) og Welde et al. (2014). I sammenligningen er kostnadene prisjustert etter en egen vegindeks. De faktiske avvikene har ført til diskusjoner internt i Vegdirektoratet med en meget kritisk holdning til innkomne kostnadsoverslag som har standardavvik mindre enn 10 %, da man her frykter det ligger uoppdagete usikkerheter som siden vil medføre kostnadsoverskridelser.

Hvis man skal sammenlikne ovennevnte undersøkelser med annet enn veiprosjekter hører det også med til historien at veiprosjektene er prisjustert etter en egen kostnadsindeks som skiller seg en del fra konsumprisindeksen som vist i Figur 6.



Figur 6 Sammenlikning av KPI og "Vegindeks"

Ved å bruke KPI som justeringsindeks vil differansene mellom beregnet og virkelig øke ytterligere, og virkelig standardavvik blir enda større; kanskje opp mot 20 %.

Vi returnerer nå til SKB sin kalkyle: Kalkyl 40 fra Plan 2013 (SKB 2013a) har en forventet kostnad på drøye 100 GSEK med standardavvik på ca. 10 GSEK; altså 10 %. På bakgrunn i ovenstående er vår mening at selv om prosjektet er så stort at det nærmest kan sammenliknes med en stor prosjektportefølje, så er beregnet usikkerhet for resterende kostnader for håndtering av kjernekraftavfall på dette prosjektstadiet så lav at det ikke kan være rimelig.

Tabell 1-1 fra Underlag för kostnadsberäkningar (SKB 2013c) inneholder, som tidligere anført, alle hovedpostene med tilhørende usikkerhet. Dette er i utgangspunktet en oversiktlig og informativ fremstilling av kostnader og usikkerhet. Det som imidlertid er vanskelig å forstå er utregningen av totalt standardavvik på 10 517 MSEK. Ved å ta standardavviket på delpostene fra den siste kolonnen og regne om til varians, for så å summere variansene, og ta kvadratroten, får vi totalt standardavvik på 5 635 MSEK. Vi har forsøkt å legge inn 100 % korrelasjon mellom de sammenliknbare delpostene under hovedposten avvikling for alle kraftverkene. Dette ga noe økning i standardavviket, men ikke nok sett i forhold til det store gapet mellom våre beregninger og tabellens tall.

SKB forklarer (Se vedlegg 3) at standardavviket på totalnivå fra tabell 1-1 er hentet ut som et resultat fra Monte Carlo-simuleringen og at verdien ikke kan knyttes til standardavviket for de enkelte objektene i kolonnen ovenfor (de standardavvik som vi gjorde om til varians i vår beregning, og som vi summerte for å finne totalt standardavvik). SKB forklarer dette med bakgrunn i at i MC-simuleringen legges inn en systematisk korrelasjon mellom både objekt og generelle vilkår. SKB har også støttet seg på Dosent Rickard Sandberg i sitt svar. Han supplerer med at vår betraktning hadde

vært riktig om objektene hadde vært statistisk uavhengige (oberoende). Og at avviket mellom SKBs svar fra simuleringen og vår beregning på 4,9 GSEK skyldes det (*i genomsnitt positiva*) inducerade beroendet mellan objekten/variationer.

Forklaringen fra SKB og Sandberg er dermed at det er korrelasjoner og sammenhenger mellom objektene som gjør at svaret fra våre beregninger ikke stemmer overens med resultatene fra Monte Carlo simuleringen. De eneste sammenhengene vi gjennom våre analyser har observert i Plan 2013 er uttrykt gjennom variasjonene. Det er uklart for oss hvordan disse er lagt inn i modellen. Tabellen i siste side under Flik 10 i Plan 2013 viser disse uttrykt i kronebeløp og ikke som faktorer, men er de opprinnelig lagt inn i modellen som multiplikasjonsfaktorer? Og er det andre korrelasjoner som er modellert inn? Under intervjuet med SKB 2. april fikk vi ikke inntrykk av at det var modellert inn korrelasjoner. Vi mangler noe forklaring for å kunne gjenscape modellen til SKB.

Den siste tabellen i underlagspermen, tabell 3-1, gir en oversikt over hvor store påslagene har vært på referansekostnadene til hovedpostene for å få de forventningsverdiene som angis i Kalkyl 40. Basert på informasjonen gitt av SKB (SKB 2013a,b,c) har vi forsøkt å replikere resultatene ved å lage vår egen tilsvarende simuleringsmodell. Vi har forsøkt å simulere den minste mulige spredningen som disse tallene kan gi ved å gi låg og trolig samme verdi, slik at all økningen fra referansetallene til forventet blir lagt på skjevheten i inputfordelingene, som vist i nedenstående Tabell 11. Dette ga, ved å betrakte alle inngangsverdiene som statistisk uavhengige, et standardavvik på 6,4 %. Ved å legge 75 % korrelasjon på forvaringsanleggene, 7-9, og 100 % korrelasjon på avviklingspostene, 10-13, ga simuleringen standardavvik på 9,5 %. Den siste kolonnen i Tabell 11 inneholder standardavvikene fra underlagspermens tabell 1-1 omregnet for å sammenliknes med simuleringen. Som vi ser er standardavviket for en del poster mindre enn det vi anser skal være minste mulige verdi på dette nivået i kalkylehierarkiet.

Tabell 11 Resultat med vår simuleringsmodell

Nr.	Hovedpost	Låg	Trolig (referens)	Hög	Forventet fra vår simulering	Standardavvik fra vår simulering	St.avvik fra tabell 1-1
1	SKB sentralt	4 500	4 500	6 910	5 500	1 075	1644
2	Fud	4 500	4 500	7 250	5 650	1 249	1020
3	Transportsystemet	2 310	2 310	3 200	2 680	397	349
4	Clab	8 480	8 480	14 000	10 760	2 445	1565
5	Kapseltilverkning	6 090	6 090	6 530	6 270	195	1079
6	Innkapslingsanleggning	5 780	5 780	8 510	6 910	1 202	1157
7	Kjernebrenselforvaret	22 170	22 170	31 230	25 940	4 082	4150
8	SFR (rivningsavfall)	3 990	3 990	5 560	4 640	701	844
9	SFL	1 420	1 420	3 300	2 200	840	677
10	Avveckling Forsmark	6 320	6 320	10 200	7 940	1 755	1230
11	Avveckling Oskarshamn	5 720	5 720	9 730	7 390	1 813	1054
12	Avveckling Ringhals	6 990	6 990	12 220	9 170	2 367	1191
13	Avveckling Barsebeck	4 490	4 490	7 420	5 710	1 327	713
	Totalsum				100 760	6475	5635

Uten tilgang til grunnmaterialet er det vanskelig å spore sammenhengen mellom alle disse tallene, og ut fra dette se hvorfor spredningene er så små. Hovedinntrykket er imidlertid at spredningen er urealistisk liten i forhold til det stadiet prosjektet befinner seg på, og at noe av dette kanskje kan

skyldes en uheldig oppsplitting i kalkylene, som gjør at usikkerhet forsvinner, spesielt når korrelasjon ikke blir tatt vare på i beregningene.

Det mest spesielle ved dette prosjektet den lange tiden det strekker seg over. Det har pågått i drøye 30 år, og selv etter Kalkyl 40 skal det vare i nesten 60 år til. Når vi nå ser på listen over de mest sentrale variasjonene er det påfallende hvor lite det lange tidsperspektivet gjenspeiler hva som anses å være mest usikkert. Gjenstående tid frem til alt er lagret tilsvarer den tiden som har gått siden de første kommersielle kjernekraftanleggene i verden sto ferdig midt på 1950-tallet, og når man ser hvordan f.eks. den teknologiske utviklingen på nesten alle områder har vært i denne perioden, vil det vel føles naturlig å tro at det også vil skje endringer i de 60 årene som ligger foran oss, og at dette vil påvirke prosjektgjennomføringen kanskje i både positiv og negativ retning. Vi minner om betraktningene i Kapittel 3 Incentiver og mindset for usikkerhetsanalyse.

I rapporten "Vurdering av SKBs Plan 2008" (NTNU 2011) er eventuelle manglende variasjoner diskutert. Herfra har vi trukket ut en del variasjoner som vi den gang mente burde overveies å ta med i analysen:

- Usikkerhet i faste forutsetninger
- Usikkerhet rundt rivningsmetodikk og tilbakeføring av områdene (Noe er tatt vare på i Plan 2010 og enda mere i Plan 2013)
- Ressurs- og kompetanseknapphet
- Gjennomføringsorganisasjon generelt (Er ennå ikke bestemt hvem som skal ha ansvar for å få denne på beina?)
- Mulige systematiske feil i analyse og kalkyle
- Samfunnets krav og forventinger generelt
- Mulig nye skatter og avgifter
- Ulykke knyttet til transport eller oppbevaring av kjerneelementer.
- Terror

Det kan tenkes at noe av de ovenstående punktene er med i andre variasjoner. Noe som vi ikke har klart å spore. Vi har forsøkt å gjenskape SKB's modell i et egnet simuleringsverktøy. Selv om SKB sin dokumentasjon er omfattende og gir mye informasjon mangler informasjon som ville gjøre oss i stand til å forstå modellen som er benyttet og kunne replikere resultatene. Det er spesielt utfordrende å se hvordan variasjonene er lagt inn i modellen. For oss ser det ut som variasjonene er lagt inn i GSEK og ikke som faktorer, jfr tabell 1-1 vedlegg 11 i Plan 2013,

Et eksempel på problemstilling som fortsatt synes fraværende i SKBs analyse er vurdering av usikkerhet rundt tilbakeføring av områdene. I vår analyse for SSM av kostnads- og usikkerhetsbildet av gjenstående arbeider på Barsebäck (NTNU 2013), kom det frem en betydelig divergens mellom det som BKAB la til grunn, nemlig tilbakeføring til industrimark, og ønskene til kommunen om å gjøre underlaget klart for å bygge en kystby. BKAB anså sannsynligheten for siste alternativ som ganske stor, men antatt kostnadsdifferanse var så stor at det ble besluttet å definere dette som et helt nytt prosjekt. Vi er usikre på hvem som eventuelt har eierskapet til denne usikkerheten og hvordan den skal håndteres i SKBs analyser.

### 5.3 Samfunnets krav, forventninger og toleranser

Tidligere studier vi har gjort av store infrastrukturprosjekter i Norge med lang planleggings- og gjennomføringstid, viser at kanskje den største usikkerheten ligger i samfunnets krav og forventninger til prosjektet, og den synkende grad av toleranse overfor de ulempene som prosjekter fører med seg, både under utførelse og etter ferdigstilling (se for eksempel Austeng, Bruland og Torp 2006). Lite vekt på å få frem betydningen av dette, samt manglende fokus på å avdekke mulige hendelser som kan medføre store konsekvenser, er generelt en svakhet i mange usikkerhetsanalyser.

Vi mener ovennevnte til en viss grad også gjelder i SKBs analyse av prosjektet, og synes det er påfallende hvor lite den lange tidshorizonten gjenspeiler hva som anses å være mest usikkert. I Plan-rapport 2013 (SKB 2013a) finner vi fire variasjoner som synes å dekke noen av disse ovennevnte forhold:

- V101 Myndighetskrav kärnteknik utom avveckling
- V102 Myndighetskrav avveckling
- V103 Myndighetskrav konventionell verksamhet
- V214 Begränsningar i temperaturen för bufferten (bentonit)

I tidligere Plan-rapporter fantes en variasjon kalt; "Värderingsförskjutningar i samhället avseende kärnkraft". Vi har ansett denne for å være en av de største usikkerhetene i hele prosjektet, og er forundret over at denne nå er tatt vekk, med den begrunnelsen at den er dekket under variasjonene om myndighetskrav. Vi vil her forsøke å forklare hvorfor vi synes en variasjon som dekker samhällets värderingsförskjutningar er så viktig ved å gi noen eksempler på hva vi mener den kan dekke:

- Atomkraftulykke i Sverige eller annet sted i verden kan snu opinionen. Alt blir on-hold mens man krangler og diskuterer.
- Terrorhandling mot et atomkraftverk.
- Tyveri av kjerneavfall under avviklingsperioden
- Upprepade ulykker i prosjektet eller andre liknende steder som gjør at myndighetene stopper virksomheten.
- Ulykke under transport av avfall eller annet radioaktivt materiale til sluttforvaret.

Poenget her er at hvis folk begynner å bli redde, med eller uten grunn, vil dette skape en politisk atmosfære av frykt og ubesluttsomhet som vil påvirke nesten alt som skjer i prosjektet. Dette vil forsinke gjennomføringen, eller gi en belte- og bukseseleholdning med svært strenge sikkerhetskrav, som igjen vil resultere i økt kostnader.

Vi har ikke lyktes i å finne relevant forskning som gir vitenskapelig oversikt over virkningen av slike hendelser, men eksemplene er mange. Nedsmelting av reaktor på Three Mile Island (1979) og Tjernobyl (1986) og utslippene fra Fukushima-verkene etter tsunamien i 2011, har på 35 år bidratt til at oppfatningen om sannsynligheten for at en tilsvarende hendelse skal kunne skje har steget med mange tier-potenser. En kjernekraftulykke et eller annet sted i verden i løpet av de kommende 40-50 årene er vel strengt tatt ikke en gang betraktet som en svart svane lenger.

Fukushima-ulykken i Japan har som eksempel hatt stor innvirkning på folkemeningene om atomkraft over hele verden; antakelig tydeligst i Tyskland hvor man nesten over natten bestemte seg for å avvike kjernekraftverkene. Vi er ikke i tvil om at hendelser som fremkaller fryktscenarier hos politikere og befolkningen vil påvirke prosessen og kostnadene til fremtidige prosjekter relatert til kjernekraft.

Når det gjelder eksempler på mindre dramatiske hendelser som har hatt stor betydning for prosjektkostnader er det nok å minne om kyrne på Hallandsåsen, som kostet både svenske og norske underjordsprosjekter flere milliarder. Dette er også et eksempel, i hvert fall i Norge, på hva som kan skje hvis konsekvensene av hendelsene gjenspeiles i nærområdet til riksdekkende media. Det vil være en rekke andre forhold som kan medføre værderingsforskjutninger i samhället. Her kan nevnes:

- Nye EU-regler
- Nye store kjernekraftbeslutninger utenlands gjør mange samtidige prosjekter og stor konkurranse om ressurser.
- Ny store avviklingsprosjekter (Tyskland) vil skape et press på hvordan ting gjøres og utfordre den svenske metoden.
- Forutsetningen om friklassing av markarealene til formålet industrimark kan bli endret. Nye premisser om formålet vil forandre forutsetningene for kravbildet og dermed kunne påvirke både gjennomføringstid og kostnad vesentlig. Vi ser allerede at kommunen vil at tomten for Barsebäck-anlegget skal forberedes som del av en kystby. Et slikt vedtak vil ganske sikkert stille mye strengere krav til friklassing av området.
- Myndighetskravene rundt riving av kraftverkene og generell friklassing er ikke på plass.
- Prosessen for å fremskaffe disse myndighetskravene er uklar.
- Rutiner for dialogen med myndighetene er ikke på plass
- Länsstyrelsen eller andre aktører har krav som ikke er på plass.
- Eierkonstellasjonene forandres

Noen av de punktene som er nevnt i det ovenstående er ganske sannsynlige også på kort sikt, mens andre punkter vil fortone seg som lite sannsynlige på kort sikt. Når vi imidlertid skal tenke 50-60 år fram i tid, vil sannsynligheten for at en rekke av punktene kan bidra til værderingsforskjutninger øke kraftig. Vi holder fast ved vår påstand om at bortsett fra en alvorlig hendelse med utslipp ved et av de tre igangværende kraftverkene, vil et skifte til stor skepsis og kanskje frykt i befolkningen, være den alvorligste trusselen på kostnadssiden i prosjektet.

Vi anbefaler at ressursgruppen ved visse mellomrom gjennomføres spesialseanser med systematisk søk etter mulig usikkerhet knyttet til samfunnets krav og forventninger og det som i Plan-rapporten benevnes som ekstremvariasjoner. Resultatet fra disse seansene bør videreføres i fremtidsscenarier for å avdekke virkningen av tenkbare hendelser og for prosjektet uønsket effekt av samfunnsutviklingen. Hvorvidt trusselen fra mulige værderingsforskjutninger betinger krav om økte usikkerhetsavsetninger er en beslutning som må tas av de som er bemyndiget til dette.

Vår leveregel at **alt skal med**. Det er vårt syn at det er en viktig del av analysen å prøve så godt man kan å avdekke også det "utenkelige". Særlig i et prosjekt som dette med lang tidshorison, store kostnadsbeløp og alvorlige konsekvenser. Hvorvidt de forholdene som avdekkes skal ha noen plass i kalkylen bør underlegges en egen vurdering. Noen forhold kan ha liten sannsynlighet, men gjerne svært store konsekvenser hvis de oppstår. I ekstreme tilfeller medfører dette at det ikke gir noen mening å sette av penger til dekning av konsekvensene. Det er likevel viktig at de finnes «på listen» og er gjenstand for jevnlig vurderinger.

## 6 Prosjektets modenhet

Prosjekter utvikles og defineres over tid. Vi sier at prosjektet blir mer og mer modent. Usikkerheten faller og kostnadsestimatene blir mer og mer sikre.

I dette kapitlet henviser vi til generelle publikasjoner om prosjekters modenhet og diskuterer modenheten til objektene i prosjektet Avvikling av svenske kjernekraftverk (?) opp mot erfaringer fra andre typer prosjekt, samt hva dette har av betydning for størrelsen på prosjektets usikkerhet.

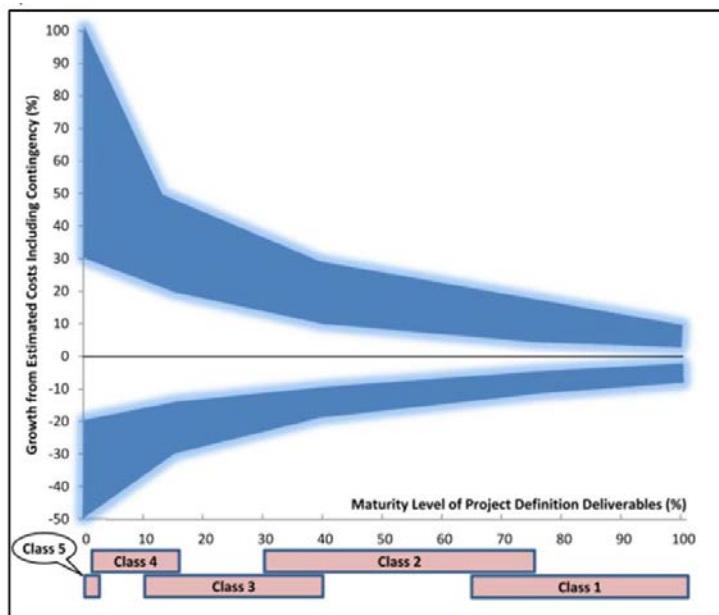
### 6.1 Generelt om modenhet i kostnadsoverslag

Gjennom en normal, rasjonelt forløpende prosjektprosess vil graden av usikkerhet falle. Fra et høyt usikkerhetsnivå i idéfasen vil usikkerheten bli lavere gjennom ulike trinn i prosjekteringsarbeidet, gjennom utviklingsfasen, til et forholdsvis lavt nivå ved start av gjennomføringsfasen (Eikeland 1999). Stadig mer av prosjektets egenskaper defineres med økende detaljeringsgrad, etter hvert som utviklingsprosessen skrider fram. Prosjektet blir mer og mer modent, samtidig som mer bindes opp ved inngåelse av kontrakter som definerer arbeidenes innhold og omfang. Tabell 12 viser en fremstilling av hvordan usikkerhetsnivået er beskrevet å gå ned etter hvert som prosjektet skrider fremover.

Tabell 12 Estimatklasser som viser typisk grad av usikkerhet for de ulike prosjektfaser

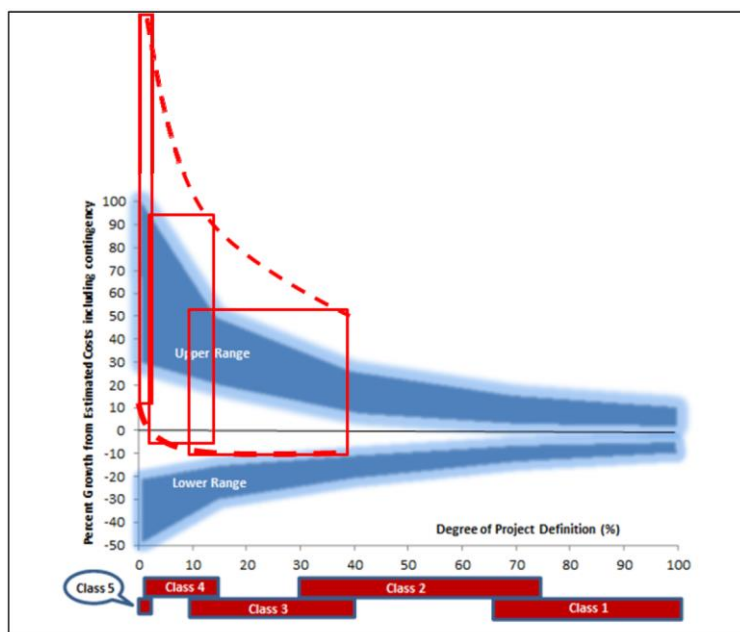
Phase	Project identification			Project definition	
Stage	Project evaluation	Feasibility study	Project development	Concept development	Project definition
Estimate class	A	B	C	D	E
Description	Screening estimates			Budget	
Typical degree of uncertainty	40 %	30 %	20 %	15 %	10 %

Etter hvert som modenheten øker vil usikkerheten normalt gå ned. Mer og mer detaljerte planer og avklaringer/ettertanke er uttrykk for at prosjektet blir mer modent. Figur 7 viser en teoretisk framstilling av hvordan prosjektets modenhet og usikkerhet i kostnader henger sammen, fra AACE International's anbefalte praksis "Cost Estimate Classification System – As Applied in Engineering, Procurement, and Construction for the Hydropower Industry" (Hollmann et. al. 2014).



Figur 7 Usikkerhetsspenn på vannkraftprosjekt avhengig av prosjektets modenhet - en teoretisk framstilling (Hollmann et. al. 2014)

Den teoretiske nøyaktighetsbeskrivelse er av Hollmann et. al. (2014) sammenlignet med praktiske studier fra faktiske vannkraftprosjekter i Canada. Sammenhengen er illustrert i Figur 8. Spennet fra Klasse 5 estimat er i den teoretiske fremstillingen fra -50 % - + 100 %, men fra de empiriske studiene viser spennet seg å være fra + 12 % til + 186 %, med en gjennomsnittlig økning på 64 % (Hollmann et. al. 2014).



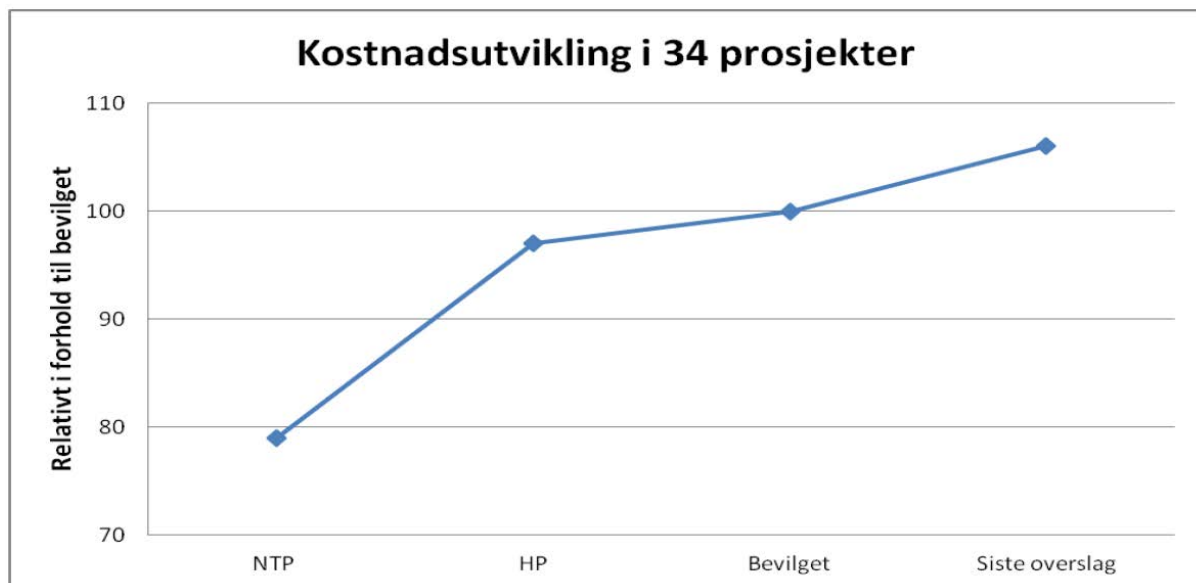
Figur 8 Usikkerhetsspenn på vannkraftprosjekt avhengig av prosjektets modenhet - supplert med observasjoner fra vannkraftprosjekt fra Canada (Hollmann et. al. 2014).

Spørsmålet om modenhet i prosjekter i energisektoren er berørt av Ansar et al. (2014), spesifikt for store damprosjekter for vannkraft. Forfatterne konkluderer, basert på en analyse av 245 store damprosjekter fordelt over hele verden, at store damprosjekter har dårlig historie for overskridelse av kostnadsrammene og at det for nye dammer er et reelt spørsmål om de i det hele tatt kan bli lønnsomme noen gang. Forfatterne anbefaler derfor mindre og raskere tiltak i stedet for å bygge nye

store dammer. De hevder videre at de prosjektene som går over kostnadsrammene også er de samme som blir ferdigstilt for sent og samtidig er de som har en dårlig sosial profil. Når prosjektene går galt går det altså galt på alle vesentlige områder. Gjennomsnittlig ligger faktisk kostnad 96 % over kostnadsestimatene på det tidspunkt prosjektene blir vedtatt, og tre av fire damprosjekter har kostnadsoverforbruk. Poenget vi kan hente ut fra artikkelen når det gjelder modenhet er knyttet til denne kostnadsutviklingen.

Ansar et al. (2014) tar ikke med i sin analyse den lange tidsperioden før prosjektet blir vedtatt. Det er i denne perioden modningen av prosjektet foregår. Resultatene i analysen dokumenterer tydelig konsekvensene av for dårlig modning av prosjektene. Resultatene viser at planleggerens evne til å vurdere den faktiske kostnaden er dårligere jo lenger inn i fremtiden de blir spurt om å vurdere usikkerheten av store damprosjekter. Forfatterne konkluderer at det er planleggingshorisonten som bestemmer graden av kostnadsoverskridelse, og at problemene vil være relevante for alle typer store prosjekter i energisektoren, inkludert kjernekraftanlegg. Ansar et al (2014) avslutter med å anbefale at fremtidige prosjekter bør kalkuleres ved å bruke «the outside view» eller referanseklasse-analyse slik det er foreslått av Kahneman (2011) og hans kolleger. Dette er utvilsomt en god idé, men krever at det finnes en referanseklasse av andre tilsvarende prosjekter å sammenligne med. Det har vi foreløpig ikke når det gjelder sluttoppbevaring av kjernekraftavfall.

Vi har sett på kostnadsutviklingen i noen norske vegprosjekter mellom de viktigste sjekkpunktene i planleggings- og gjennomføringsfasen; fra første gang de ble tatt med i Nasjonal transportplan (NTP), via Handlingsplan (HP), bevilget eller opprinnelig kostnadsoverslag, og til sluttregnskap eller siste overslag. Midlere tidsgap mellom milepælene NTP og Bevilget er ca. 8,5 år, og midlere kostnadsøkning fra første milepæl til sluttkostnaden er ca. 70 %, se Figur 9.



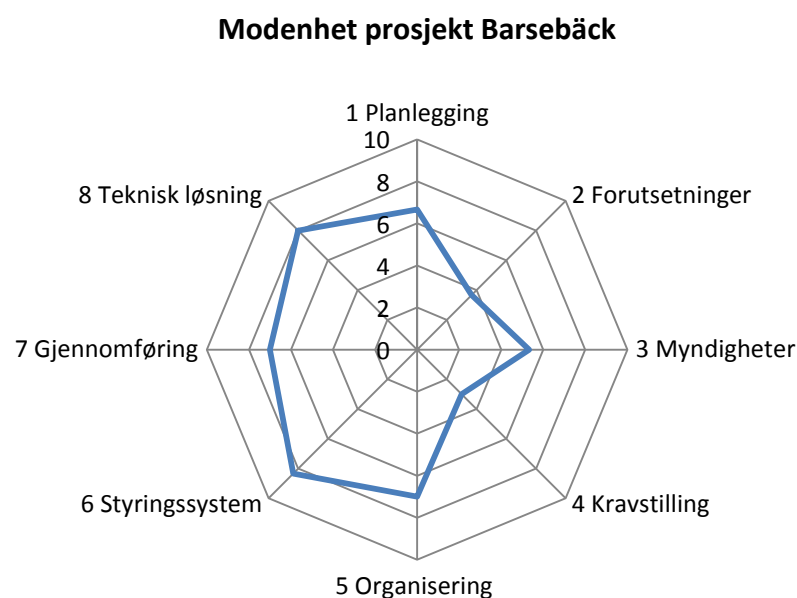
Figur 9 Observasjoner av kostnadsutvikling fra norske vegprosjekt (Torp et. al. 2011).

## 6.2 Om modenhetsvurderinger

På oppdrag for Strålsikkerhetsmyndigheten utarbeidet NTNU våren 2013 rapporten «Kostnadsoverslag og usikkerhetsanalyse for avvikling av Barsebäck Kärnkraftverk» (NTNU (2013). Som en del av usikkerhetsanalysen ble det laget en modenhetsvurdering som tilkjenne gir

vurderingen av prosjektet for rivning av Barsebäck kjernekraftanlegg. Modenhetsanalysen ble utført av en gruppe bestående av eksperter fra SSM, BKAB, Palmermakro og Faveo Prosjektledning. Modenhetsvurderingen inkluderer en karaktergivning på definerte problemstillinger som angår modenheten av prosjektet. Figur 10 viser oppsummering av resultatene fra modenhetsvurderingen fra et eget regneark. Verktøyet for modenhetsvurderinger lages spesielt til hver enkelt prosjekttype. Dette verktøyet er følgelig utviklet for denne spesifikke analysen.

Modenhetsvurderingen er en vurdering av de planer og forutsetninger som er lagt til grunn i prosjektet på analysetidspunktet. Skalaen går fra 0 (helt umodent) til 10 (fullstendig modnet). Ut fra vurderingen kan en se hvilke områder av prosjektet som er best definert, og hvilke som det gjenstår mye arbeid på, som ikke er kommet så langt i planleggingen og som dermed kan være umodne.



Figur 10 Resultatene fra modenhetsvurderingen av rivning av Barsebäckkraftverket (NTNU 2013).

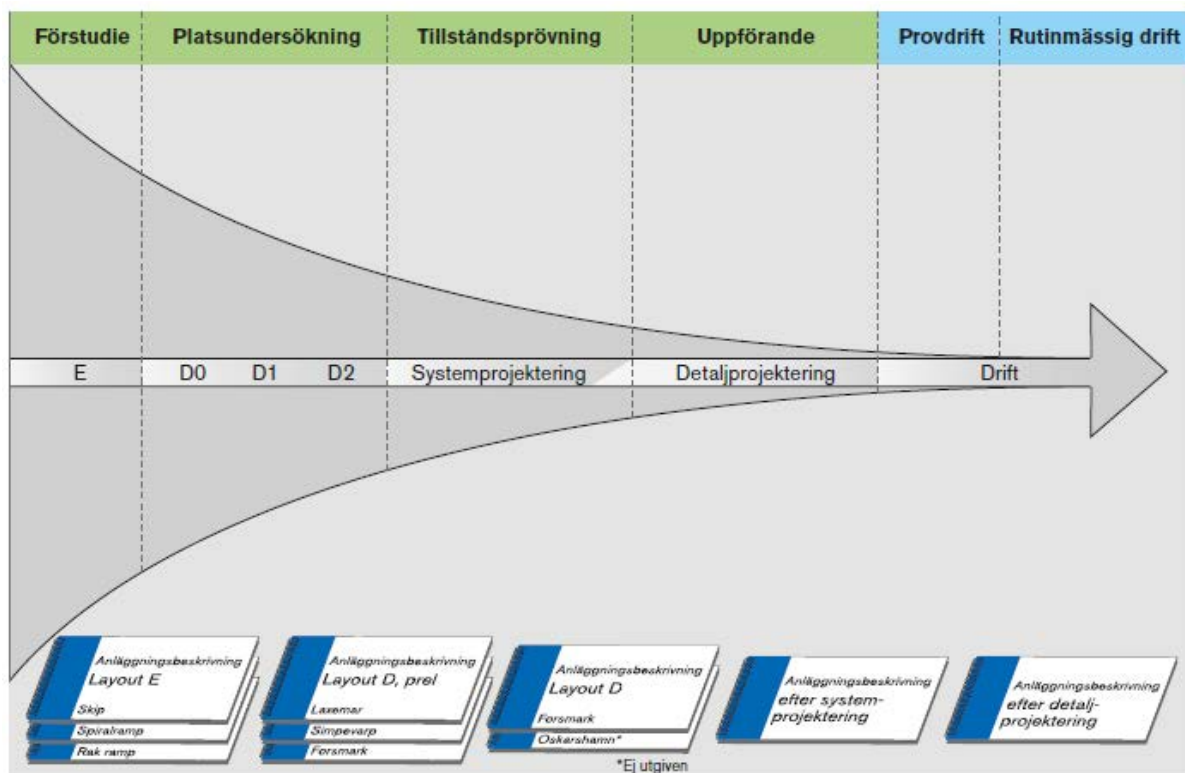
Modenhetsvurderingene ble gjennomført på detaljert nivå med tre ulike parametre for hver av de 8 områdene i diagrammet i Figur 10.

Profilen som fremkom av modenhetsvurderingen for prosjektet avvikling og rivning av Barsebäck-anlegget bekrefter at prosjektet har prioritert de områdene som den utførende organisasjonen BKAB har mest kontroll over selv, ref. venstre side i diagrammet. Teknisk løsning, gjennomføringsmåte og styringsystem for gjennomføringen er på et velutviklet stadium i forhold til stadiet prosjektet er i. Også plan og organisering for gjennomføringen er på et godt nivå på dette tidlige tidspunkt som en skal kunne forvente. Kontakten med myndigheter er etablert, men modenheten er betydelig mindre i forhold til enkelte sentrale forutsetninger for planlegging og kravstillingen for friklassing av anlegget og rivemassene. SKB kan ikke alene være ansvarlige for de områdene som ligger til høyre i Figur 10. Poenget er at manglende modenhet i disse områdene får konsekvenser for prosjektet og prosjektets kostnader.

På side 9 i Supplement til Plan 2013 (SKB 2013b) sies det at det i år *Særskild er lagt vekt på bedømme «mognadsgraden» hos de ulike kalkyleobjektene, dvs. hvor nære et slutligt utførende man befinner seg. Denne bedømning har haft en viss betydelse for omfattningen av de såkallade objektsvariasjonene.* Hvordan er denne modenhetsvurderingen utført og hvilke konsekvenser har den hatt?

Som vi ser er noen av de største postene blitt betydelig dyrere fra 2007 til 2010. Dette skyldes delvis endrede forutsetninger (Clab) og delvis ny kunnskap (SKB, FUD og Avvikling). Det har også kommet en betydelig kostnadsøkning fra 2010 til 2013. Ettersom utredninger pågår fortløpende og gir stadig ny kunnskap er dette ikke unaturlig. Prosjektet blir mer og mer modent. Det er likevel uheldig at kostnaden går opp for hvert nytt kunnskapsbidrag. Et sentralt spørsmål er da hvor vi står i utviklingsløpet. Nærmer vi oss et tidspunkt hvor prosjektet og konseptene er så modnet at vi kan begynne å stole på at kostnadsbildet stabiliserer seg og dermed at den forventede kostnaden flater ut? Eller vil denne utviklingen fortsette i de påfølgende planrapportene også? I forbindelse med modenhetsanalysen bør det også vurderes om det er objekter hvor man kan ha et betydelig etterslep i reell oppdatering av kostnadsbildet.

Alle analyser er avhengige av et godt vurderingsgrunnlag. I prosjektet for sluttlagring av svensk kjernekraftavfall er det stor forskjell på hvor langt de forskjellige objekter er ført rent planleggingsmessig, og dermed stor forskjell på modenheten til objektene og påliteligheten i vurderingsgrunnlaget. Når det gjelder prosjektering benytter SKB en stegvis modell, fra en generisk anleggningsutforming, Layout E til en beskrivelse som viser anlegget som det er bygd. Modellen er vist i Figur 11.



Figur 11 Stegvis modell for prosjektering, benyttet av SKB (SKB 2009).

Følgende viser SKB's vurdering av de ulike objektene og hvor langt de er ført i planleggingen (Se vedlegg 3):

*“Clab, SFR och transportsystemet är i drift och där finns erfarenhetsdata avseende både investerings- och driftskostnader. Inkapslingsanläggning, Kärnbränsleförvaret och utbyggnaden av SFR har passerat layoutsteg D2. Kapseltillverkning, SFL samt avveckling och rivning av kärnkraftverken har en mognadsgrad motsvarande layoutsteg E. Mognadsgraden i vår tillämpning rör enbart objekten, således ej de generella variationerna.”*

Vi har strukturert de ulike objektene etter deres Layoutsteg/modenhetsgrad, med tanke på å finne hvor stor andel av prosjektet (andel av kostnadene) som befinner seg på de ulike layout-steg. SKB påpeker at modenhetsgraden ikke berører de generelle variasjonene. Med dette som bakgrunn har vi benyttet Referenskalkylen som grunnlag for å koble kostnadsandel av prosjektet med modenhet. Tabell 13 viser de ulike objektene, deres Referansekalkyle inkludert EEF og objektenes layoutsteg. Vi har ikke tatt med Kalkyleobjekt SKB i denne oversikten.

Tabell 13 De ulike objektene i prosjektet og deres modenhetsgrad.

Objekt	Referens med EEF (MRD SEK)	Layoutsteg	Antatt usikkerhetsnivå jfr Layoutsteg
Clab	8,5	Drift	10 % ?
SFR (drift)	0	Drift	10 % ?
Transportsystemet	2,3	Drift	10 % ?
Innkapslingsanleggning	5,8	Systemprosjektering	25 % ?
Kärnbränsleförvaret	22,2	Systemprosjektering	25 % ?
Utbyggnad av SFR	4,0	Systemprosjektering	25 % ?
Kapseltillverkning	6,1	Layout E	40 % ?
SFL	1,2	Layout E	40 % ?
Avveckling oc rivning av kärnkraftverken	23,4	Layout E	40 % ?
Totalt:	73,5	?	?

Ut fra beskrivelsen av status for de ulike objektene som vi har mottatt fra SKB ser vi at en stor andel av kostnadene fortsatt er på Layout E. Ca 42 % av kostnadene er knyttet til objekter som er på Layout E. Sammenligner vi Layout E med tilsvarende stadium for de norske vegprosjektene er det på tilsvarende nivå et krav at usikkerheten, i form av et standardavvik, skal være mindre enn 40 %. Våre observasjoner fra gjennomførte vegprosjekt viser at usikkerheten er større enn 40 % på dette stadiet (Torp et al. 2011). Hollmann et. al. (2014) viser også at usikkerheten i Canadiske vannkraftprosjekter er større enn 40 % på dette stadiet.

Ca. 44 % av kostnadene er knyttet til objekter som har passert Layout D2, og som således befinner seg på steget Systemprosjektering. Dette steget vurderer vi som sammenlignbart med Kommuneplan for de norske vegprosjektene hvor kravet til usikkerhet er 25 %. Vår vurdering er at usikkerheten er minst 25 % på dette stadiet, noe som også stemmer overens med Hollmann et. al. (2014).

Ca 14 % av kostnadene er knyttet til investeringer på objekter som er i drift. Usikkerheten på kostnadene her er i utgangspunktet lav. Hvor lav er vanskelig å si da vi ikke har tilsvarende sammenlignbare analyser av anlegg som er i drift. Men la oss anta at usikkerheten er ca. 10 %. Dette kan nok være en snill betraktning, da vi ser at usikkerheten knyttet til Clab og investeringer i Clab fortsatt ser ut til å være stor.

Hvis vi baserer oss på Hollmann et. al. (2014) sine resultater istedenfor hva som er kravet til usikkerhet i prosjekter hos Statens Vegvesen i Norge ville usikkerheten på alle nivåene vært høyere enn det vi har beskrevet som antatt usikkerhetsnivå på ulike layout-steg.

Basert på våre observasjoner av modenheten til prosjektet og modenheten til objektene som prosjektet består av vil vi hevde at den beregnede usikkerheten er for liten. Usikkerheten burde vært betydelig høyere enn et standardavvik på 10 %. Hvis vi bruker antatt usikkerhetsnivå for de ulike stegene som vist i Tabell 13 og betrakter andel av kostnader som er på de enkelte steg kan vi resonnerer oss frem til at tyngdepunktet av kostnader ligger mellom Systemprosjektering og Layout E, noe som skulle tilsi en usikkerhet som er større enn 25 % for prosjektet som helhet. I Tabell 14 gjøres en enkel betraktning av hvilket nivå usikkerheten bør ligge på.

Tabell 14 Enkel vurdering av usikkerhetsnivået totalt for prosjektet basert på objektenes modenhet.

Steg	Andel av total kostnad	Antatt usikkerhet	Vektet middel
Drift	14 %	10 %	$0,14 * 10 \% = 1 \%$
Systemprosjektering	44 %	25 %	$0,44 * 25 \% = 11 \%$
Layout E	42 %	40 %	$0,42 * 40 \% = 17 \%$
Gjennomsnittlig total usikkerhet:			Sum: $1 + 11 + 17 = 29 \%$

Tabell 14 viser en enkel betraktning og må ikke på noen som helst måte betraktes som eksakt. Men den viser at total usikkerhet for prosjektet kan ligge på nivå med et standardavvik på +/- 25 – 35 %. I Figur 10 viser vi vårt bilde av modenheten til rivningen av Barsebäck-kraftverket. Vår vurdering er at også for prosjektet som helhet er de tekniske løsninger, gjennomføring, styringssystem etc. nokså modent, mens på den andre siden så er forutsetninger, myndighetene, kravstilling etc. mye mindre modent. Vi antar at dette gjelder for alle objekter, med unntak av det som allerede er i drift. Dette kan medføre at selv om en har kommet langt på de tekniske løsningene vil løsningene kunne måtte endres når modenheten i kravstilling, myndigheter og forutsetninger øker.

### 6.3 Anbefalinger om modenhet

I Plan 2013 (SKB 2013a) er det påpekt at under vurdering av hvert enkelt objekt er modenheten diskutert før vurderingene av usikkerhet ble gjort. Vi finner imidlertid ikke noe særlig i beskrivelse av hvert enkelt objekt hvordan denne vurderingen ble gjort og hvordan den påvirket usikkerhetsnivået til de ulike objektene.

Ut fra våre vurderinger i dette kapitlet, basert på en vurdering av modenheten til de ulike objektene i prosjektet, er et standardavvik på 10 % for lite i et prosjekt hvor «tyngdepunktet av modenheten» til prosjektet ligger mellom Layout E og Systemprosjektering. Vi har resonnerert oss fram til at basert på modenhetsperspektivet vil et usikkerhetsnivå på 25 – 35 % kan være fornuftig. Vi anbefaler at SKB

gjør en mer inngående modenheitsvurdering, samt inkluderer en diskusjon av hva slags betydning objektenes modenhet har på den totale usikkerheten i prosjektet.

## 7 Gjennomføringsusikkerhet - organisasjon og opphandling

En god prosjektmodell, gjennomføringsmodell og en god prosjektorganisasjon viser seg som sentrale suksessfaktorer ved gjennomføring av prosjekter. I dette kapitlet diskuterer vi disse temaene generelt, samt vår oppfatning av hvor langt SKB har kommet på disse temaene og hvor synlige disse temaene er i SKB's usikkerhetsanalyse.

### 7.1 Prosjektmodeller, gjennomføringsmodeller og prosjektorganisasjoner

Alle større organisasjoner implementerer institusjonelle rammeverk som strukturerer hvordan beslutninger tas om nye investeringer, hvilke prosesser et forslag skal gjennom, hvem som kan ta beslutninger og på hvilket grunnlag. Dette uttrykkes ofte i organisasjonens prosjektmodell, og det finnes mange ulike modeller. Prosjektmodellen definerer prosjektfaser som skiller av beslutningspunkter - Decision Gates (DGs). Prince2, Ericsson sin PROPS-modell og Statoil sin Capital Value Process er kjente eksempel på slike prosjektmodeller.

Prince2 er utviklet av Office of Government Commerce (OGC) for myndighetene i UK og er en av verdens mest utbredte prosjektmodeller i dag. Prince2 (**PR**ojects **IN** **C**ontrolled **E**nvironments) består av en rekke prosesser, temaer og prinsipper for god prosjektgjennomføring. Metoden legger også stor vekt på ansvar og myndighetsfordeling slik at alle som jobber i et prosjekt har en klar forståelse for hverandres roller og behov. Det finnes en tydelig struktur for ansvar, delegering, myndighet og kommunikasjon. Gjennom metodens produktfokus blir det klart for alle involverte hva prosjektet skal lede til, hvorfor, når, fra hvem og til hvem. Dette er rammeverket de fleste måler seg mot i dag. Prince2 er også den raskest voksende sertifisering innen prosjektledelse internasjonalt (Prince2 2014).

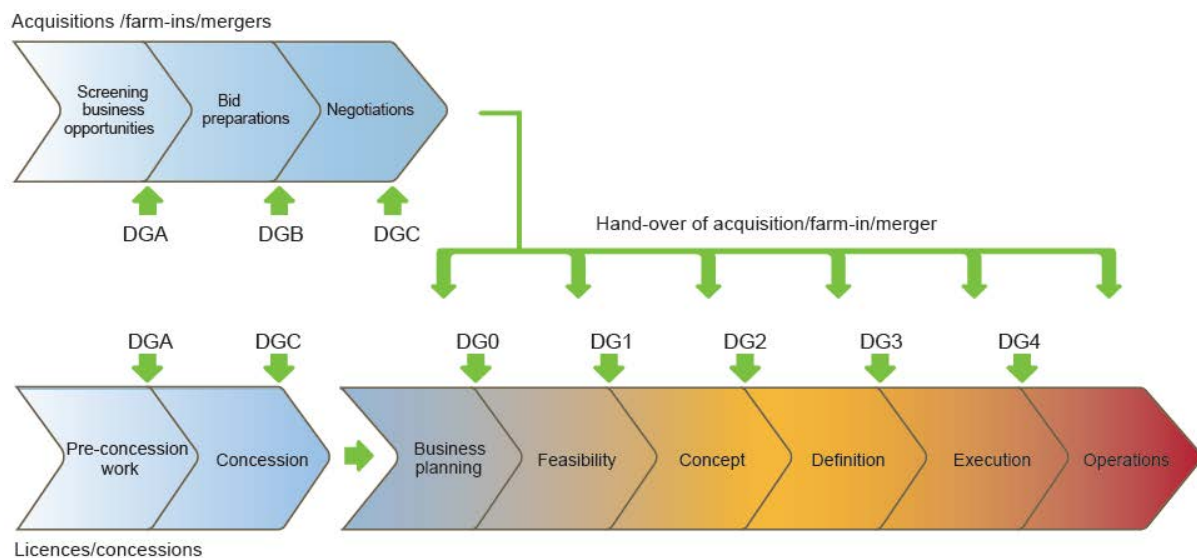
En tidlig prosjektmodell som har fått stor utbredelse er en modell utviklet av LM Ericsson AB, som allerede i 1989 introduserte en felles metodikk for å håndtere prosjekter, spesielt produktutviklingsprosjekter (Eskerød og Riis 2009). Metodikken ble kalt for PROPS. PROPS besto av flere verktøy som inkluderte en vel definert fasemodell og en uniform rapporteringsstruktur. Fasene var separert av beslutningspunkter kalt tollgates for beslutninger gjort utenfor prosjektet og milepæler for beslutninger gjort innad i prosjektet (Eskerød og Riis 2009). Ericssons modell ble etter hvert veldig populær og den har vært grunnstenen for mange av de prosjektmodellene som eksisterer i dag.

Semcon (2014) har videreutviklet PROPS i sin modell XLPM. XLPM er en modell som deler arbeidssettet i tre ulike områder, styrende prosess, ledelsesprosess og operativ prosess. XLPM har seks ulike tollgates for styring av prosjektet. Disse benevnes:

- TG0 Beslut att starta projektanalys
- TG1 Beslut att starta projektplanering
- TG2 Beslut att etablera projektet och starta projektgenomförandet
- TG3 Beslut att fortsätta genomförandet enligt ursprunglig eller reviderad plan

- TG4 Beslut att överlämna projektets slutresultat till intern mottagare och extern kund (i förekommande fall)
- TG5 Projektets slutresultat accepterat, beslut om att starta projektavslutning

Figur 12 viser Statoils Capital Value Process (Statoil 2014) som også bygger på tradisjonen fra PROPS-modellen. Det mest fremtredende elementet i prosjektmodellen er hvordan nye prosjekter blir besluttet igangsatt (fasen inn i organisasjonens prosjektportefølje). Vurdering av kapitalbehov og risiko er naturlige kjernesporsmål.



Figur 12 Statoil sin prosjektmodell: Capital Value Process.

En viktig suksessfaktor for et prosjekt er en godt fungerende og innarbeidet prosjektmodell. Prosjektmodellen suppleres med retningslinjer/prinsipper for hvordan prosjekter skal gjennomføres når de først er vedtatt. Begrepet gjennomføringsmodell omfatter gjerne begrepene Kontraktstrategi samt prosjektets organisasjonsmodell med regler for ressursallokering og rapportering. Prosjektorganisasjonens roller og mandater er naturlige elementer.

Gjennomføringsmodellen fastlegger hovedtrekkene for prosjektorganisering og byggeprosess, anskaffelsesprosess, kontraktsformer, ansvarsdeling og risiko (Eikeland 1999). Lædre (2009) benytter kontraktstrategi om anskaffelsesprosessen inklusiv ansvarsfordeling og risiko. Kontraktstrategi (angrepspunkter/rekkefølger/progresjon, samarbeidsform/kontrakter, håndtering av usikkerhet) innebærer også stor usikkerhet i prosjekterets tidlige faser, der ingenting knyttet til kontraktstrategien er avklart og markedssituasjonen er ukjent slik at en ikke vet hva som er den beste strategien.

En viktig suksessfaktor for gjennomføring av prosjekter er en godt fungerende organisasjon, herunder riktig kompetanse, kunnskap og god nok kapasitet. Prosjektorganisasjonen dukker også svært ofte opp som en av de største usikkerhetene i forbindelse med usikkerhetsanalyser på tidlige stadier av prosjekter (Torp et al. 2006). En godt fungerende prosjektorganisasjon kan gi store kostnadsbesparelser for prosjektet ved at den unngår problemer og utnytter muligheter. På den andre siden kan en prosjektorganisasjon som ikke har tilstrekkelig kompetanse eller kapasitet være

et bidrag til kostnadsøkninger i prosjektet. Usikkerheten ligger i at det er vanskelig å vite om en vil lykkes i å sette sammen en prosjektorganisasjon som fungerer optimalt så lenge det er langt fram og en ikke kjenner de individene som skal inn i organisasjonen.

Et viktig hensyn i vurderingen av behov for kompetanse er hva som trengs i de ulike fasene (stadiene) av prosjektets utvikling. I tidlige faser er behovet stort for kompetanser som handler om å forstå behovene og finne gode prinsippløsninger samt sikre at rammebetingelser og forutsetningene for en vellykket gjennomføring er til stede. Kompetanse og kapasitet under planlegging er også viktig, da er teknisk kompetanse og detaljkunnskap om materialer, utstyr og regler avgjørende. Prosjektet skal etter hvert over i en utførelsesfase, og da er gjennomføringskompetanse, sikkerhet og logistikk sentrale kompetanseområder. Det betyr at prosjektorganisasjonen må forventes å forandre seg mange ganger gjennom prosjektets løp.

SKB har sagt at de vil benytte seg av Vattenfalls prosjektmodell, som igjen bygger på PROPS. Modellen de vil benytte bygger dermed på velkjent, utprøvd metodikk og er en modell som kan sies å representere god praksis. Det er for oss uklart hvor langt SKB har kommet i å definere og implementere modellen, samt hvordan en kvalitetssikring i forbindelse med beslutningspunktene skal foregå. For et prosjekt som skal gå over såpass mange år vil det imidlertid være stor usikkerhet i en slik modell.

Vi mangler god oversikt over hva som gjøres i prosjektet med etablering av planleggings- og gjennomføringsorganisasjonen, kontraktstrategier, og hvordan en tenker opplegg for prosjektledelse, usikkerhetsstyring og opphandling. Ettersom vi forstår er det kraftverkseierne som vil stå ansvarlig for rivningsarbeidene knyttet til hvert kraftverk. For det resterende arbeidet er vår forståelse at det er SKB som skal bygge opp en gjennomføringsorganisasjon, og som dermed blir ansvarlig for gjennomføringen av disse delene av prosjektet. Hvordan kraftverkseierne og hvordan SKB fyller rollene (prosjekteier, prosjektledelse, kvalitetssikring), hvordan det tenkes rundt kontraktstrategi og opplegg for prosjektledelse er så vidt oss bekjent ikke på plass enda.

## **7.2 Våre forslag om gjennomføringsstrategi på dette stadiet**

Det er ikke overraskende at det ikke er så mye som er avklart rundt etablering av planleggings- og gjennomføringsorganisasjonen siden det er mange år til planlagt oppstart av selve arbeidet. Men dette bør gjenspeiles i stor usikkerhet knyttet til organiseringen, kontraktstrategi og prosjektledelse i usikkerhetsanalysen. Så lenge lite er på plass er det en betydelig usikkerhet, også for kostnadssiden i prosjektet. Vi har ikke full oversikt så det er mulig dette er beskrevet i andre rapporter hos SKB. Hvis ikke det er beskrevet andre steder mener vi at PLAN-rapportene burde inneholde en beskrivelse med planer for oppbygging av gjennomføringsorganisasjonen, kontraktstrategier og usikkerheter knyttet til disse temaene.

Her er noen spørsmål vi ville tenkt gjennom nå: Hvem er prosjekteier? Hvordan er de vesentlige rollene i prosjektet definert og hvordan skal de bemannes? Hvem skal stå for prosjektledelsen? (på organisasjonsnivå – ikke personnivå på så tidlig stadiet som prosjektet befinner seg ennå). Hvordan skal beslutningsunderlag og planer kvalitetssikres, og av hvem? Alternativt kan en snu på problemstillingen: Hva er rollen til SSM, SKB, Vattenfall, etc. i det fremtidige prosjektet? Punktene nedenfor er en liste over momenter som med fordel kan besvares tidlig:

## Generelt

- Etter hvert skal det bygges opp en gjennomføringsorganisasjon med ansvar for å bestille og kontrollere de oppdrag som gjennomføring av avfallshåndteringen krever. Vi anbefaler en egen beskrivelse i rapporten om planer for oppbygging av gjennomføringsorganisasjonen og usikkerhetene knyttet til denne.

## Prosjektmodell bør definere:

- Roller og ansvar
- Beslutningspunkter/Faser
- Krav til beslutningsunderlag
- Kvalitetssikring av underlaget

## Gjennomføringsstrategi bør beskrive:

- Angrepspunkter/Rekkefølger/Progresjon
- Samarbeidsform/Kontrakter
- Håndtering av usikkerhet

## Usikkerhetsstyring

Forslag til videre arbeid er å skaffe oversikt over hva som allerede gjøres i prosjektet og hvilke planer som foreligger med tanke på usikkerhetsstyring. Usikkerhetsanalysene i tidlig fase skal konvertere over til aktiv usikkerhetsstyring i gjennomføringsfasen. Dette vet vi er en utfordring i de fleste organisasjoner.

- Samtidig bør det etableres et rammeverk for hvordan usikkerhetsstyringen i prosjektet skal være, med krav til innholdet. Konkrete temaer kan være:
  - Strategisk tenkning rundt usikkerhetsstyring
  - Klarlegge kravene til usikkerhetsstyring.
  - Klarlegge målene og prinsippene for usikkerhetsstyring
  - Suksessfaktorene for god usikkerhetsstyring
  - Suksesskriteriene for god styring
- Deretter må det som mangler utvikles og implementeres. Eksempler på konkrete oppgaver:
  - Hvordan kan en innrette seg organisatorisk og praktisk slik at en kan få til god usikkerhetsstyring.
  - Systematikk for å velge prosjektteam ut fra usikkerhetsbildet og kompetansekrav
  - Operasjonalisering av usikkerhetsstyring
  - Veileder for gjennomføring av usikkerhetsstyringen

## Organisasjon for planlegging og gjennomføring

- Hvem skal gjøre hva?
- Hva skal SSM, SKB, og andre gjøre?

## Marked, ressurstilgang og kontrahering

- Hvordan sjekke ut tilgang på kompetanse (hva om kompetansen mangler i markedet?)
- Kartlegge konkurransesituasjonen (mange tilsvarende prosjekter på samme tid?)
- Hvordan opphandle til et så stort og langvarig prosjekt (prinsipper og strategier)
- Hvordan kommunisere med og eventuelt bidra til å utvikle markedet?
- Hvilke kontraherings (opp-handlings-) virkemidler og kontraktsformer er egnet i denne typen prosjekter?

Med dette er vår intensjon å vise frem en rekke vurderinger som vi mener er sentrale i et prosjekt av den størrelse og type som det vi omhandler her. Selvsagt er det mye av dette som er uavklart på et så tidlig stadium som dette prosjektet befinner seg nå, men det er vår erfaring at disse problemstillingene ofte har blitt tatt opp for sent i store offentlige investeringsprosjekter og at gode alternativer derfor har vært umulige å velge når problemstillingen endelig kommer opp. Det anbefaler derfor sterkt å gjøre overordnede vurderinger tidlig, men å være åpen for tilpasninger etter hvert som mer kunnskap blir tilgjengelig. Etersom disse strategiene har stor innvirkning på kostnaden bør det være naturlig å inkludere denne typen vurderinger i usikkerhetsanalyser i tidlig fase.

## 8 Arbeidsmåte i analyseprosessen

Hvordan en usikkerhetsanalyse gjennomføres i praksis har stor betydning for hvor godt resultatet av analysen blir. Vi har derfor vurdert SKB sin metodikk ut fra dette perspektivet.

### 8.1 Grunnlaget for vurderingen av analysen

Vurdering av SKBs Plan 2013 (SKB 2013a), Plan 2013 Supplement (SKB 2013b) og Underlag Plan 2013 (SKB 2013c): Osikkerhetsanalysen i Plan 2013 – tillämpad metodik och genomförande av analys, og anvendelsen av Lichtenberg og Borg (2011): Granskning av SKB:s användning av den successiva kalkylmetoden – undersökning av SKB:s kostnadsberäkningar för Plan 2010. Hovedvekten er lagt på (SKB 2013c) ettersom dette er den mest detaljerte og konkrete beskrivelsen av metodikken. Supplert med notater fra møte med SKB og dialogen etterpå, se vedlegg 1, 2 og 3.

Dokumentene (SKB 2013a,b,c) forutsetter at leseren er kjent med successiv metodikk og beskriver kun SKB sin tillempling og bruk av metoden. Dette vurderes som akseptabelt da metoden er publisert og velkjent i relevante fagmiljø. Her vurderes ikke i hvilken grad teksten er godt skrevet eller velegnet for kommunikasjon med spesifikke målgrupper som myndigheter, media eller legfolk.

Successivmetoden oppgis som modifisert utfra en todelt begrunnelse: a) Kompleksiteten i underlaget kombinert med en svært lang tidsperiode i analysen, ref. kravene til plankalkylen. Dette kan være en relevant begrunnelse. b) For å holde tiden for analysen på et rimelig nivå. Denne begrunnelsen synes noe søkt, da det ikke er noe i den grunnleggende successivmetoden slik den praktiseres i dag som tilsier at det krever spesielt lang tid. Tidsbruken i denne analysen er imidlertid et tema for seg som vi skal komme tilbake til.

Vi vil ta for oss metodikken på 3 spesifikke områder som vi mener er spesielt viktige for en vellykket usikkerhetsanalyseprosess:

1. Grunnleggende forutsetninger og målsetting med analysen
2. Gruppeprosess og gjennomføring
3. Usikkerhetsforståelse og vurderinger

Innenfor disse tre områdene vurderes premissene i dokumentene (SKB 2013a,b,c) og vurderingene til Lichtenberg og Borg (2011) opp mot den generelle metoden og norsk erfaring med metoden spesielt.

En kan vurdere om en metode er benyttet i samsvar med forutsetningene for metoden uavhengig av resultatet, men når det konstateres avvik eller svakheter må disse også vurderes opp mot resultatet av prosessen. Et grunnleggende spørsmål som må stilles når analysegruppe og metodikk skal vurderes er om resultatet det har brakt fram er godt. Dette gjelder i ennå større grad for vurderingen av modelleringen og estimeringen som kommer i de neste kapitlene.

Resultatet av kostnadsalkylen er vist på en god måte i (SKB 2013b) Figur 5-1 side 50 og Tabell 5-4 side 51. Her sammenlignes resultatet av Plan 2013 med Plan 2010. Vi kan naturligvis ikke vite hva den riktige totalkostnaden er. Derfor vil vi bare kommentere på et enkelt begrep som er sentralt i en usikkerhetsanalyse: den totale usikkerheten – normalt oppgitt ved størrelsen på standardavviket (eller variansen) til totalkostnaden. Denne relative størrelsen er generisk av natur og hjelper oss å

sammenligne med andre prosjekter vi kjenner til, uten at vi trenger å kjenne i detalj til den aktuelle usikkerheten i dette spesielle tilfellet.

Totalkostnaden er i Plan 2013 oppgitt til MSEK 100.760, og tilsvarende MSEK 90.750 i Plan 2010, ref. Tabell 3-1 side 7 flik 10 i (SKB 2013c). Tabell 5-4 i (SKB 2013b) oppgir standardavviket for totalkostnaden i Plan 2013 til 10,4 % (tilsvarende 9,3% for nåverdien). Tilsvarende størrelse var i 2010 14,0 % (12,8 %). Usikkerhetspåslaget (tilsvarende det vi kaller forventede tillegg) utgjorde i Plan 2013 21,6 % (15,8 %) av Kalkyle 40 (real) som er den deterministiske grunnkalkylen. Tilsvarende størrelse var i 2010 16,3 % (13,8 %).

Fra 2010 til 2013 har totalkostnaden gått opp med 11 %, samtidig har det forventede tillegget økt med 5,3 prosentpoeng og usikkerheten (standardavviket) gått ned med 3,6 prosentpoeng. Dette kan karakteriseres som et resultat som sier at usikkerheten er betydelig redusert ved at mange tidligere usikre momenter er identifisert og tatt inn i kalkylen. Logikken synes rimelig.

I modenhetskapitlet (kapittel 6) påpekes imidlertid at den totale størrelsen på totalusikkerheten i form av standardavvik er for lav til å være troverdig for et så stort og komplekst prosjekt i så tidlig fase. Et standardavvik på 10,4 % er altfor lite til å gjenspeile virkeligheten. Institutt for bygg, anlegg og transport har erfaring fra kostnadsestimering av store, komplekse prosjekter over mer enn 20 år. Dette resultatet er ikke i samsvar med erfaringsmessig nivå på usikkerheten i den fasen dette prosjektet befinner seg i.

Nivået på den uttrykte usikkerheten i Plan 2013 har gått betydelig ned sammenlignet med Plan 2010. Dette hadde vært naturlig dersom vi kunne se på de tre årene i mellom som en betydelig del av den totale prosjektperioden. Det er det imidlertid ikke i dette tilfellet. Tre år er ikke en betydelig del av den totale tiden som strekker seg over 60 år eller mer. Derfor har vi liten tro på at modningen i denne perioden tilsvarer en mye sikrere vurdering i 2013 enn i 2010, ref. brattere kurve (SKB 2013b, figur 5-1). Den reduserte usikkerheten kunne også være et resultat av at de store og konfliktfylte spørsmålene har funnet sine løsninger og blitt akseptert i perioden. Vi kan heller ikke se at dette er tilfelle.

Det er viktig å legge merke til at det er lagt inn mer kostnad for å dekke forventet utslag av usikkerhet i totalkalkylen i Plan 2013 sammenlignet med Plan 2010. Rent teknisk kan dette samsvare godt med lavere standardavvik. Dersom en tar tidligere usikre elementer eller forutsetninger og tar inn kostnaden i kalkylen vil dette slå ut slik på kalkylen. Vi regner med at dette delvis kan forklare utviklingen. Det vi har problem med å akseptere er at dette slår så sterkt ut på usikkerheten i dette kostnadsoverslaget som fortsatt må sies å være tidlig i sin modning og der store avgjørende spørsmål ennå ikke er besvart.

## **8.2 Grunnleggende forutsetninger og målsetting med analysen**

Kapittel 3.1 s 5 (SKB 2013c) sier at usikkerhetsanalysen skal omfatte kostnaden for samtlige tiltak som trengs for å håndtere det brukte kjerneavfallet og andre reaktive restprodukter samt avvikle og rive kjernekraftverkene. Dette synes i samsvar med det grunnleggende prinsippet for successivmetoden at alt skal med og ingenting utelates ved å definere «faste forutsetninger» som eliminerer vesentlige usikkerheter. Det er likevel slik at mandatet utformet av oppdragsgiver kan innebære begrensninger som fremstår som faste forutsetninger. Noen metodiske forutsetninger er

også nødvendig å definere for å kunne gjennomføre en analyse. Eksempler kan være analyseperiode (start – slutt), hvilket prosjekt som analyseres og hva det omfatter.

I SKBs analyse er det definert og beskrevet til sammen 11 faste forutsetninger, presentert under Flik 9 s 5 – 7 (SKB 2013c). Av disse kan følgende karakteriseres som forankret i mandatet fra oppdragsgiver eller analysetekniske forhold: Bare kostnadssiden med i analysen, kun de kostnadene som ligger til grunn for avgifter og sikkerhetsstillelse (ref. 3.3 kalkylestruktur), prisnivå 2013, samfunnssystemet består, kun svenske kjernekraftverk, håndtering innenfor Sveriges grenser. Ingen forlengning av overvåkingen er en type forutsetning som vanligvis er usikker og ikke bør være en fast forutsetning. Analyseperioden kan imidlertid defineres som en nødvendig analyseteknisk avgrensning da det ikke er mulig å vite hvor lang tid det kan vare og dermed kan gå mot uendelig. Både ut fra behov for en definert analyseperiode, og fordi dette forhold er definert ved lov kan det aksepteres som fast forutsetning i analysen.

Dette tilsier at 5 «faste forutsetninger» gjenstår som ikke synes forankret i mandatet eller er nødvendige for å kunne gjennomføre analysen. Vårt syn på disse kan kort oppsummeres slik:

- Mengden kjerneavfall er usikkert og bør ikke være fast forutsetning.
- Type og sammensetting av kjerneavfallet er usikkert og bør ikke være fast forutsetning.
- Reaktorhavari og andre dramatiske hendelser som ikke bare vil påvirke kostnaden til lagring men også påvirke opinionen i forhold til kjernekraft og mulighetene for å kreve inn nødvendig avgift bør ikke være fast forutsetning, men det er mulig å sette begrensninger på hvilke konsekvenser som tas med i analysen (ref. analyseforutsetningene).
- Lagringsmetoden er et omstridt designvalg og derfor usikker. Bør ikke være fast forutsetning.
- Ikke ta igjen avfallet som ressurs senere. Dette er en usikker antakelse/designvalg som ikke bør være fast forutsetning for kalkylen.

Faste forutsetninger i analysen er grundig omhandlet i kapittel 4 i rapporten.

### **8.3 Gruppeprosess og gjennomføring**

Det er utviklet et sett av retningslinjer for god gjennomføring av suksessiv kalkulasjon og usikkerhetsanalyser. Disse antas kjente (i samsvar med SKBs premiss) og gjengis derfor ikke her.

Analysegruppens sammensetning er i følge SKB forsøkt optimalisert for å sikre tverrfaglig kompetanse og bred sammensetting. Dette kan synes å ha lyktes til en viss grad. Av gruppens 11 medlemmer er 4 kvinner og det er flere innslag av andre kompetanser enn den tekniske siden. Imidlertid fremstår gruppen fortsatt som meget teknologitung, mannsdominert og med høy gjennomsnittsalder. Det er også en faktor som gjør denne gruppen annerledes enn vanlige ressursgrupper i usikkerhetsanalyser: Denne har karakter av et fast utvalg og er ikke sammensatt for en spesifikk analyse. Dette gir gruppen grunnlag for å samle mer erfaring og kunnskap – og dermed potensiale for gode vurderinger, men også sterkt eierskap til prosjektet og dermed naturlige begrensninger i perspektiv. Vi vil foreslå å vurdere spesielle tilpasninger i prosessen for å håndtere dette: a) Vi mener at noen enkeltindivider (minst 2-3) som ikke har dette eierskapet men som har

relevant kompetanse på et aktuelt samfunnsområde bør delta i prosessen. b) en intern og en ekstern fasilitator/prosessleder i tett samarbeid.

Fasilitatorens/prosesslederens rolle i en slik analyseprosess er meget avgjørende. Det er en krevende rolle uansett prosjekt, men spesielt krevende når kompleksiteten i teknologien, prosjektet og kalkylen er så stor som her. Beskrivelsen i kapittel 2.4 og 2.5 under Flik 9 i underlagspermen (SKB 2013c) er OK. Vi vet lite om hvordan rollen faktisk har fungert i praksis, men fikk et positivt inntrykk i møtet 2. april. Under punkt 4.2 er det kommentert på vurderingen av det praktiske rundt rollen og bruken av to fasilitatorer er identifisert. Samspillet mellom dem ble beskrevet i møtet 2. april og synes å fungere. Ekstern fasilitator er vurdert, men det argumenteres for intern fasilitator på grunn av kalkylens kompleksitet. Dette kan være riktig, men erfaringen i Norge tyder på at ulempene med intern fasilitator noen ganger er større enn fordelene. Dette gjelder spesielt når det er konflikt om prosjektet eller stor grad av avhengighet til resultatet av analysen. I SKB tilfellet er det det siste poenget som er aktuelt: SKB har egeninteresse av resultatet, se egen diskusjon om incentiver. Vi vil foreslå å vurdere, når det først er to fasilitatorer, å ha en ekstern og en intern. Med en klar og god funksjonsdeling mellom disse to kan det sikre at de beste egenskapene til begge to kan utnyttes. Vi har ikke konkret erfaring med en slik modell, men det har potensiale som bør utprøves.

Forberedelsene er kommentert på i kapittel 4.2. Disse er viktige og krevende. Spesielt avgjørende er hvordan arbeidet med å sette opp kalkylemodellen på forhånd gjennomføres. Dette omtales ikke i (SKB 2013b). Dette oppfatter vi som en klar svakhet i utredningen.

Gjennomføringen av selve analysen (analyseprosessen) er omtalt i ulike deler av (SKB 2013c). 2.2 Inventering av osäkerheter beskriver systematikk for den innledende identifiseringen og klassifiseringen av usikkerheter. Kapittel 2.3 beskriver metodikken for vurdering av usikkerhetene. 2.5 beskriver formen på diskusjonene. 4.2 er inne på fasilitering og dokumentasjon. 4.3 beskriver gjennomføringen av selve analysen. Disse elementene kunne med fordel vært samlet i en mer systematisk fremstilling. Det finnes for øvrig også konkrete og systematiske metodikker eller guidelines for gjennomføring av slike prosesser som kan være til hjelp.

Noen kommentarer til innholdet i beskrivelsen av gjennomføring:

- Det er gjennomført fire samlinger, derav to for selve analysen som til sammen utgjør tre dager. Vi tror tre dager er i minste laget for en så kompleks kalkyle som dette, men det påvirkes av hvordan kalkylemodellen og grunnkalkylen utvikles – og dette er ikke beskrevet i (SKB 2013c).
- I løpet av de tre analysedagene er ulike sakkyndige eksperter innom analyseprosessen for å svare for ulike deler av kalkylen og forutsetningene. Det er krevende å sikre at alle bidragsytere har samme utgangspunkt og sammenfallende forutsetninger for sine vurderinger. Dette gjelder både for ekspertene og medlemmene i gruppen. Dette temaet burde belyses. Det er grunn til å frykte at det kan være sprik i oppfatninger om forutsetninger og at dette kan gi inkonsistenser i vurderingene. Tidsbruken for å innlemme eksperter på denne måten er også etter vår erfaring stor, noe som igjen øker vår bekymring rundt tidsbruken.

- Identifiseringen av usikkerheter starter med utgangspunkt i tidligere identifiserte faktorer. Det oppgis at diskusjonene først og fremst baseres på endringer i forutsetninger generelt og spesielt i forhold til SKBs virksomhet. Dette er vel og bra, men det omtales ikke (SKB 2013c, side 1) hva sammenligningsgrunnlaget er og hvordan en har sørget for å unngå å bli opphengt i/farget av de tidligere analysene. Det oppgis hvilke forhåndsdefinerte kategorier som benyttes som «sjekkliste» for ikke å glemme noe. Denne praksisen er erfaringsmessig OK, så lenge det ikke legges bånd på gruppen i forhold til hva som kan tas opp i denne prosessen.
- Det oppgis i (SKB 2013c) 2.2 på side 2 at de identifiserte usikkerhetene prioriteres (men det sies ikke hvordan) og at hovedparten av det påfølgende arbeidet gjennomføres av SKB som så legger et underlag fram for analysegruppen for granskning og godkjenning. Denne praksisen er uvanlig og bør beskrives nærmere. Dersom det er faste, forhåndsdefinerte kategorier er det vel ikke behov for å vente på en gruppes prioriteringer for å gjøre eventuelle utredninger av dem? Vi er usikre på om vi forstår hvordan dette foregår. Ytterligere utredninger undervegs i prosessen på de generelle usikkerhetene er ikke vanlig praksis. Vi frykter dette medfører ensretting av gruppens deltakere og snevrer inn vurderingen av usikkerhetens konsekvens for kostnadene.

#### **8.4 Usikkerhetsforståelse og vurderinger**

I kapittel 3 tok vi opp problematikken rundt mindset som en forhåndsinn tatt holdning til usikkerheten som påvirker hvordan en vurderer den. Bruken av faste forutsetninger er kommentert i kapittel 4 og ovenfor. Her vil vi se på noen andre forhold som har med måten usikkerhetene blir vurdert og håndtert på i prosessen.

Ideelt sett skal en usikkerhetsanalyse gjennomføres som en samlet prosess som involverer de samme individene gjennom hele prosessen. Det er vanskelig å oppnå dette idealet i praksis for et prosjekt som er så stort og komplekst som dette, og der prosessen går over lang tid. Kapittel 4.3 side 12 (SKB 2013c) viser til at det har vært behov for å trekke inn eksperter på flere av områder i prosessen for å svare for modenheten av de underliggende kalkylene og svare for innhold og forutsetninger i disse. Ulike eksperter kommer inn med hver sine mindset og forståelser av analysens premisser. Forståelsen av underliggende kalkyler (modeller, datatilfangst og resultater) er viktig for å gjøre en god vurdering. Forståelsen av modenheten er avgjørende for vurderingen av usikkerheten i de underliggende kostnadspostene. Det er i dette tilfellet behov for flere delkalkyler som også de som skal vurdere usikkerheten må forstå. Vi kan ikke forutsette at alle involverte skal kunne sette seg detaljert inn i alle underliggende beregninger. Til det kreves spesialkompetanse og tid den enkelte ikke har. SKBs måte å trekke inn spesialister på er derfor akseptabel praksis. Den har imidlertid svakheter når det gjelder muligheten for å sikre konsistente vurderinger gjennom hele prosessen. SKB bør jobbe med å sikre enhetlig og god forståelse for forutsetningene i hele analysegruppen og beskrive hvordan dette gjøres i analysedokumentasjonen.

Kapittel 4.5 (SKB 2013c) omtaler såkalte «svarte svaner». Slike usikkerheter som ofte har liten sannsynlighet og ukjent, ofte stor konsekvens er en viktig del av helheten. I SKBs analyseprosess er det satt av tid til å diskutere slike og en egen støtteprosess (PEST-analyse) er benyttet til dette. Det er bra. Det vi imidlertid observerer nevnes i kapittel 4.5 er faktorer av politisk, økonomisk, sosial og teknologisk art som i liten grad er svarte svaner, men påregnelige usikkerheter som må håndteres.

Også hendelser som har karakter av svarte svaner er nevnt og det sies også at dette ga nye variasjoner til analysen. Det omtales imidlertid ikke hvilke forhold det henvises til, så vi kan ikke vurdere kvaliteten på vurderingene av dette. Virkningen av disse svarte svanene sies å være fanget opp av andre usikkerhetsfaktorer. Vi anbefaler ikke denne praksisen. Skal analysen gi økt bevissthet om disse forholdene så holder det ikke å gjemme dem under andre overskrifter.

I lys av den lange tiden dette prosjektet går over kan forhold som normalt ville ha liten sannsynlighet, faktisk være ganske sannsynlig her. Dette tilhører den store problemstillingen knyttet til tidsaspektet som vi oppfatter som et av de svake punktene i analysen fra SKB. Dette er omtalt i kapittel 5.2 og 5.3.

Det oppgis i (SKB 2013c) kapittel 2.3 Vurdering av usikkerhet at trepunktsvurdering (minimum, sannsynlig, maksimum) benyttes. Dette er normal praksis. Videre beskrives en praksis som inkluderer å vurdere lav og høy verdi samt sannsynlighet av disse verdiene. I hvilken rekkefølge settes verdiene? Vi vet at rekkefølgen for fastlegging av verdiene låg, hög og sannolikt påvirker graden av usikkerhet som uttrykkes. Vi vet også at hvordan en formulerer spørsmålene påvirker hvordan ekspertene svarer (Jørgensen og Teigen 2005, Teigen og Nikolaisen 2009). Dette vet vi ikke hvordan SKB håndterer.

SKB slår fast at sannsynlig verdi for kalkyleobjektene skal være den verdien som kommer fra underlagskalkylen. Dette fratras mulighet til å vurdere godheten av underkalkylen og sette en annen verdi. Dette er ikke i samsvar med normal eller god praksis. Vi forstår det er vanskelige og komplekse vurderinger som ligger under og at de kan være vanskelig for medlemmene i analysegruppen å vurdere. Imidlertid er det ikke prinsipielt riktig å frata gruppen retten til å overprøve grunnkalkylen. Hvis de ikke kan vurdere sannsynlig verdi, hvordan kan de da foreta en troverdig vurdering av lav og høy verdi? SKB argumenterte i møte 2. April med at prosjektet er så komplisert at gruppen ikke kan overprøve den sannsynlige verdien. Men hvem andre enn en gruppe eksperter satt sammen for å analysere usikkerheten i prosjektet skal kunne overprøve den sannsynlige verdien? Det er gruppens analyse, ikke de sakkyndige ekspertenes analyse, og derfor er det gruppens vurderinger som gjelder. Det er et sentralt poeng med hele usikkerhetsanalysens funksjon som kvalitetssikring.

Det sies videre på side 2 at for de generelle usikkerhetene (variationene) settes den sannsynlige verdien systematisk lik null (0) for det oppsatte vilkåret. Dette er metodisk feil. Det er gruppens soleklare rett og hovedoppgave å vurdere de fremtidige usikkerhetene og utviklingstrekk som kan og vil påvirke kostnaden. Det er meget sannsynlig at det vil medføre endringer i kostnadene. Her trodde vi opprinnelig at det var teksten (SKB 2013c) som var upresis da dette vil frata gruppen en stor del av dens oppgave og verdien av analysen som kvalitetssikring (uavhengig vurdering) reduseres kraftig. Det ble imidlertid bekreftet i intervjuet 2. april.

Sannsynligheten settes til 1:100 dersom det ikke finnes grunn til noe annet. Dette er akseptabel praksis, men stiller store krav til dem som skal vurdere inngangsdata. Vår erfaring er at det ikke er noen kalkulatører eller eksperter som har erfaring med så mange prosjekt at de har data som hjelper dem å vurdere en verste eller beste av hundre. Vi vet også at mennesker har store begrensninger i sin evne til å kunne forestille seg hvor godt eller dårlig det kan gå. Dette gjør at vi ofte tidligere så altfor snevre analyser (med urealistisk lavt standard avvik). Som nevnt tidligere har 1 av 10 blitt innført som standard i Norge og dette har vist seg å gi mye mer realistisk vurdering av usikkerheten. Ekspertene har faktisk ofte erfaringer fra 10 eller flere tilfeller og klarer bedre å forestille seg

realistiske yttergrenser med dette utgangspunktet. Denne praksisen har gitt mer realistiske kostnadsanalyser i Norge.

I dette spesielle prosjektet er det ikke trolig at noen eksperter kan påberope seg kjennskap til mange tidligere tilfeller. Det er så spesielt og nytt at det er menneskets begrensede evne til å se inn i fremtiden som blir avgjørende. Derfor er dette et tilfelle der effekten av denne problemstillingen trolig er større enn i vanlige infrastrukturprosjekter som vi har mest erfaring med. Det finnes mye litteratur på dette temaet. Her nøyer vi oss med å nevne Daniel Kahneman som er en kjent autoritet på dette området: Kahneman (2011) oppsummerer forskning på menneskers evne til å komme til rasjonelle beslutninger, spesielt under usikkerhet. Han anbefaler det eksterne perspektiv på prosjekter for å kompensere for menneskelige svakheter hos eksperter. Det betyr at for å vite hvor lang tid et prosjekt tar, eller hvor kostbart det blir så må en se bort fra sitt eget prosjekt og se på andre sammenlignbare prosjekt. I SKBs tilfelle er dette så vidt vi forstår ikke realistisk da det ikke finnes andre prosjekter å sammenligne med. Vi vil likevel foreslå at SKB ser på sin prosess i lys av forskningen og problemstillingene forklart over og foretar noen klare justeringer.

## 9 Beregningsmodell og dokumentasjon

Et sentralt tema flere steder i rapporter er diskusjoner rundt beregningsmodell og dokumentasjon. Her tar vi opp noen elementer knyttet til dette temaet mer spesifikt.

### Generelt

Oppbyggingen av beregningsmodellen inkluderer alle postene og faktorene som utgjør regnestykket, samt de relasjoner som måtte være definert mellom dem. Hvor mange poster som summeres, hvor mange faktorer som ganges inn og hvor mange sammenhenger som modelleres (for eksempel korrelasjoner) er det som avgjør hvor kompleks modellen er. At alle elementene og sammenhengene er modellert riktig avgjør hvor riktig regnestykket blir, gitt at vurderingen av inngangsdata blir riktig. En komplisert modell kan være nødvendig for å uttrykke regnestykket nøyaktig, men reduserer dessverre muligheten for gode, konsistente vurderinger av helheten. Det ligger derfor viktige avveininger her.

Mange planleggere og kalkulatører (typisk ingeniører og økonomer) sverger til detaljering som sin strategi for å oppnå presisjonen i sine kalkyler og overslag. Det er svært tidkrevende å gjennomføre vurderingene av inngangsdata når antall detaljer blir stort. I tillegg vil flere detaljer gi mer kompleksitet i kalkylen og dermed medføre dårligere oversikt. Normalt gir for mange detaljer dårligere vurderinger av usikkerheten. En usikkerhetsanalyse etter suksessivmetoden tar derfor utgangspunkt i at det er god oversikt over få men viktige hovedposter som gir best representasjon av helheten.

Unødvendig detaljering medfører i tillegg at usikkerheten reduseres av regnetekniske grunner, uten forankring i virkeligheten. Det er vår klare erfaring at enkle, oversiktlige modeller gir bedre analyseresultater, så langt det er praktisk mulig. En del av vår rutine for kvalitetssikring av usikkerhetsanalyser er derfor at vi ser spesielt på antall kalkyleelementer og hvordan modellen er definert.

Kalkyle 2013 har 11 overordnede faktorer, 15 faktorer som angår Anvånt kårnbrenslle, 12 faktorer for Låg- og medelaktivt avfall og 10 faktorer for Avveckling av kårnkraftverk. Totalt 48 faktorer (variasjoner). Antall poster(kalkyleobjekter) i kalkylen er 56 poster i fålge dokumentasjonen under flik 10. Sammenlignet med Plan 2010 er antall variasjoner redusert fra 64 til 48, og antall poster økt fra 46 til 56. Har så utviklingen gått i riktig retning på dette området? Vi ser at bildet er sammensatt – det er flere poster (kostnadsobjekter) men færre faktorer (variasjoner).

Lichtenberg og Borg (2011) ga en klar anbefaling om å redusere antall generelle faktorer for å øke kvaliteten på vurderingene. Dette bygger på at å splitte den totale usikkerheten på for mange elementer medfører å miste usikkerhet som påpekt over. Vi ser Lichtenberg og Borg sitt poeng her, men tar likevel ikke for gitt at dette er en riktig retning å gå. Å redusere antall faktorer som multipliseres inn i modellen for å uttrykke usikkerhet kan føre til at vi mister uttrykt usikkerhet. Med færre faktorer må hver av disse romme flere enkeltfaktorer og problemstillinger og dermed få større variasjonsbredde. Dette burde gi større utslag på usikkerheten totalt sett for hver av dem. Vi har ikke kunnet fastslå om dette er tilfelle i SKBs analyser.

Det viktigste for kvaliteten av usikkerhetsanalysen er om den er i stand til å skape et realistisk bilde av den totale usikkerheten. Som vist i kapittel 5 og 6 mener vi det er betydelig for lite usikkerhet

uttrykt i SKB sin analyse. Det som erfaringsmessig er viktig for å oppnå dette er, for det første, å ikke lage en for detaljert modell, dernest å ha god balanse mellom antallet poster og antall faktorer. Balansen mellom poster og faktorer bør drøftes nøye, men vi kan ikke vurdere dette nærmere så lenge vi ikke vet hvordan modellen er bygd opp i detalj.

### **Modellering av lange utviklingstrekk**

Bruken av konjunkturposter (faktorer) kommenteres av Lichtenberg og Borg (2011) som eksempel på at det er for mange usikkerhetsfaktorer i analysen Kalkyle 2010. I Kalkyle 2013 er det fortsatt 7 faktorer som omhandler ulike konjunkturer. Det synes lite trolig at en er i stand til å vurdere så detaljert om usikre fremtidige trender i et så langt tidsperspektiv som i dette prosjektet. Dette gir inntrykk av at en opererer med "tilsynelatende presisjon" som har liten troverdighet 50 år inn i fremtiden. Likevel vil trolig summen av alle disse syv samlet være en større usikkerhet enn det vi ville få av å samle dem i en overordnet "konjunkturfaktor". Vi ville heller se på om det ikke er grunn for å introdusere korrelasjon i modellen for å fange opp samvariasjoner mellom dem.

SKB kommenterer utfyllende på kalkylerenten i kapittel 2.7 (SKB 2013c) og benytter 6 separate simuleringer for å vise effekten av ulike kalkylerenter på nåverdien av kostnaden til håndtering av kjernekraftavfallet. Dette er vel og bra som regneøvelse og illustrasjon av effekten av variasjon i rentenivået, men sier det noe om den virkelige usikkerheten i prosjektet? Det som virkelig er et spennende tema knyttet til simuleringen av diskontert verdi er det tidsforløpet som legges til grunn. Dette er beskrevet i SKBs planrapport (SKB 2013a). Dessverre gjenspeiler ikke denne beskrivelsen usikkerheten i framtidig plassering av de ulike kostnadene på tidsaksen. Her ligger trolig et av kalkylens aller største usikkerheter. Usikkerheten er også behandlet i egne usikkerhetsfaktorer (nr 201 og 202) uten at dette forandrer inntrykket av at usikkerheten i tidsforløpet er undervurdert – dette fremstilles som sikrere enn det er.

### **Fordelingsfunksjoner og inngangsverdier**

For hver enkelt post eller faktor i modellen benyttes en  $\beta$ -fordeling (betainv). Det har tidligere vært vanlig med tunge diskusjoner om hvilke fordelingsfunksjoner som er mest riktig å benytte i slike analyser. Ulike former for  $\beta$ -fordelinger og  $\gamma$ -fordelinger med en viss skjevhet er det vanligste per i dag. Vår erfaring, basert på teoretiske utredninger og gjennomføring av mange analyser, er at valg av fordelingsfunksjon har meget liten betydning for resultatet av analysen sett i forhold til hvor viktig kvaliteten på inngangsdata og vurderinger er. Se for eksempel Concept rapport nr 13 (Austeng et al. 2005). Det er vår oppfatning at fordelingsfunksjonen som benyttes er ok, og at fokuset bør rettes mot prosessen og fremskaffing av inngangsvurderinger til modellen.

Det oppgis i underlaget for Plan 2013 (SKB 2013c) at vurderingene av minimum og maksimum verdier for hver kostnadspost og variasjon oppgis som 1:100 (1/99 verdier) mot tidligere analyser der 1:10 (10/90 verdier) ble benyttet. Lichtenberg og Borgs (2011) vurdering i påpeker at det å «bare» be om 10/90 kan skjule den virkelige usikkerheten. Imidlertid er det vår klare erfaring at uansett hvilke verdier gruppen bes om å vurdere, så har de en klar tendens til å være for smale i vurderingen (ekspertene angir for lite spredning), og at denne tendensen er større ved 1/99 enn ved 10/90. Vår erfaring er at det altså blir verre med den endringen SKB har valgt å gjøre her. I Norge gikk en i 2003 den motsatte veien og bestemte at det skal benyttes 10/90 for alle store statlige investeringsprosjekt i stedet for 1/99. Dette ga umiddelbart positiv effekt i betydningen av at usikkerheten ble mer

realistisk. Dette er gjennomført som standard for alle usikkerhetsanalyser i store statlige investeringsprosjekter siden.

For usikkerheter som er vurdert som hendelser fremgår gruppens vurdering av både sannsynlighet og konsekvens under flik 10 (SKB 2013c). Uheldigvis er det ikke mulig å lese seg til hvordan en har kommet til de aktuelle vurderingene av sannsynlighet. Dette er en vurdering som skiller seg vesentlig fra kostnadsvurderingene og derfor burde omtales separat.

### **Simuleringer og verktøy**

Det benyttes Monte Carlo simulering som erstatning for analytisk kalkyleteknikk som opprinnelig ble benyttet i suksessiv kalkulasjon. Dette har blitt den dominerende arbeidsmåten etter at kraftige PC-er og gode regneprogrammer overtok for manuelle beregninger. Så lenge modellen er riktig definert gir de to kalkylemåtene sammenfallende resultater. Fokus bør være på hvordan modellen settes sammen av poster og faktorer. Vi observerer imidlertid at det oppgis 2000 simuleringer (sykler) i kapittel 2.7 s 4 under Flik 9 (SKB 2013c). Dette virker for lavt. Vår erfaring er at det gjerne kreves 5000 eller gjerne 10.000 simuleringer (sykler) før simuleringsresultatet er stabilt.

SKB svarer på vår kommentar om få simuleringer i sitt svar lagt i Vedlegg 3. De argumenterer med at det gir håndterbare filstørrelser og rask feedback ved ulike analyser eksempelvis kjenslighetsanalyser. Dette med filstørrelser skjønner vi ikke at er et problem. Det at 2000 sykler gir rask feedback kan være et poeng, særlig for simuleringer som gjøres underveis i gruppeprosessen. Det går an å simulere med få (eksempelvis 2000) sykler underveis i gruppeprosessen, mens en i etterkant av analysen kjører en mer omfattende simulering. SKB presiserer i tillegg at de istedenfor å øke antall sykler har innledet hver ny plankalkyle med en kalibrering av de slumptall som skal anvendes. Testkjøringer gjennomføres og den testkjøring som best stemmer overens med et langsiktig stabilt utfall fryses angående utvalget av slumptall. Dette virker som en grei forklaring på tiltak som gjøres for å imøtegå problemet med et lavt antall sykler. Men vi er fortsatt av den oppfatning at dagens datamaskiner håndterer både store filer og raske beregninger av simuleringsmodeller.

Hvilket analyseverktøy benyttes i SKB sine analyser? Dette er ikke oppgitt konkret, men vi har fått inntrykk av at modellen er bygd i Excel. Det oppgis at slumptallsgeneratoren i Excel benyttes i simuleringene. Slumptallsgeneratoren i Excel vurderes som tilstrekkelig for formålet, men vi vet for lite om hvordan modellen er satt sammen.

Det er mulig å benytte korrelasjonsfaktorer for å modellere samvariasjon der ulike poster eller faktorer har like (eller for den del motsatte) utviklingstrekk avhengig av hverandre. Dette er ofte hensiktsmessig dersom det er faktorer som inngår flere steder i kalkylemodellen. Korrelasjonseffekter oppstår for eksempel der mange ressurser og kostnadselementer går inn i flere poster i kalkylen, eller der en beslutning vil påvirke flere poster.

Muligheten for å legge inn korrelasjon er ikke benyttet i Plan 2013. Vi skulle gjerne like å vite hvorfor, men har ikke fått noen god forklaring på dette. Den totale usikkerheten i resultatet virker for liten og dette kan kanskje tyde på at nettopp korrelasjonseffekter er det som mangler. Det kan naturligvis argumenteres, dersom det er tilfelle, at alle samvariasjonseffektene er fanget opp i de generelle

usikkerhetsfaktorene, men det virker lite trolig her. Vi har i kapittel 5 pekt på flere eksempler der vi mener samvariasjon sannsynligvis er til stede, men ikke representert i modellen.

### **Dokumentasjon**

Dokumentasjonen av gruppens vurdering av hvert enkelt kostnadselement og generell usikkerhetsfaktor er viktig. Dette er lagt ved rapporten under flik 10 i (SKB 2013c). Vi finner den fremlagte dokumentasjonen grundig og omfattende. Den er skjematisk oppsatt og synes derfor å gjenspeile stram og grundig systematikk. Vi reagerer imidlertid på at det ikke er vist en oversiktlig oppstilling av tall for hver kostnadspost (objekt) når en først har spandert en hel side per objekt. Leseren må enten ha kalkulatoren for hånden for å omregne prosenter til kroner eller bla frem og tilbake mellom beskrivelsen og tabellene med tallene for å se sammenhengene. Dette skulle vi gjerne se endret for bedre oversikt. Det er blitt bedre sammenlignet med tidligere planrapporter, men det er ennå ikke mulig å se helheten. Dokumentasjonen av de enkelte variasjonene (usikkerhetsfaktorene) er i utgangspunktet god og oversiktlig med grundig anvisning av underliggende grunnlag i form av illustrerte statistikker og trendkurver. Det kan imidlertid være lett å tro på disse kurvene som fasit for fremtidig utvikling når de knyttes så tett til gruppens vurderinger. Dette kan bidra til for liten usikkerhet i vurderingene.

## 10 Betraktninger om størrelsen på usikkerheten

Hvor stor usikkerhet i kostnadsestimater er rimelig å anta for et prosjekt som har planlagt i 30 år, og skal bruke nesten 60 år til for å gjennomføre alle planene?

I kapittel 5.1 redegjorde vi for undersøkelser som er gjennomført om kostnadsutviklingen av store veiprojekter i Norge, og generelle internasjonale retningslinjer for kostnadsanalyser. I forhold til de resultatene som ble referert der fremstår usikkerheten i SKB sine resultater som altfor liten. Vi vil studere dette noe mer i detalj i dette kapitlet. I det videre vil vi gi noen argumenter som taler for relativt lavt standardavvik, og noen argumenter for høyt standardavvik for å sette dette i ytterligere perspektiv. I tillegg vil vi presentere en teoretisk betraktning som kanskje kan være en pekepinn på riktig standardavvik for et prosjekt som håndtering av kjernekraftavfallet.

Noen hevder at prosjektet for avvikling av svensk kjernekraftverk og lagring av avfallet er så omfattende at det nærmest må ses på som et program av flere prosjekter, og at den relative kostnadsusikkerheten derved er mindre enn den vil være for andre store byggeprosjekter på samme utviklingsstadium. Synspunktet har i utgangspunktet noe for seg, og er tilsynelatende understøttet av Plan-rapportene som er levert opp gjennom årene.

Hvilke faktorer er det som i dette prosjektet kan bidra til at den relative kostnadsusikkerheten er lav?

- Størrelsen er utvilsomt en viktig faktor. Som prosjekt er dette noe av det største som noen gang er gjennomført, og små og store ikke-planlagte hendelser har relativt mindre kostnadsvirkning her enn i mindre prosjekter.
- Den lange og grundige planleggingen bidrar selvsagt også til å redusere usikkerheten.
- Det er vel også høy sannsynlighet for at stabiliteten i det svenske samfunnet vil vedvare.
- Den strenge lovgivningen for å sikre mennesker og miljø, og befolkningens nåværende holdning til hvor trygt og sikkert dette blir håndtert, er også en positiv faktor.

Det er også noen faktorer som bidrar i motsatt retning; nemlig at usikkerheten kan antas å være stor:

- Arbeidet som skal utføres er ikke gjort før, i Sverige eller noe annet sted. Nesten alt knyttet til sikker lagring av kjerneavfallet er nybrottsarbeid.
- Alt med atomkraft og fare for stråling er ekstremt utsatt for skifte i opinionen.
- Den lange tiden. Det er så mye som kan skje i løpet av 60 år, at hendelser som vil være virkelig svarte svaner i et «normalt» prosjekt nærmest kan antas å ha en viss sannsynlighet her.
- Kostnadsoverslagene er basert på en rekke forutsetninger som kan vise seg å ikke holde.
- Modenheten i de enkelte deler av kostnadsanalysen varierer sterkt.

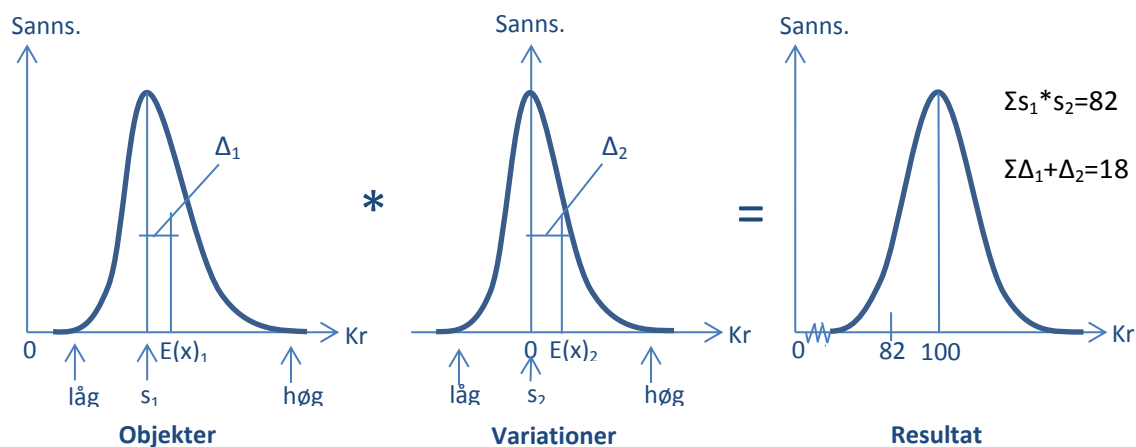
Når det gjelder å vurdere rimelig usikkerhetsnivå er vi selvfølgelig på like tynn is som alle andre som kan ha en mening om hvor usikre kostnadsoverslaget er i et så stort prosjekt over så lang tid, og på det planleggingsstadiet som dette prosjektet befinner seg. Vi drister oss likevel til å antyde at de forholdene som taler for en lav usikkerhet balanseres ut med de forholdene som taler for høyere usikkerhet, og at prosjektet derfor kan sammenliknes med andre store prosjekter på samme utviklingsstadium. Med det vi hittil vet om modenheten av dette prosjektet skulle det tilsi et standardavvik på mellom 25 og 35 % av forventningsverdien; altså mellom 25 og 35 GSEK i Kalkyl 40.

Bidraget til kalkylen fra variasjonene kalles påslag for uforutsett og risk, eller forventede tillegg. Dette tillegget har endret seg over tid, slik det er vist i nedenstående Figur 13 (identisk med Figur 3 i kapittel 5.1).



Figur 13 Endringene i forventede tillegg for de ulike kostnadskalkylene fra SKB

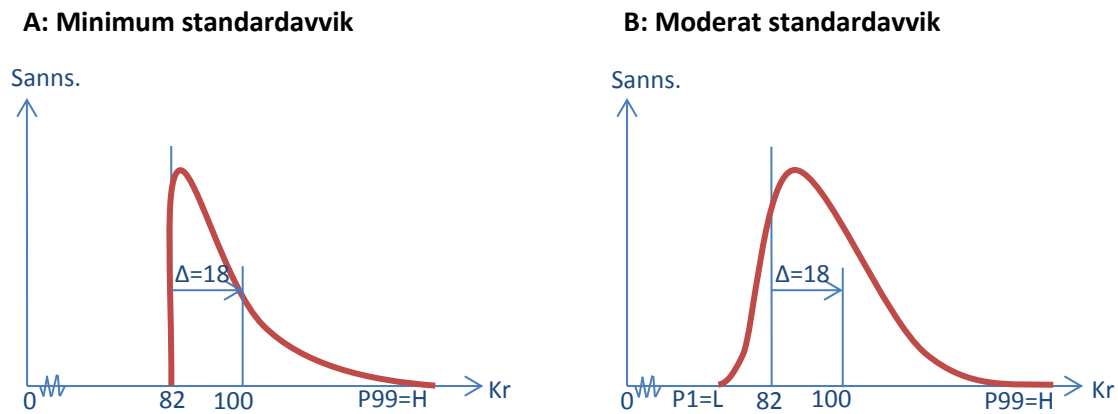
Figur 14 viser teoretisk hvordan dette tillegget oppstår. Siden variasjonene fra generelle forhold alle har mest sannsynlig verdi i null (eller 1,0 i de tilfellene hvor generelle forhold angis som en multiplikasjonsfaktor), se diskusjonen i forkant av Figur 4, vil forventet tillegg økningene  $\Delta_1$  og  $\Delta_2$  bare ha sin årsak i høyreskjevhet i fordelingene.



Figur 14 Teoretisk oppbygging av en kalkylemodell med usikkerhet

I Kalkyl 40 er summen av alle referansekostnader 82 GSEK og forventet tillegg på 18 GSEK, slik at Total forventningsverdi er 100 GSEK. Siden tillegget utelukkende skyldes høyreskjevhet i objektestimaterne skal det være mulig å etablere et tenkt trippelanslag for «posten» Total prosjektkostnad, og ut fra dette beregne totalt standardavvik.

Prinsippet er vist i nedenstående Figur 15. Lågverdien (L), i dette tilfellet P1, estimeres. Når vi så vet størrelsen på mest sannsynlig (S) og forventningsverdien (E) er det mulig å regne ut verdien på høg (H).



Figur 15 Illustrasjon av minimum- og realistisk standardavvik

Vi har valgt å teste to ulike fordelinger; Erlangfordelingen som Lichtenberg anbefaler og  $\beta$  (Pert) – fordelingen, som, så vidt vi forstår, er brukt i SKBs analyse.

**Erlangfordelingen** har følgende formelverk basert på input P1 og P99:

$$[1] \quad E = \frac{L+2,95S+H}{4,95} \text{ og } \sigma = \frac{H-L}{4,6}$$

**Beta-  $\beta$  (Pert) – fordelingen** har formelverket basert på absolutt Låg og absolutt Høg:

$$[2] \quad E = \frac{L+4S+H}{6} \text{ og } \sigma = \sqrt{\frac{(E(x)-L)(H-E(x))}{7}}$$

I noen sammenhenger er det også forenklet sagt at avstanden mellom absolutt høyeste og absolutt laveste tilsvarer 6 standardavvik (six  $\sigma$ ).

Tabell 15 viser (teoretisk) fordelingen som gir det minst tenkelige standardavviket ( $\sigma$ ); nemlig ved at Låg og mest sannsynlig har samme verdi, og en fordeling hvor det faktisk finnes en nedside ved at  $L < S$ . Tabellen viser størrelsen på H og  $\sigma$  som funksjon av estimatet på L.

Tabell 15 Teoretisk høg verdi og standardavvik med ulike fordelingsfunksjoner

Låg	Erlangfordeling		$\beta$ (Pert) – fordelingen		Six $\sigma$ (H-L)/6
	H	$\sigma$	H	$\sigma$	
82=S	171	19,3	190	15,2	18,0
77	176	21,5	195	17,7	19,7
72	181	23,7	200	20,0	21,3
67	186	25,9	205	22,2	23,0
62	191	28,0	210	24,4	24,7
57	196	30,2	215	26,6	26,3

Tabellen indikerer at den minst mulige usikkerheten tilsvarer standardavvik på drøyt 15%. Låg er imidlertid helt sikkert mindre enn S, slik at et rimelig estimat på L vil kanskje ligge i midtområdet av tabellen; altså standardavvik mellom 20-25%.

Hva kan det så skyldes at usikkerheten i beregningene fra SKB har blitt så lav?

For å kunne gi en antydning om i hvert fall noe av grunnen, må vi se på den kalkylen som foreligger for 40-års-scenariet (Kalkyl 40). SKB har valgt å anta at hvert kostnadselement er  $\beta$  (Pert) – fordelt, og i de to siste tabellene bak flik 10 i underlagspermen ser vi hvordan 32 hovedobjekter og 48 generelle forhold er gitt verdier i henhold til denne fordelingsfunksjonen.

Ut fra dette kommer to sett variasjoner; objektvariasjonene, som dekker estimatusikkerheten knyttet til hvor riktig kostnadene for den enkelte kostnadsbærer er vurdert, og variasjoner av kategori 1, som dekker virkningene fra de identifiserte generelle forhold på kostnads- og usikkerhetsbildet.

Estimeringen av objektkostnadene ser ut til å foregå ved at mest sannsynlig verdi settes som følge av en grunnkalkyle basert på en oppdeling av hovedobjektene. Låg og hög fremkommer ved at sannsynlig verdi gis henholdsvis et prosentvis fradrag og et prosentvis tillegg. Når det gjelder de generelle forholdene settes mest sannsynlig konsekvent til 0 (eller muligvis til 1 dersom forholdet kvantifiseres som en multiplikasjonsfaktor).

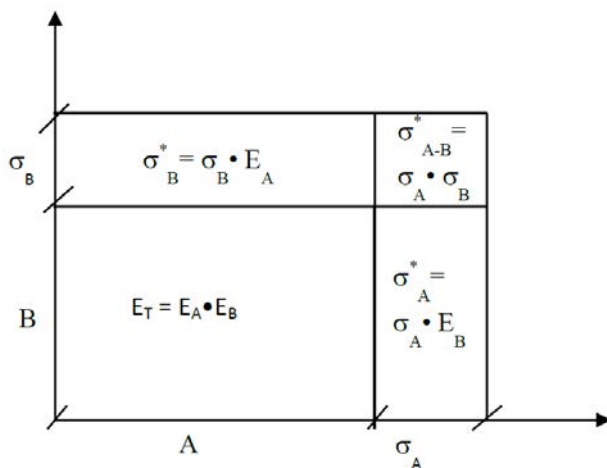
Låg og hög synes her å fremkomme på flere måter. Det som synes å være mest vanlig også her er prosentvise fradrag og tillegg på sannsynlig kostnad for de objektene som det enkelte generelle forhold antas å virke på.

Andre måter å fastsette låg og hög på ser ut til å være ved hjelp av noen mellomregninger. På viktige generelle forhold som f.eks. usikkerhet om utvikling av EEFene, er spennet i fordelingen i utgangspunktet satt som følge av stipulerte trendlinjer basert på forskjellige scenarier. Vi antar at det også kan finnes eksempler på at yttergrensene er direkte estimert som pengebeløp.

Hvis vi forstår tabellene bak flik 10 (SKB 2013c) riktig, er imidlertid alle låg og hög omregnet til pengestørrelser før tallene blir input i simuleringsmodellen. Nøyaktig hvordan dette gjøres er ikke mulig å bedømme uten å ha innsyn i hele regnemodellen. Det er imidlertid, i hvert fall i teorien, en mulighet for at man i disse operasjonene «mister» noe av den usikkerheten som blir tydeliggjort ved at prosentvise endringer blir omgjort til faktorer i en multiplikasjon (30 % ned er det samme som å multiplisere med 0,7, og 40 % opp er det samme som å multiplisere med 1,4).

Hvordan forventningsverdi og standardavvik fremkommer i en multiplikasjon av to faktorer med hver sin sannsynlighetsfordeling er i prinsipp vist i Figur 16.

Beregnet kostnad ( $T$ ) = Objectkostnad ( $A$ ) x usikkerhetspåslag ( $B$ ), hvor  $A$  og  $B$  begge er stokastiske faktorer som varierer uavhengig av hverandre, og har forventningsverdi ( $E$ ) og standardavvik ( $\sigma$ ).  
Hva blir middelvei ( $E_T$ ) og standardavvik ( $\sigma_T$ ) for produktet  $T$ ?



Figur 16 Multiplikasjon av to faktorer i en analytisk usikkerhetsanalyse

$$[3] \quad \text{VAR}(T) = (\sigma_A^*)^2 + (\sigma_B^*)^2 + (\sigma_{A-B}^*)^2$$

$$[4] \quad \sigma_T = \sqrt{\text{VAR}(T)}$$

Leddene  $(\sigma_{A-B}^*)^2$  korrelerer med de to andre, men er samtidig så lite i sammenhengen at det vil innvirke svært lite på totalt standardavvik.

Siden standardavviket i SKBs modell blir unormalt lite, kan det være betimelig å spørre om det er noe med regnemodellen som gjør at en av firkantene forsvinner (f.eks.  $\sigma_B^*$ ). Dessverre er vi ikke i stand til å bidra til oppklaring av dette spørsmålet ettersom vi ikke har tilgang til SKBs modell. Den er foreløpig en svart boks for oss.

## 11 Diskontering av usikkerheter

I vår tidligere rapport (NTNU 2011) anbefalte vi at det i fremtidige Plan-rapporter ble utarbeidet en egen oppsummering av alle økonomiske effekter av tidsforskyvning. Grunnen til dette var for det første å få bedre oversikt over sammenhengene i prosjektet og hvordan tidsforskyvninger kunne forplante seg gjennom flere aktiviteter, og de økonomiske konsekvensene dette kunne medføre. Den andre grunnen til anbefalingen var at kostnadene for variasjoner som omhandlet følgene av forsinkelser faktisk endret fortegn som følge av diskontering, og at enkelte forsinkelser fremstår som lønnsomme uten at det er beskrevet annen virkning enn at de er forskjøvet i tid..

På grunn av den finansieringsmodellen som er valgt i dette prosjektet er det et faktum at forsinkelser i en aktivitet medfører at pengene som skulle gå til denne aktiviteten i en bestemt tidsperiode får forlenget tid i fondet, og gir dermed ytterligere avkastning.

Denne økte avkastningen kan synliggjøres på to måter; enten ved å fortelle hva som virkelig skjer, nemlig at fondet øker, eller man kan velge en fiktiv fremstilling ved å neddiskontere kostnadene, og vise at nåverdien minker når tiden øker. I dette prosjektet har man valgt den fiktive fremstillingen; å holde fondet fast og måle det mot nåverdien (NPV) av kostnadene.

Problemet med den siste fremstillingsformen, og som forsterkes ved at «inntektssiden» i dette tilfellet er holdt utenom analysen, er at det gis et inntrykk av at tidsforlengelser, uansett grunn, lønner seg. Generelt i prosjektsammenheng finner man ofte heft, forsinkelser eller utsettelse som forklaringer på kostnadsoverskridelser, og det er derfor vanskelig å godta at disse samme nå skal fremstå som en fordel.

Hvis vi nå i kostnadssammenheng ser bort fra den fiktive diskonteringsgevinsten, er det selvfølgelig ikke slik at alle tidsforlengelser i et oppstartet prosjekt lønner seg. De faste tidsavhengige kostnadene som f.eks. administrasjon, kontroll, overvåkning, og i dette tilfellet mellomlagring av avfall i f.eks. Clab, vil øke med tiden. Det samme er tilfelle med EEfene. En rekke usikkerheter er funksjon av tid, f.eks. en av de viktigste; endringer i samfunnets holdninger, krav, forventninger og toleransegrenser. Forsinkelser i enkeltaktiviteter har påvirkning på andre aktiviteter, og medfører økte forstyrrelser i prosjektgjennomføringen. Alt dette skulle tilsi at tidsbruk i seg selv har en kostnad, som delvis burde være mulig å beregne, eller i det minste anslå en verdi på.

Før vi går videre skal vi se litt på hvilke forhold som forårsaker tidsforlengelser. Vi vil også diskutere litt rundt begrepene utsettelse og forsinkelser.

Årsaker til økt tidsbruk kan være:

- Optimistiske planer
- Myndighetsbeslutninger
- Endring av planer
- Uhell
- FoU går sent
- FoU går feil
- Forutsetninger som svikter
- Omkamper om tidligere beslutninger
- Hendelser som gjør at man må «gå et skritt tilbake»

- Manglende tillatelser
- Manglende styring
- Dårlig produktivitet
- Deler av prosjektet er umodne
- Behov for å tenke seg om
- osv.....

Noen av ovennevnte forhold medfører det vi her vil kalle utsettelse. Utsettelse er planlagte tidsforlengelser. Disse blir besluttet i god tid, virkningen på andre aktiviteter er med i planene, og hele utsettelsen med følger skjer i kontrollerte former. Noen ganger er det heller ikke aktivert ressursbruk til den arbeidsoperasjonen som blir utsatt. At utsettelse kan medføre besparelser er lett å godta. Ikke fordi man får en diskonteringsgevinst som fortsatt bare er en lek med tall, men fordi tiden er brukt til å gjøre prosjektet bedre; ved FoU, bedre planlegging, økt modning, etc.

Forsinkelser oppstår på grunn av forhold som vi ikke har samme styring med. Det er disse som nesten uten unntak bidrar til økte kostnader, også ut over de faste tidsavhengige kostnadene. Her ligger mangelfull planlegging, dårlig styring, sviktende forutsetninger, uhell, etc. Følgene av forsinkelsene kan ha virkninger på andre aktiviteter og prosjektet som helhet som vi ikke har kontroll med. For mange aktiviteter vil en forsinkelse bli dyrere pr. tidsenhet den utgjør på grunn av at virkningen vil berøre flere og flere andre aktiviteter etter hvert som forsinkelsen øker.

En klassifisering av mulige utsettelse og forsinkelser vil gjøre det enklere å estimere kostnadsvirkningen av tidsforlengelser for aktivitetene, og således kunne simulere kostnadene ved forskjellige scenarier. Resultatene kan brukes til å veie «besparelsene» på grunn av økt neddiskonteringstid mot økte kostnader på grunn av tidsbruk.

Eksempler på variasjoner som direkte er en følge av tidsforskyvninger er:

- 201 Tidspunkt for tilstand för Kärnbränsleförvaret och inkapslingsanläggning
- 202 Tid från tillstånd till driftstagning för Kärnbränsleförvaret och Clink
- 203 Ny lokaliseringprocess för Kärnbränsleförvaret
- 204 Lokalisering av inkapslingsanläggningen
- 301 Tidspunkt för drifttagning av SFR-utbyggnaden
- 302 Tidspunkt för drifttagning av SFL
- 401 Drifttid av kkv som underlag för rivningstidspunkt

Når det som eksempel gjelder forklaringen til Variasjon 201, så er det antatt at kostnadene vil bli 1084 MSEK lavere enn forutsatt hvis lågalternativet med tilstand to år tidligere slår til. Tilsvarende vil kostnadene øke med 8085 MSEK hvis högalternativet med 15 års utsettelse slår til. Etter at beløpene er diskontert med 2 % kalkylerente er imidlertid bildet snudd på hodet. Nå gir lågalternativet en fordyrelse på 243 GSEK, mens högalternativet gir en besparelse på 1550 GSEK. Noe tilsvarende skjer for Variasjon 401. Her er imidlertid lågalternativet det hvor rivningen blir utsatt i tid, mens högalternativet representerer en tidligere rivning for alle reaktorer utenom Barsebäck. Dette er forståelig i et helhetsperspektiv, fordi lengre driftstid for reaktorene betyr mere penger i kassen. Hvis man imidlertid ser bare på kostnadene virker dette litt merkelig, i hvert fall for en som ikke er insider. Variasjon 201 vil riktignok øke variansen; altså bidra til økt usikkerhet, i likhet med alle variasjonene, men faktisk totalt sett bidra til at diskontert forventningsverdi minker.

Begge variasjonene er eksempler på tidsendringer som er, om ikke direkte planlagt, så i hvert fall kontrollerte, og som derfor kan styres til å bli en gevinst i totalbildet. For andre variasjoner er vel muligheten for god nok kontroll til at de kan styres mot en forventet gevinst mer tvilsom.

Det som imidlertid savnes for å få forståelse av dette er en nærmere beskrivelse av sammenhengene mellom tidsendringene og hva de virker på og hvordan. Når det for eksempel gjelder Variasjon 201, kan opplysningene i kalkylen tyde på at det som påvirkes er arbeider med kostnader på 25-30 GSEK. I beskrivelsen av variasjonen er det sagt noe om hvordan tidsendringer vil virke, men det hadde hjulpet enda mer hvis forklaringene ble ledsaget av noen tall og tydeligere beskrivelse av sammenhengene. Vi vil fortsatt anbefale at det settes av plass i rapporten til en samlet oversikt over mulige tidsendringer med sammenhenger og påvirkninger, og klare økonomiske konsekvenser. Stikkordene for hva som skal med kan være:

- Planlagte utsettelse
- Ikke-planlagte forsinkelser
- Kritiske aktiviteter
- Ikke-kritiske aktiviteter
- Sammenhengene og følgene for andre aktiviteter
- Tallfesting av tid og kostnader

Lichtenberg og Borg (2011) avslutter sitt kapittel om «Effekten av en försening» med følgende konklusjon «Slutsatsen blir att realistiska tidsbedömningar är av mycket betydelsefulla. Tyvärr finns sådana inte tillgängliga.» Denne betraktningen slutter vi oss til.

Et alternativ eller tillegg til å synliggjøre de reelle kostnadene ved utsettelse og forsinkelser er å vurdere størrelsen på diskonteringsrenten. Professor Kåre Petter Hagen ved Norges Handelshøgskole argumenterer, i Concept-rapport nr. 27 «Verdsetting av fremtiden. Tidshorison og diskonteringsrenter» (Hagen 2011), for at i prosjekter som går over lang tid, bør beregnet diskonteringsrente falle over tidshorisonen. Begrunnelsene hans er basert på avansert samfunnsøkonomisk teori, og vi er usikre på om argumentene er fullt ut gangbare for et prosjekt hvor inntektene kommer før kostnadene. Vi vil derfor overlate videre vurdering av dette spørsmålet til personer med større kvalifikasjoner på området enn oss.

## 12 Samlet forslag til forbedringer

I kapitlene foran har vi drøftet ulike sider ved kostnadsestimering og usikkerhetsanalyse og vurdert SKBs analyse av Plan 2013 opp mot dette. Vi må konstatere at det er store rom for forbedringer.

Den største svakheten slik vi ser det, er at det lange tidsperspektivet ikke er gjenspeilet i SKBs analyse. Forbedringspotensialet er derfor størst på innsats for å gi et totalbilde av kostnadsusikkerheten. Dette må inkludere troverdige scenariebeskrivelser av samfunnets krav og toleransegrenser knyttet til kjernekraft generelt og avfallshåndtering spesielt, og virkningen endringer her vil ha på rammebetingelsene for prosjektet og de kalkyleforutsetningene som i dag ligger til grunn.

Videre ser vi at analysen ikke besvarer det spørsmålet vi mener er det mest sentrale i en usikkerhetsanalyse: Hva kommer prosjektet med alle sine oppgaver til å koste når det er ferdig? Men som de fleste prosjekterende ingeniører svarer SKB på hvor mye den prosjekterte løsningen vil koste å bygge. Dette er et spørsmål om "mindset" som SKB må ta på alvor.

Prosjektet for sluttlagring av svensk kjernekraftavfall er et av de største og mest omfattende prosjekter som noen gang er gjennomført, i hvert fall i Skandinavia, og det er preget av stor grad av innovasjon og nybrottsarbeid. Dette må gjenspeiles i en stor grad av usikkerhet i kostnadsvurderingen. Vi ser at enkeltvurderingene gjort av ressursgruppen som har vurdert variasjonene har stor usikkerhet i seg. Det er derfor grunn til å tro at måten modellen er bygd på, og måten usikkerheten som er uttrykt i gruppens vurderinger kommer til uttrykk i modellen, er vesentlig årsak til det urealistiske resultatet.

Selv om gjennomføringen og finansieringen er lagt til kraftverkseierne er det såpass mye offentlig styring at det nok kan karakteriseres som et offentlig prosjekt. Sett i lys av dette er det vår mening at prosjektet har, eller burde ha, forpliktelser til å bidra til utviklingen og spredning av ny kunnskap. Et forslag er derfor å se på hva som kan gjøres for å høste og systematisere erfaringene fra et så stort prosjekt.

SKB har lang erfaring med suksessiv-analyser og skal gjennomføre mange nye i framtida. Utfordringene de står overfor har stor interesse også i andre fagmiljøer med relevant kompetanse. I den forbindelse vil vi gjøre oppmerksom på at det generelt er behov for mer forskningsinnsats knyttet til hvordan man kan sikre at anslagene blir vide nok til å være i samsvar med den usikkerheten som eksisterer, ref. diskusjonene i kapitlene 4-7. Heller ikke vi har svar på alle spørsmålene vi har reist i denne rapporten.

### **Noen anbefalinger basert på våre erfaringer med modellering og usikkerhetsanalyser:**

Noen konklusjoner er vi relativt sikre på med dagens kunnskap:

- Vi anbefaler å lage en egen samlet oversikt over samvariasjon som eksisterer mellom kostnadselementene og hvordan de er behandlet i kalkylen. Bruk av korrelasjonsfaktorer eller andre måter å inkludere samvariasjonene i analysen må beskrives skikkelig.
- Kostnadsanalysen er delt i forskjellige formål. Delvis skal de gi grunnlag for beregning av avgiftene, delvis skal de gi grunnlag for å beregne garantier for at det vil være nok midler til å

dekke kostnadene hvis kjernekraftverkene stoppes i dag, og delvis skal kostnadsanalysene gi grunnlag for å beregne garantier som skal erstatte usikkerhetsavsetninger. Det siste innebærer at ekstremusikkerheten (kategori 2-variasjoner) hittil har blitt holdt utenom grunnlaget for avgiftsberegningene, og bare finnes i grunnlaget for garantiberegningen. Det siste ser det ut til at det nå blir en forandring på, i og med at SSM har bestemt at alle variasjoner skal være med i grunnlaget for grunnkostnaden med sin forventningsverdi. Dette vil da ha som virkning at Kompletteringskostnaden vil gjenspeile og erstatte en ren usikkerhetsavsetning som da bli differansen mellom P90 og total forventningsverdi i Kalkyl 40. Med denne endringen sitter man i prinsipp igjen med behovet for to kalkyler; begge med utgangspunkt i referansescenariet, og med et forventet tillegg. Den ene kalkylen har avfallsmengder basert på 40-årsscenariet, og den andre baseres på de avfallsmengdene vi har «i dag». Dette synes å være ryddig og greit.

- Vårt inntrykk er at det eksisterer noe divergerende oppfatning mellom SSB og SKB av hva hovedprinsippet for kostnadsanalysen skal være. Skal analysen finne kostnaden for det prosjektet som til enhver tid er definert, eller skal formålet være å lage en prognose over de kostnadene som har påløpt når oppdraget om avvikling av kraftverkene og lagring av avfallet er utført? Se drøftinger i kapittel 3. Vi mener klart at det er kostnaden når alt en gang er gjennomført som skal beregnes. Dette innebærer selvsagt ikke at man skal se bort fra Finansieringslagens forordninger, men at man innenfor disse rammer skal ta inn over seg det faktum at alle planer og andre «sannheter» som eksisterer i dag er usikre, og kan bli gjenstand for forandringer i fremtiden.
- Vi antar at påliteligheten til selve lagringskonseptet og sikkerheten mot uhell og lekkasjer er godt analysert, og at beredskapen for å sikre liv og helse vil være på topp. Vi er derimot mer usikre på om de økonomiske konsekvensene for prosjektet som følge av alvorlige, men forhåpentligvis lite sannsynlige hendelser er tatt godt nok hensyn til. Vi savner et sterkere fokus på det som i rapporten går under betegnelsen svarte svaner. I et så stort prosjekt som dette, og over så lang tid vil det skje uventede ting som kan ha stor innvirkning på kostnads- og/eller inntektssiden i prosjektet. På grunn av størrelsen og den lange tidshorizonten kan hendelser som vanligvis har liten sannsynlighet ha ganske høy sannsynlighet i dette prosjektet.
- Basert på en vurdering av modenheten til de ulike objektene i prosjektet, er et standardavvik på 10 % altfor lite i et prosjekt hvor «tyngdepunktet av modenheten» til prosjektet ligger mellom Layout E og Systemprosjektering. Vi har resonnert oss fram til at basert på modenhetsperspektivet vil et usikkerhetsnivå på 25 – 35 % kan være fornuftig. Vi anbefaler at SKB gjør en mer inngående modenhetsvurdering, samt inkluderer en diskusjon av hva slags betydning objektenes modenhet har på den totale usikkerheten i prosjektet.

## 13 Konklusjon

Kalkyl 40 fra Plan 2013 har en forventet kostnad på drøye 100 GSEK med standardavvik på ca. 10 GSEK; altså 10 % relativt standardavvik (SKB 2013a, b, c).

Forfatterne av denne rapporten har ikke gjort en selvstendig vurdering av kostnaden til sluttforvar av svensk kjernekraftavfall. Vi sier ikke at kostnaden SKB har beregnet er feil. Det har vi ikke grunnlag eller kompetanse til å vurdere. Vi har vurdert SKBs usikkerhetsanalyse av kostnaden.

**Hovedkonklusjonen vår om kostnadsanalysen i Plan 2013 er at SKB ikke har klart å få frem et troverdig bilde av usikkerheten i kostnaden.**

Usikkerheten som er uttrykt gjennom SKBs analyseresultat er urealistisk, tatt i betraktning prosjektets størrelse, karakter og modenhetsgrad. Vi har gjennomarbeidet og drøftet analysens resultater i flere ulike perspektiver (kapitlene 3 til 10), og alle vurderingene peker i samme retning: Realistisk usikkerhet for kjerneavfallsprosjektet tilsvarer 20-30 % relativt standardavvik eller mer.

Her er våre viktigste sluttsatser:

SKB er i utgangspunktet satt i et stort dilemma: Skal de bidra til å få frem en kostnad som medfører høyt avgiftsnivå for kjernekraftindustrien og dermed dårlige økonomiske resultater, eller skal de bidra til å få frem en kostnad som gir lavt avgiftsnivå og dermed god økonomi for eierne? Vi sier ikke at SKB gjennom sitt kalkylearbeid fremstiller kostnadene tendensiøst, men minner om hvor krevende det er å klare å beholde et nøytralt perspektiv på et prosjekt som direkte påvirker økonomien til sine eiere. Dette må fortsatt ha høy grad av oppmerksomhet i SKBs videre arbeid. For svenske myndigheter kan det være relevant å spørre seg om det er riktig å sette SKB i en slik posisjon.

Vår generelle mening er at analyser som gjenspeiles i Plan-rapportene skal gjennomføres adskilt fra de beslutningene som måtte følge av analyseresultatet. Vi har ingen klar mening om hvordan disse utfordringene skal møtes, men vil sterk anbefale at man søker å holde analysen for seg, og så fri for særinteresser som gjeldende organisering tillater.

Det «mindset» som analysen utføres med påvirker kvaliteten av analysen. Det fremstår som et gjennomgående typisk trekk ved ingeniører og tekniske eksperter at de svarer et annet spørsmål enn det grunnleggende spørsmålet som stilles i en usikkerhetsanalyse. Intensjonen i en usikkerhetsanalyse av kostnad er å spørre «Hva vil den totale kostnaden være for hele prosjektet den dagen oppgaven er fullført?». Det vanlige mindset hos tekniske eksperter og prosjekterende ingeniører er å svare på spørsmålet «Hva vil den løsningen som er prosjektert koste når den er ferdig bygd?»

I møtet med SKB i Stockholm 2. april 2014 ble dette bekreftet over bordet. SKBs analyse besvarer spørsmålet om hva den prosjekterte løsningen vil koste – ikke hva det koster å løse oppgaven. Vi konstaterer at dette ikke er i samsvar med normal intensjon med en usikkerhetsanalyse. Det ekskluderer automatisk viktige usikkerheter som kommer av at fremtiden er ukjent. Dess lenger inn i fremtiden en ser, dess større avvik må forventes mellom løsningen slik vi ser den i dag og det som faktisk blir utført en gang i fremtiden. Dette er ikke gjenspeilet i SKB sin analyse.

Det mest spesielle ved dette prosjektet den lange tiden det strekker seg over. Det har pågått i drøye 30 år, og selv etter Kalkyl 40 skal det vare i nesten 60 år til. Når vi nå ser på listen over de mest

sentrale variasjonene er det påfallende hvor lite dette faktum gjenspeiler seg i hva som anses å være mest usikkert i SKBs analyse.

Vi vurderer det slik at samfunnets krav, forventninger og toleranser i forhold til et prosjekt av denne karakter er en av de viktigste kostnadsdriverne på sikt. Når vi skal tenke 50-60 år fram i tid, vil sannsynligheten for å oppleve en rekke av punktene som kan bidra til værderingsförskjutningar öke kraftig. Vi holder fast ved vår påstand om at et skifte til stor skepsis og kanskje frykt i befolkningen, vil være den alvorligste trusselen på kostnadssiden i prosjektet. Det som kan være ennå verre er en eventuell alvorlig hendelse med utslipp ved et av de tre igangværende svenske kraftverkene.

Nivået på den uttrykte usikkerheten i Plan 2013 har gått betydelig ned sammenlignet med Plan 2010. Dette hadde vært naturlig dersom vi kunne se på de tre årene i mellom som en betydelig del av den totale prosjektperioden. Det er det imidlertid ikke i dette tilfellet. Tre år er ikke en betydelig del av den totale tiden som strekker seg over 60 år eller mer. Derfor har vi liten tro på at modningen i denne perioden tilsvarer en mye sikrere vurdering i 2013 enn i 2010. Den reduserte usikkerheten kunne også være et resultat av at de store og konfliktfylte spørsmålene har funnet sine løsninger og blitt akseptert i perioden. Vi kan heller ikke se at dette er tilfelle.

Basert på en vurdering av modenheten til de ulike objektene i prosjektet, er et standardavvik på 10 % altfor lite i et prosjekt hvor «tyngdepunktet av modenheten» til prosjektet ligger mellom Layout E og Systemprosjektering. Vi har resonnert oss fram til at basert på modenhetsperspektivet vil et usikkerhetsnivå på 25 – 30 % kan være fornuftig.

Selv om prosjektet er så stort at det nærmest kan sammenliknes med en stor prosjektportefölje, så er så lav beregnet usikkerhet på dette prosjektstadiet ikke rimelig. Vi har sett på erfaringer fra norske infrastrukturprosjekter og internasjonale recommended practice guidelines for kostnadsanalyser i prosjekt. Alle kildene vi har funnet peker mot at standardavviket ikke blir mindre enn 10-15 % selv på et stadium der alle vesentlige premisser er avklart og endelig vedtak om finansiering tas. Dette prosjektet er langt fra brakt til et slikt stadium. Sammenlignet med norske retningslinjer kan en kanskje antyde at prosjektet har fellestrekk med kategorien som tilhører kommunedelplan og dermed kan tilordnes en troverdig usikkerhet på ca 25 % relativt standardavvik.

Uten tilgang til hele grunnmaterialet og SKBs analysemodell er det vanskelig å spore sammenhengen mellom alle tallene i kostnadsanalysen. Selve analysemodellen er for oss en svart boks. Det er for eksempel uklart for oss om variasjonene legges inn som pengebelöp eller som multiplikasjonsfaktorer. Vi har forsökt å replikere analysen ved å lage vår egen modell basert på SKBs tall, men får andre resultater. Derfor kan vi ikke se hvorfor spredningen på totalkalkylen er så liten. Noe av dette kan kanskje skyldes en uheldig oppsplitting i kalkylene, som gjør at usikkerhet forsvinner og at samvariasjonen ikke er tilstrekkelig tatt vare på i beregningene. Vi har også stilt spørsmål om det kan være noe med regnemodellen som gjør at usikkerhet forsvinner. Vi kan imidlertid ikke hevde noe med stor tyngde.

Et spennende tema knyttet til simuleringen av diskontert verdi er det tidsforlöpet som legges til grunn for modellen. Dette er beskrevet i SKBs planrapport, men dessverre gjenspeiler ikke beskrivelsen usikkerheten i framtidig plassering av de ulike kostnadene på tidsaksen. Her tror vi at en av kalkylens aller største usikkerheter ligger. Usikkerheten er også behandlet i egne

usikkerhetsfaktorer (nr 201 og 202) uten at dette forandrer inntrykket av at usikkerheten i tidsforløpet er undervurdert – dette fremstilles som sikrere enn det er.

Med det vi nå vet om dette prosjektet mener vi det skulle tilsi et standardavvik på mellom 25 og 35 % av forventningsverdien; altså mellom 25 og 35 GSEK i Kalkyl 40.

## 14 Referanser

### SKBs dokumentasjon (underlag for kvalitetssikring):

- SKB (2007a) Plan 2007: Kostnader for kjernekraftens radioaktive restprodukter. Svensk Kjernebranslehantering AB: Stockholm juni 2007. SKB (2009), Plan 2008
- SKB (2007b) Plan 2007: Supplement. Svensk Kjernebranslehantering AB, Stockholm juni 2007.
- SKB (2007c) Plan 2007: Underlag for kostnadsberakninger. Svensk Kjernebranslehantering AB, Stockholm juni 2007.
- SKB (2008a) Plan 2008: Kostnader for kjernekraftens radioaktive restprodukter. Svensk Kjernebranslehantering AB, Stockholm december 2008.
- SKB (2008b) Plan 2008: Supplement. Svensk Kjernebranslehantering AB, Stockholm december 2008.
- SKB (2008c) Plan 2008 Underlag for kostnadsberakninger. Svensk Kjernebranslehantering AB, Stockholm december 2008.
- SKB (2009) SKB Rapport R-09-12, Slutforvarsanlaggning for anvant kjernebransle. Anlaggningsbeskrivning layout D – Forsmark, Svensk Kjernebransle AB.
- SKB (2010a) Plan 2010 Kostnader for kjernekraftens radioaktive restprodukter. Svensk Kjernebranslehantering AB, Stockholm december 2010.
- SKB (2010b) Plan 2010: Supplement. Svensk Kjernebranslehantering AB, Stockholm december 2010.
- SKB (2010c): Plan 2010: Underlag for kostnadsberakninger. Svensk Kjernebranslehantering AB, Stockholm december 2010.
- SKB (2011a) Plan 2010, Kostnader fran og med ar 2012 for kjernekraftens radioaktive restprodukter, underlag for avgifter og sakerheter arene 2012–2014. Svensk Kjernebranslehantering AB, Stockholm.
- SKB (2011b) Yttrande over Stralsakerhetsmyndighetens berakninger av kjerneavfallsavgifter og sakerhetsbelopp for arene 2012-2014. Svensk Kjernebranslehantering AB, Stockholm august 2011.
- SKB (2013a) Plan 2013, Kostnader fran og med ar 2015 for kjernekraftens radioaktive restprodukter, underlag for avgifter og sakerheter arene 2015–2017. Svensk Kjernebranslehandtering AB, Desember 2013. (1)
- SKB (2013b) Plan 2013, Supplement. Svensk Kjernebranslehandtering AB, Desember 2013. (2)
- SKB (2013c) Plan 2013, Underlag for kostnadsberakninger, beskrivning av kalkylsystemet med sarskilt underlag og dokumentfor-teckning. Svensk Kjernebranslehandtering AB, Desember 2013. (3)
- SKB (2014) Kompletterande underlag fran SKB, Nya berakninger av aterstaende grundkostnader samt osakerhetsbelopp. Svensk Kjernebranslehandtering AB.

**Andre referanser benyttet i arbeidet med denne rapporten:**

- AACE International (2011) 18R-97: Cost Estimate Classification System – As Applied in Engineering, Procurement, and Construction for the Process Industries. 29. November 2011. Tilgjengelig fra [www.aacei.org/non/rps/18R-97.pdf](http://www.aacei.org/non/rps/18R-97.pdf)
- Ansar, Atif; Flyvbjerg, Bent; Budzier, Alexander and Lunn, Daniel (2014) Should we build more large dams? The actual costs of hydropower megaproject development. *Energy Policy*. In press.
- Austeng, Kjell; Binz, Vibeke og Drevland, Frode (2005) Usikkerhetsanalyse – Feilkilder i metode og beregning. Concept-rapport nr 13. Concept-programmet, NTNU: Tilgjengelig fra [www.concept.ntnu.no](http://www.concept.ntnu.no).
- Austeng, Kjell; Midtbø, Jon Terje; Jordanger, Ingemund; Magnussen, Ole Morten og Torp, Olav (2005b) Usikkerhetsanalyse – Kontekst og grunnlag. Conept-rapport nr. 10. Concept-programmet, NTNU: Tilgjengelig fra [www.concept.ntnu.no](http://www.concept.ntnu.no).
- Austeng, Kjell; Bruland, Amund og Torp, Olav (2006) Kostnadsutvikling i vegprosjekter. Institutt for bygg, anlegg og transport. NTNU.
- Concept (2014) Informasjon om Finansdepartementets KS-ordning: [www.concept.ntnu.no](http://www.concept.ntnu.no)
- Eikeland Per T. (1999) Felles teori for organisering av byggeprosesser, Forskningsprosjektet Samspillet i byggeprosessen, NTNU.
- Eskerød, Pernille og Riis, Eva (2009) Project Management Models as Value Creators, *Project Management Journal*, Vol. 40, No. 1, p. 4-18.
- Finansdepartementet (2008) Kostnadsestimering. Kvalitetssikring av konseptvalg, samt styringsunderlag og kostnadsoverslag for valgt prosjektoalternativ. Veileder nr 6. Tilgjengelig fra <http://www.concept.ntnu.no/Publikasjoner/Veileder/>
- Flyvbjerg, Bent; Skamris Holm, Mette K.; Buhl, Søren L. (2002) Underestimating Costs in Public Works Projects: Error or Lie? *Journal of the American Planning Association*, vol. 68, no. 3, Summer 2002, pp. 279-295
- Flyvbjerg, Bent; Bruzelius, Nils and Rothengatter, Werner (2003) Megaprojects and risk: An anatomy of ambition. Cambridge, UK. Cambridge University Press.
- Förordning (SFS 2008:715) om finansiella åtgärder för hanteringen av restprodukter från kärnteknisk verksamhet. Svensk författningssamling.
- Hagen, Kåre Petter (2011) Verdsetting av fremtiden. Tidshorisont og diskonteringsrenter. Concept rapport nr. 27. Trondheim 27.09.2011. Tilgjengelig fra: <http://www.concept.ntnu.no/publikasjoner/rapportserie>
- Hollmann et. al. (2014) Variability in Accuracy Ranges: A Case Study in the Canadian Hydropower Industry, AACE International Technical Paper.
- Jørgensen, Magne og Teigen, Karl Halvor (2005). Kan vi unngå at "så og si helt sikkert" bare betyr "60% sikkert"? *Prosjektledelse*. ISSN 1500-0516. (2), s 29- 31
- Kahneman, Daniel (2011) Thinking fast and slow. Penguin books, London UK.
- Lag (1984:3) om kärnteknisk verksamhet. Svensk författningssamling.
- Lag (SFS 2006:647) om finansiella åtgärder för hanteringen av restprodukter från kärnteknisk verksamhet. Svensk författningssamling.
- Lichtenberg, Steen och Borg, Lorents (2011), Granskning av SKB:s användning av den successiva kalkylmetoden – undersökning av SKB:s kostnadsberäkningar för Plan 2010, Stencil 06.04.2011. (4)

- NDA (2014) Ringhals, Oscarshamn and Forsmark 2013 Decommissioning Cost Studies: NDA Review Report, March 2014. EDRMS No. 3.10.08.03
- NTNU (2011) Vurdering av SKBs Plan 2008. Rapport fra gransking etter oppdrag fra SSM. Trondheim 28.02.2011. NTNU, Institutt for bygg, anlegg og transport.
- NTNU (2011), Kostnader for å håndtere avfall fra svensk kjernekraft – Vurdering av kalkyle- og analysemetodikk NTNU, Institutt for bygg, anlegg og transport.
- NTNU (2011b) Governance og kvalitetssikring: Eierens styring av programmet for håndtering av kjernekraftavfall. Forstudium, 28.februar 2011 NTNU, Institutt for bygg, anlegg og transport.
- NTNU (2013), Kostnadsoverslag og usikkerhetsanalyse for avvikling av Barsebäck Kärnkraftverk, RAPPORT 10. NTNU, Institutt for bygg, anlegg og transport.
- Karlberg, Lars Anders (2013) Full forskarkrig om slutforvaret – igjen: Berkeleyprofessorn: Slutforvaret blir en koppargruva. Artikkel: Ny Teknik, 27. november 2013.
- Lædre, Ola (2009) Kontraktstrategi for bygg- og anleggsprosjekter. Tapir Akademisk Forlag. ISBN 978-82-519-2400-9.
- Persson, Dan (2011) Utvärdering och analys av SKB.s kalkyler för Planrapporterna 2007 – 2010. Västerås 2011-05-30.
- Prince2 (2014) <http://www.prince-officialsite.com/>
- Samset, Knut og Volden, Gro Holst (2013) Statens prosjektmodell. Bedre kostnadsstyring. Erfaringer med de første investeringstiltakene som har vært gjennom ekstern kvalitetssikring. Concept rapport nr. 35. Trondheim 07.06.2013. Tilgjengelig fra: <http://www.concept.ntnu.no/publikasjoner/rapportserie>
- Semcon (2014) [www.semcon.se](http://www.semcon.se)
- SSM (2011) Strålsäkerhetsmyndigheten: Granskning av SKB:s rapport «Plan 2010 Kostnader från och med 2012 för kärnkraftens radioaktiva restprodukter». Stockholm, 2011-06-15.
- SSM (2012) Kärnavfallsfondens Verksamhetsberättelse 2011. Stockholm februar 2012.
- Statoil (2014) [www.statoil.com](http://www.statoil.com)
- SVV (2011) Anslagsmetoden. Håndbok 217. Statens vegvesen. Vegdirektoratet, Byggherreseksjonen, januar 2011. Tilgjengelig på [www.vegvesen.no](http://www.vegvesen.no)
- Teigen, Karl Halvor and Nikolaisen, Mija (2009). Incorrect estimates and false reports: How framing modifies truth. *Thinking and Reasoning*. ISSN 1354-6783. 15(3), s 268- 293
- Torp O., Magnussen O. M., Olsson, N. og Klakegg O. J. (2006), Kostnadsusikkerhet i store statlige investeringsprosjekter. Empiriske studier basert på KS2, Forskningsprogrammet Concept, NTNU. Concept rapport nr. 15. Trondheim, 01.07.2006. Tilgjengelig fra: <http://www.concept.ntnu.no/publikasjoner/rapportserie>
- Torp et al. (2011) Kostnads- og budsjettutvikling i vegprosjekter – andre utgave, Rapport skrevet på oppdrag fra Statens Vegvesen. NTNU, Institutt for bygg, anlegg og transport. Trondheim Mai 2011.
- Welde, Morten; Samset, Knut; Andersen, Bjørn og Austeng, Kjell (2014) Lav prising – store valg. En studie av underestimering av kostnader i prosjekters tidligfase. Concept rapport nr. 39. Trondheim 25.04.2014. Tilgjengelig fra: <http://www.concept.ntnu.no/publikasjoner/rapportserie>

## Vedlegg 1

### Spørsmål til gruppeintervju 2. april 2014

#### Generelt:

Fordelingen av kostnadene for kjernebrenselforvaret mellom under og over mark svinger. Er forutsetningene endret slik at en større andel av anleggene enn tidligere antatt faktisk blir liggende over mark? Eller er det kalkylestrukturen som er endret slik at kostnader som tidligere lå på “anlegging under mark” nå ligger på “over mark”?

- Vi ser at noen av de største postene er blitt betydelig dyrere fra 2007 til 2010. Dette skyldes delvis endrede forutsetninger (CLAB) og delvis ny kunnskap (SKB, FUD og Avvikling). Ettersom utredninger pågår fortløpende og gir stadig ny kunnskap er dette ikke unaturlig. Men det hadde vært fint om dere kunne tydeliggjøre det for oss:
  - Hvorfor er forutsetningene for Clab endret og som forklarer den store kostnadsøkningen fra 2007 til 2010?
  - Det hadde vært fint hvis vi kunne fått en litt nærmere forklaring av kostnadsøkningen for SKB og FUD.
  - Utviklingen i kostnadene for avvikling og rivning av kraftverkene antar vi skyldes ny kunnskap om hva arbeidet innebærer (økt modning)? Er dette riktig?
  - Er konseptene så modnet nå at man kan anta at kostnadsbildet stabiliserer seg, at den forventede kostnaden flater ut?
  - Tabellen under viser noen utviklingstrekk fra Plan 2007 til Plan 2010. For å forstå helheten ønsker vi noen kommentarer på dette.

	Plan 2007	Plan 2008	Plan 2010	Plan 2013	Kommentar
Total mengde for lagring etter referansescenariet m <sup>3</sup>	255700	258000	218500	170300	Den sterke reduksjonen skyldes i hovedsak mindre rivningsavfall fra kraftverkene og redusert drifts- og rivningsavfall fra Clab. Er dette riktig forstått?
Total mengde for lagring etter Finansieringslagen m <sup>3</sup>	242400	241000	209100	160400	
Antall kapsler med kjerneavfall etter Finansieringslagen	4687	4522	4500	4560	Antall kapsler etter finansieringslagens beregningsanvisning har gått ned fra 2007 til 2013. Hva er forklaringen på dette (vi ville trodd at når flere og flere reaktorer kommer inn under 6-årsregelen så vil mengden beregnet avfall også øke)?  Samtidig med at antall kapsler ser ut til å gå ned så går kostnadene opp for kjernebrenselforvaret. Hva er i så fall forklaringen? Hva er de andre forhold som bidrar mer til at kostnadene øker?
Antall kapsler med kjerneavfall som grunnlag for Finansieringsbeløpet	3187	3367	3542	3775	Øker
Finansieringsbeløpet GSEK (prisinivå jan 2010)	64,3	70,2	83,6	(95,4)	Tallene for Plan 2007 – 2010 er i prisnivå jan. 2010, mens tallene for Plan 2013 er i prisnivå jan. 2013.

## Vurdering av usikkerhetsanalyse: Sluttlagringen for svensk kjernekraftavfall 2013

Kompletteringsbeløpet basert på P80 GSEK (prisnivå jan 2010)	17,8	12,6	13,1	(11,1)	Er redusert kraftig fra Plan 2007. Dette skyldes i hovedsak at det er innført en fast forutsetning om at gjenvinning av kjerneavfallet ikke skal med i kostnadene, slik at variation 209 er tatt ut. Ellers er variation 205 Ny lokaliseringsspross for slutføraret antatt å bli mindre eksponert for usikkerhet. Det samme gjelder variation 208 Begrensninger av temperaturen på kapselytan. Standardavviket er lite (ca. 10 %). Hvis standardavviket økte til f.eks. 25 % ville kompletteringsbeløpet øke til ca. 25 -30 GSEK
--	------	------	------	--------	---

### Variationene:

Nedenstående tabell inneholder rangeringen av de ulike variasjonene over tid. Rangeringen inneholder stort sett nummerering fra 1 til 10. (Det er denne rangeringen SKB har brukt i oversikten over de største usikkerhetene, men som vi ikke har funnet noen kriterier for.) På noen av variasjonene har vi imidlertid sett på hvor usikre de variasjonene er ved å se på spredningen mellom høg og lav. Disse er rangert med bokstavene a), b), c), d) etc. Dataene er hentet i tabellene over «kostnadsutfallet av variationerna som indata til simuleringen».

De viktigste variasjonene:	Plan 2007		Plan 2008		Plan 2010		Plan 2013	
	Nr.	V nr.	Nr.	V nr.	Nr.	V nr	Nr.	V nr
Lagstiftning og myndighetskrav avseende rivning av kärnkraftverk	1	126	1	128	1	136	2	102
Lagstiftning og myndighetskrav avseende kärnteknik allmänt	2	125	3	127	2	135	1	101
Realism i kostnadsuppskattningar avseende processinvesteringar och drift av anläggningar (ej rivning)	3	132	4	134	6	142	4	215
Överordnad tidsplanestrategi	4	101						
EEF lönekostnader för tjänstesektoren	5	111	b)	111	a)	126	3	104
Realism i kostnadsuppskattningar avseende rivning av processdelar i kärnkraftverk	6	131	6	133	3	141	c)	409 + 410
EEF bentonitpris	7	116			10	132		
Objektsäkerhet avseende rivningsdrift vid rivning av kärnkraftverken	8	904	5	904	9	904	10	907
Prosjektledning och projektorganisation vid byggande av slutföraret för använt bränsle	9	121	7	123			-	207
EEF maskinkostnader	10	113	2	113	f)	128	m)	
EEF Pris- och produktivitetsutveckling för lönekostnader i byggsektorn			8	112	7	127	8	105
Slutförarets bergrum, tunnlar och schakt – beroende av dimensionerande tunneltvärsnitt och systemlayout			9	104			-	211
Rationaliseringseffekten som en följd av upprepningen vid avveckling av 12 reaktorläggningar			10	124	5	116	9	404
Lagstiftning och myndighetskrav, övrigt					4	137	5	103

Vurdering av usikkerhetsanalyse: Sluttlagringen for svensk kjernekraftavfall 2013

(ej aktiva delar)								
Möjligheter till effektivisering av deponeringsprocessen i Kärnbränsleförvaret.					8	109	6	212
Förseningar i oppstartningen av deponering av kapslar	a)	203			e)	203	e)	201
De viktigste variasjonene:	Plan 2007		Plan 2008		Plan 2010		Plan 2013	
- fortsettelse fra forrige side	Nr.	V nr.	Nr.	V nr	Nr.	V nr	Nr	V nr
Lokalisering av innkapslingsanlægningen	e)	206					-	204
Konjunktur vid rivning av kärnkraftverken	f)	119	f)	121			-	407
Realism i kostnadsuppskattningar SKB centralt, FUD samt befintliga anleggninger			h)	131				
Effekten av værderingsförsjutningar i samhällen avseende kärkraft			i)	201	l)	201		
Lokalisering av slut förvaret			j)	102			-	303
Kärnbränsleförvaret – ber. av temperaturbegräsningen vid kapsel					h)	107	-	214
EEF Växelkurs direkteimport (USD)					j)	134	k)	111
Tillgång til kompetens vid avveckling av kärnkraftverken							7	406
Styrning och organisering vid avveckling av kärkraftverken							g)	405

- Kriteriene for å havne på listen over de viktigste variasjonene?
  - Vi sporer noe manglende samsvar mellom størrelsen på kostnadsspredningen (intervallet mellom låg og hög) og rangeringen av variasjonene. Et eksempel er variasjonen Förseningar i oppstartningen av deponering av kapslar. Denne er, så vidt vi kan se, den mest usikre i 2007 og den med femte største spredning i 2010. Ingen av gangene er den med på listen over de viktigste variationene.
- Overordnet tidsplanstrategi var på 4. plass over variasjonene i Plan2007, siden har den forsvunnet ut av listen. Ligger usikkerheten i andre variasjoner eller er den tatt helt ut?
- En av de største kostnadsbærerne er Sluttforvarets bergrum (tunneler, sjakter etc). I plan 2008 var det en variasjon knyttet til denne, mer spesifikt «beroende av dimensionerende tunneltværnsnitt och systemlayout». Den er ikke med i 10-på topplisten i Plan 2007 eller Plan 2010, men var på 9.ende plass i 2008. Anser dere fortsatt at usikkerheten er så liten at den ikke fortjener en plass på 10-på topp listen?
- Vi undrer over at variasjonen Rasjonaliseringseffekten som en følge av opprepingen vid avveckling av 12 reaktorbyggninger er så usikker at den havner på 5. plass i Plan 2010 samtidig som variasjon knyttet til sluttforvaret ikke er på topp-10.
- Det virker å være noe manglende samsvar mellom vurderingene som er gjort og realitetene vi ser ved å studere utviklingene fra Plan2007 til Plan2010. Et eksempel er Realism i kostnadsuppskattningar SKB centralt, FUD samt befintliga anleggninger er en variasjon som

kommer relativt høyt opp på listen når det gjelder spredning, men vi anser den likevel til å være lavt vurdert i forhold til den utviklingen kostnadsøkningene som rapportene viser på dette. Er vurderingene realistiske i forhold til den virkelighet som synes å eksistere?

- Vi vil også gjerne ha kommentarer på variasjonen Effekten av værderingsförsjutningar i samhällen avseende kärkraft. Vårt syn på denne er at den lange tiden tatt i betraktning er dette en av de største usikkerhetene i prosjektet.

**Flik 11 – Tabell 1-1**

Prio etter størrelse på standard-avvik	Tekst	Ref. kostnad MSEK	Forventet MSEK	Forventet tillegg fra usikkerhets-analysen MSEK	Standard -avvik MSEK
1	Avveckling <sup>3</sup> - Nedmontering	8789	10605	(1) 1816	2849
2	SFK-stam- och deponeringstunneler – Rivning, förslutning och återfylling	3410	2926	(13) -484	2267
3	SFK-ovan mark – Investering och rivning	5508	7008	(4) 1500	1964
4	Avveckling – Rivning och återställning	4354	5361	(7) 1007	1945
5	SFK-stam- och deponeringstunneler – Investering	4945	5685	(11) 740	1943
6	SKB - centralt	4498	5499	(8) 1001	1644
7	Avveckling - Prosjektorganisation	4753	5883	(6) 1130	1546
8	Clab - Drift	6093	7738	(2) 1645	1500
9	SFK-ovan mark - Drift	3775	4389	(12) 614	1432
10	Avveckling – Bevakning, drift och underhåll	2381	3946	(3) 1565	1311
11	SFK-övriga bergutrymmen - Investering	2404	3398	(9) 994	1144
12	Kabeltillverkning - Kapselkomponenter	5151	5207	(15) 56	1049
13	SKB - Fud	4502	5646	(5) 1144	1020
14	SFK- övriga bergutrymmen – Rivning och förslutning	1504	1732	(14) 228	1017
15	Innkapsling anläggning - Investering	3323	4074	(10) 751	975

- Vi ser at det faktisk er tre arbeidsoperasjoner som antas å ha større usikkerhet knyttet til seg enn arbeidet med Rivning och återställning av kraftverksområdene. At Avveckling – Rivning och återställning likevel er vurdert til å være den mest usikre objektvariasjonen kan antakelig forklares ved at det objektet med størst samlet usikkerhet; Avveckling – Nedmontering er tilknyttet et generelt forhold om Rationaliseringseffekten som en följd av opprepingen vid avveckling av 12 reaktorinstalleringar. Denne rasjonaliseringseffekten vil nok være større for demontering av innmaten i anleggene enn for rivingen av byggene.
- Noe av det samme gjør seg gjeldende også for arbeidene med SFK-stam- och deponeringstunneler, hvor det er tilknyttet et generelt forhold om möjligheter till effektivisering av deponeringsprocessen i Kärnbränsleförvaret.

<sup>3</sup> For å gjøre den enda oversiktligere har vi slått sammen de sammenlignbare arbeidsoperasjonene knyttet til avviklingen av kraftverkene, slik at totaloperasjonen Avveckling er redusert fra 4x6 poster til bare 6 poster. Dette innebærer at vi også har slått sammen usikkerhetene. For enkelhets skyld har vi antatt at korrelasjonen mellom kostnadene for de samme operasjonene for alle kraftverkene er så stor at vi bare har summert standardavvikene. (Rent teoretisk kan jo dette synes som en tvilsom fremgangsmåte, men det viktige her er å få frem noen poenger, og ikke nødvendigvis være pinlig nøyaktig.)

- Hvorfor objektet SFK-ovan mark – Investering och rivning, som har nesten samme standardavviket som Avveckling – Rivning och återställning, ikke er nevnt som en stor usikkerhet, er litt vanskeligere å se. Forklaringen kan ligge i det faktum at usikkerhetstillegget for SFK er mye større; noe som kan tyde på at det også her ligger generelle forhold som har bidratt sterkt til totalusikkerheten.
- Det som har økt mest fra Plan 2010 til Plan 2013 er Innkapslingsanleggning och kapsselfabrik med ca. 2 GSEK og SFR med ca. 1 GSEK. Vi er litt usikre på om dette er dekket av Variation 142 – Realism i kostnadsuppskattningar – process och drift övrigt (ej avveckling av kärnkraftverk, ej process inkapsling).

Andre:

- Usikkerhet i faste forutsetninger
- En egen variasjon om virkningene av endringer i referansescenariet.
- Ressurs- og kompetanseknapphet
- Rivningsmetodikk og tilbakeføring (Barsebäck snakker om kystby)
- Gjennomføringsorganisasjon generelt (Er ennå ikke bestemt hvem som skal ha ansvar for å få denne på beina?)
- Mulige systematiske feil i analyse og kalkyle
- Samfunnets krav og forventinger generelt
- Mulig nye skatter og avgifter
- Ulykke knyttet til transport eller oppbevaring av kjerneelementer.
- Det utenkelige/Terror
- Bør kategori 2-variasjonene inn i Kalkyl 40?

Det kan tenkes at noe av de ovenstående punktene er med i andre variasjoner. Noe som vi ikke har klart å spore.

### Diskonteringseffektene

Her er det tre forhold som vi bør ha en diskusjon om:

2. Vil det være tjenlig for alle parter å få satt opp en samlet oversikt over mulige tidsforskyvninger av arbeidsoperasjoner og følgene av dette mhp tidsplaner og økonomiske konsekvenser?  
Stikkordene for hva som skal med kan være:
  - Planlagte utsettelse
  - Ikke-planlagte forsinkelser
  - Kritiske aktiviteter
  - Ikke-kritiske aktiviteter
  - Sammenhengene og følgene for andre aktiviteter
  - Tallfesting av tid og kostnader
3. Størrelsen på diskonteringsrenten over tid.
  - Slik at verdien av fremtiden ikke bortdiskonteres
  - Slik at nåverdien ikke fremstår for gunstig ved store forsinkelser i en usikker fremtid
4. Kan det være hensiktsmessig (og mulig) å foreta en usikkerhetsanalyse etter suksessiv metoden mhp tid?

## Faste forutsetninger

F11 Ingen overvakning etter forslutning

F12 KBS 3-metoden anvendes

F13 Återtagning av kapslar ska vara möjligt, men ej ingå i kalkylen

F14 Mengden anvendt kærnbränsle skal bestemmes ut fra kjernekræfteiernes prognoser og skal ligge fast

F15 Typen av fremtidig anvendt kærnbränsle skal tilsvare dagens om ikke kjernekræftselskapene allerede har besluttet noe annet.

F16 Konsekvensen av reaktorhavari på mengden eller typen av restprodukter skal ikke være en del av analysen

I tillegg har vi lagt inn:

F17 Referansescenariet er dekkende for fremtiden

F18 Referanseskalkylen er estimert på samme forutsetning om oppgaveforståelse som Kalkyl 40

F19 Driftsavfall og radioaktivt avfall från andra än tillståndshavarna er ikke med

F20 Hva områdene skal återställas til er entydig fastlagt

Spørsmålene:

- Er det klart hvem som betaler hvis det blir bestemt å overvåke lagrene?
- Er det utviklet metoder for hvordan återtakningen skal kunne gjøres?
- Kostnadene for selve återtakandet er vel naturlig å overlate til de som måtte ønske å få tak i brenslet, men kostnadene for nå å sikre at det faktisk skal være sikkerhetsmessig mulig å gå inn om tusen år må bæres av noen. Det sås nå tvil om kopper som egnet til kapselhud.
- Noen av konsekvensene av et reaktorhavari er vel av en størrelse og art som ikke dekkes av en forsikring.
- Hver Plan-rapport synes å være utarbeidet ut fra en forutsetning om at det beskrevne referansescenariet er dekkende for framtiden. Mulige endringer synes ikke å være tatt hensyn til i Kalkyl 40. Vi savner en variasjon som dekker «Effekten av endringer i referansescenariet».
- Er det gjort noen tiltak for å sikre at alle som kommer med estimer har det samme bildet i hodet? Hvis ikke, hvordan er denne usikkerheten tatt vare på?
- Er det klart hvem som skal betale for lagring av driftsavfall og avfall fra SVAFO?
- Hvem eier usikkerheten knyttet til hva de friklassede arealene skal brukes til, og kan dette være en aktuell problemstilling også ved alle anleggene?

I SKBs kalkyler er EEFene lagt direkte inn på kostnadsbærene.

Fordelen med å gjøre det slik som SKB antakelig har gjort er at virkningen fra EEFene på kalkylen enkelt kan spres over tiden og plasseres korrekt på de aktivitetene det gjelder. Ulempene er at det vanskeliggjør en samlet oversikt over hvor stor den totale virkningen av EEF er.

### Spørsmål fra analyseprosess og kalkylemodell:

Om grunnlaget for usikkerhetsanalyse:

- Er filosofien “det vi har planlagt” eller “det vi faktisk kommer til å gjøre”?
- Underforstått: hvordan begrunnes de faste forutsetningene?
- Hvordan vurderes tidsusikkerheten i underlaget for kalkylen? Er dette vurdert systematisk?
- Også referanse til spørsmål om modenhet (Olav).

Analyseprosess:

- Hvordan er analyseprosessen gjennomført (gruppeprosessen) og hvordan fungerte fasilitatorrollen (spesifikt samspillet mellom de to)?
- Hvordan ble grunnlaget (grunnkalkyle og kalkylemodell) presentert for ressursgruppen? (underforstått – hvor godt kunne de sette seg inn i underlaget)
- Hvordan ble konsistens sikret mellom ulike spesialister som var innom gruppen og presenterte spesifikke deler av kostnadsoverslaget?
- Identifiseringen av usikkerheter starter med utgangspunkt i tidligere identifiserte faktorer. Det oppgis at diskusjonene først og fremst baseres på endringer i forutsetninger generelt og spesielt i forhold til SKBs virksomhet. Dette er vel og bra, men det omtales ikke (Underlagsperm side 1) hva sammenligningsgrunnlaget er og hvordan en har sørget for å unngå å bli opphengt i/farget av de tidligere analysene.
- Hvordan prioriteres identifiserte variasjoner for videre bearbeiding i prosessen?
- Hvordan bearbeides disse så videre – og hvordan utarbeides grunnlag for hver variasjon i gruppeprosessen?
- Hvordan er de “svarte svanene” vurdert – og er de egentlig svarte svaner?
- Hvordan settes trippelanslagene på hver kostnadspost og usikkerhetsfaktor i gruppeprosessen? Hvilken rekkefølge?
- Stemmer det at sannsynlig verdi for variasjoner settes til 0 per definisjon? Evt. hvorfor det?
- Skjedde det noe med vurderingen av yttergrensene når dere skiftet fra 1:10 til 1:100?
- Hvordan har dere gjort vurderingen av sannsynlighet for hendelsene?

Kalkylemodell:

- Begrepet “konfidensgrad” i figur 5-1 bør sjekkes – hva menes?
- Usikkerhetspåslaget - tilsvarende det vi kaller forventede tillegg?
- Hvordan er grunnkalkylen og kalkylemodellen fremskaffet?
- Kan vi få verifisert antall kalkyleposter og antall variasjoner i modellen?
- Hvordan vurderes sammenhengen mellom de mange (7) konjunkturfaktorene i modellen?
- Hvilket kalkyleverktøy er benyttet?
- Det er oppgitt 2000 sykler – var resultatet stabilt med et så lavt tall?
- Hvorfor er ikke muligheten til å legge inn korrelasjon benyttet?

## Prosjektets modenhet

Se figuren under. Hvilken «fase» vil dere si at prosjektet er i?

Phase	Project identification			Project definition	
Stage	Project evaluation	Feasibility study	Project development	Concept development	Project definition

Hvor modent er prosjektet (degree of project definition) på en skala fra 0 – 100 ?

Hva virker å være et fornuftig usikkerhetsnivå i forhold til prosjektets modenhet?

I modenhetsvurderingen vi gjorde i forbindelse med analysen av Barsebäck anså vi de tekniske aspektene av prosjektet som mest modent, mens forhold til forutsetninger, kravstilling, myndigheter etc. som mindre modent. Gjelder det for prosjektet som helhet?

En del av de store postene er blitt betydelig dyrere gjennom de siste plan-rapportene. Nærmer vi oss et tidspunkt hvor prosjektet og konseptene er så modnet at kostnadsbildet vil stabilisere seg?

Det er stor forskjell på hvor langt de forskjellige elementer er ført rent planmessig - Kan det være elementer som er på et lavt modenhetsnivå og hvor en fortsatt vil få store kostnadsøkninger?

## Prosjektgjennomføring

- Hvilke tanker er det gjort rundt prosjektmodell (roller og ansvar, beslutningspunkter/faser, krav til beslutningsgrunnlag, kvalitetssikring)?  
Hvor langt har dere kommet i tanker rundt gjennomføringsmodell (Angrepspunkt, rekkefølge, progresjon, samarbeidsform/kontrakter, prosjektets organisering, usikkerhetsstyring)?
- Hvem bestemmer gjennomføringsorganisasjonen?
- Hvem skal være ansvarlig for gjennomføringen av prosjektet?
- Hvem er prosjekteier for gjennomføringen? Hvem skal ha prosjektlederrollen? Hvem er ansvarlig for kvalitetssikring under prosjektering og gjennomføring?
- Tror dere det vil bli stor konkurranse om ressursene – internasjonalt?
- Enkelte av ressursene eksisterer kanskje ikke i dag en gang?

## Vedlegg 2

### Oppfølgingsspørsmål til SKB etter gruppeintervju

- Fordelingen av kostnadene for kjernebrenselforvaret mellom under og over mark svinger. Er forutsetningene endret slik at en større andel av anleggene enn tidligere antatt faktisk blir liggende over mark? Eller er det kalkylestrukturen som er endret slik at kostnader som tidligere lå på anlegning under mark nå ligger på over mark?
- Vi ser at noen av de største postene er blitt betydelig dyrere fra 2007 til 2013. Dette skyldes delvis endrede forutsetninger (CLAB) og delvis ny kunnskap. Ettersom utredninger pågår fortløpende og gir stadig ny kunnskap er dette ikke unaturlig. Men det hadde vært fint om dere kunne tydeliggjøre det for oss:
  - Hvorfor er forutsetningene for CLAB endret og som forklarer den store kostnadsøkningen fra 2007 til 2013?
  - Tabellen under viser noen utviklingstrekk fra Plan 2007 til Plan 2013. For å forstå helheten ønsker vi noen kommentarer på dette:

	Plan 2007	Plan 2008	Plan 2010	Plan 2013	Kommentar
Total mengde for lagring etter referansescenariet m3	255700	258000	218500	170300	Den sterke reduksjonen skyldes i hovedsak mindre rivningsavfall fra kraftverkene og redusert drifts- og rivningsavfall fra CLAB. Er dette riktig forstått?
Total mengde for lagring etter Finansieringslagen m3	242400	241000	209100	160400	Er det andre forhold som forklarer reduksjonen i mengde avfall?
Antall kapsler med kjerneavfall etter Finansieringslagen	4687	4522	4500	4560	Antall kapsler etter finansieringslagens beregningsanvisning har gått ned fra 2007 til 2013. Hva er forklaringen på dette (vi ville trodd at når flere og flere reaktorer kommer inn under 6-årsregelen så vil mengden beregnet avfall også øke)?  Det eksisterer en fast forutsetning som sier: «Mengden anvendt kærnbränse skal bestemmes ut fra kjernekræfteiernes prognoser og skal ligge fast». Hvordan henger dette sammen med estimatet på antall kapsler?  Samtidig med at antall kapsler ser ut til å gå ned så går kostnadene opp for kjernebrenselforvaret. Hva er i så fall forklaringen? Hva er de andre forhold som bidrar mer til at kostnadene øker?
Antall kapsler med kjerneavfall som grunnlag for Finansieringsbeløpet	3187	3367	3542	3775	Øker
Finansieringsbeløpet GSEK (prisinivå jan 2010)	64,3	70,2	83,6	(95,4)	Tallene for Plan 2007 – 2010 er i prisnivå jan. 2010, mens tallene for Plan 2013 er i prisnivå jan. 2013.
Kompletteringsbeløpet basert på P80 GSEK (prisinivå jan 2010)	17,8	12,6	13,1	(11,1)	Er redusert kraftig fra Plan 2007. Hva skyldes dette, ut over at standardavviket er blitt mindre? Standardavviket er lite (ca. 10 %). Hvis standardavviket økte til f.eks. 25 % ville kompletteringsbeløpet øke til ca. 25 -30 GSEK

- Bak flik 11 i grunnlagspermen finner vi tabell 1-1. Dette er i utgangspunktet en oversiktlig og informativ fremstilling av kostnader og usikkerhet. Det som imidlertid er vanskelig å forstå er utregningen av totalt standardavvik på 10 517 MSEK. Ved å ta standardavviket på delpostene fra den siste kolonnen og regne om til varians, for så å summere variansene, og ta kvadratroten, får vi totalt standardavvik på 5 626 MSEK. Dette er anerkjent (og eneste) metode for å regne standardavviket for en sum, under forutsetning av at postene er statistisk uavhengige. Så her ligger det tydeligvis noe bak som vi ikke har fått med oss. Vi har forsøkt å legge inn 100 % korrelasjon mellom de sammenliknbare delpostene under hovedposten avvikling for alle kraftverkene. Dette ga imidlertid beskjeden økning i standardavviket sett i forhold til det store gapet mellom våre beregninger og tabellens tall. Kan forskjellen forklares på noen måte?
- Det sies å foreligge en vurdering av modenheten av grunnlaget til de forskjellige kostnadselementene. Er det mulig å få denne oversendt?
- Hvor modent er de enkelte prosjektobjektene (fra A – E, 0 – 100?)?
- Vi skulle gjerne ha fått tydeliggjort enda mer argumentasjonen for at en eventuell endring i referansescenariets forutsetninger om driftstider ikke har betydning for Kalkyl 40. Så vidt vi forstår er ett av argumentene at eventuelle økt kostnader vil oppveies av økte inntekter. Dette er vanskelig å svelge i en situasjon hvor de største inntektene kommer fra fondsavkastningen, og hvor usikkerheten knyttet til denne ikke er en del av den samme analysen.
- Forventet tillegg (Usikkerhetspåslag) er ca. 18 GSEK. Dette kommer fra vurderinger av generelle forhold (variasjoner kategori 1) og estimatusikkerhet i kostnadsbærerne (objektvariasjoner). Kan det fremskaffes en oversikt over dette? (Hvor kommer enkeltbidragene fra, og hvor store er de?)

#### Om kalkylemodellen:

- Kan vi få verifisert antall kalkyleposter (objekter) og antall generelle usikkerhetsfaktorer (variasjoner) i modellen for Plan 2013?
- Hvordan vurderer SKB sammenhengen mellom de mange (7) konjunkturfaktorene i modellen?
- Tilsvarende for andre kalkyleelementer som har større eller mindre grad av avhengighet mellom seg. Hvordan er dette vurdert og tatt hensyn til i modellen?
- Hvilket kalkyleverktøy er benyttet?
- Det benyttes Monte Carlo Simulering. Det er oppgitt 2000 sykler – var resultatet stabilt med et så lavt tall? (med andre ord – dersom det kjøres to ganger får en samme resultat?)

### Vedlegg 3 – Svar fra SSM og SKB på oppfølgingsspørsmålene

Svar fra Annika Åström på e-post:

	Plan 2007	Plan 2008	Plan 2010	Plan 2013	Kommentar
Total mengde for lagring etter referansescenariet m <sup>3</sup>	255700	258000	218500	170300	Den sterke reduksjonen skyldes i hovedsak mindre rivningsavfall fra kraftverkene og redusert drifts- og rivningsavfall fra CLAB. Er dette riktig forstått? <b>Annika: ja det är det så. I plan 2013 har nya avfallsberäkningar genomförts för samtliga reaktorer.</b>
Total mengde for lagring etter Finansieringslagen m <sup>3</sup>	242400	241000	209100	160400	Er det andre forhold som forklarer reduksjonen i mengde avfall?  <b>Annika: se kommentar ovan</b>
Antall kapsler med kjerneavfall etter Finansieringslagen	4687	4522	4500	4560	Antall kapsler etter finansieringslagens beregningsanvisning har gått ned fra 2007 til 2013. Hva er forklaringen på dette (vi ville trodd at når flere og flere reaktorer kommer inn under 6-årsregelen så vil mengden beregnet avfall også øke)?  <b>Kommentar Annika: Sist i dokumentet har lagt in ett diagram som visar utvecklingen av kärnkraftsproducerad el. Det kan vara en av förklaringarna till varför prognostiserat kapselantal minskar.</b>  Det eksisterer en fast forutsetning som sier: «Mengden anvendt kärnbränsle skal bestemmes ut fra kjernekræfteiernes prognoser og skal ligge fast». Hvordan henger dette sammen med estimatet på antall kapsler?  Samtidig med at antall kapsler ser ut til å gå ned så går kostnadene opp for kjernebrenselstoffet. Hva er i så fall forklaringen? Hva er de andre forhold som bidrar mer til at kostnadene øker?
Antall kapsler med kjerneavfall som grunnlag for Finansieringsbeløpet	3187	3367	3542	3775	Øker  <b>Kommentar Annika: Vad är er frågeställning här?</b>
Finansieringsbeløpet GSEK (prisnivå jan 2010)	64,3	70,2	83,6	(95,4)	Tallene for Plan 2007 – 2010 er i prisnivå jan. 2010, mens tallene for Plan 2013 er i prisnivå jan. 2013.  <b>Kommentar Annika: Vad är er frågeställning här?</b>
Kompletteringsbeløpet basert på P80 GSEK (prisnivå jan 2010)	17,8	12,6	13,1	(11,1)	Er redusert kraftig fra Plan 2007. Hva skyldes dette, ut over at standardavviket er blitt mindre? Standardavviket er lite (ca. 10 %). Hvis standardavviket økte til f.eks. 25 % ville kompletteringsbeløpet øke til ca. 25 -30 GSEK

Svar fra SKB på henvendelse sendt på e-post.

## Vedlegg 4

### Vurdering av SKBs Plan 2008 av 28.02.11 og resultatet av råd og anbefalinger

Da vi tok på oss oppdraget om å vurdere SKBs Plan 2013 var det naturlig å starte med en gjennomgang av hva vi oppfatter har vært responsen på vår forrige rapport om vurderingen av Plan 2008. Dette er ikke ment som noen evaluering av hva SKB har gjort og ikke gjort i forhold til tidligere råd og anbefalinger, men kun en støtte til utgangspunktet for den nye rapporten. Vi har aldri spurt SKB om hva de har tatt inn over seg fra den gamle rapporten, og derfor kan våre vurderinger rundt dette være både mangelfulle og direkte feilaktige.

Hvor i rapporten	Anbefaling	Respons	Kommentar
<b>Fra kapittel 2 om kalkyle-systemet</b>	Vi anbefaler at Plan-rapportene inneholder en modenhetsanalyse, og at denne brukes til å gjøre en vurdering av hvordan usikkerheten som fremkommer fra beregningene samsvarer med det som anses å være reelt i den fasen prosjektet befinner seg i. Hvis ovennevnte vurderinger resulterer i at den estimerte usikkerheten er for liten oppfordrer vi SKB til å prøve å finne årsakene til at det er slik. I forbindelse med modenhetsanalysen bør det også vurderes om det er elementer hvor man kan ha et betydelig etterslep i reell oppdatering av kostnadsbildet.	I Plan 2013 sies det å være gjennomført en modenhetsanalyse. Resultatet er ikke med i rapporten. Vi har i ettertid fått tilsendt noen av resultatene.	De resultatene vi har fått oversendt har vært grunnlag for noen vurderinger i vår nye rapport.
	Vi anbefaler SKB å gjennomføre en kontroll (i form av samtaler, spørreskjemaer, stikkprøver) på om alle i kalkylearbeidet gjør vurderinger ut fra noenlunde de samme forutsetningene, og at estimatene i utgangspunktet ikke inneholder skjulte påslag/fratrekk for usikkerhet.	I Plan 2008 var det anført at dette var viktig. I samtale på møtet i Stockholm 2. april ble det gitt inntrykk av at dette var tatt vare på, men vi fikk ikke noe klart svar på hvordan.	Hensikten med dette tiltaket var å sikre at alle som bidro til kalkylen hadde noenlunde det samme bildet i hodet av hva som skulle gjøres og med hvilke metoder, for derved å sikre kalkylens konsistens
	Prinsipielt vil vi hevde at forventningsverdien er et bedre grunnlag for å vurdere antatt sluttkostnad enn P50. Og selv om det for dette prosjektets vedkommende ikke har noen praktisk betydning, vil vi anbefale at SKB benytter forventningsverdier som gjenstående grunnkostnad.	Er gjennomført	
<b>Fra kapittel 3 om variasjoner</b>	Anbefaler at prosjektet tar en grundig gjennomgang av holdbarheten til de forutsetningene som ligger til grunn for kostnadsvurderingene, og av følgene av at forutsetningene ikke skulle være reelle. Her er det snakk om definerte faste forutsetninger, forbehold som måtte være definert av prosjektet, og tause forbehold/forutsetninger som kalkulatørene måtte ha lagt til grunn under sin prising av kostnadselementer. Forbehold som bare har til hensikt å redusere egen usikkerhet bør vekk.	I Plan 2013 finnes en begrunnelse for alle forutsetningene, men ingen vurdering av evt. konsekvenser hvis de skulle vise seg å ikke holde.	Vi har i vår rapport gjort gjeldende vårt syn på hvilke forutsetninger som er reelle, og hvilke som burde være en prosjektusikkerhet.
	Anbefaler en egen kortfattet oppsummering av alle økonomiske effekter av tidsforskyvning.	SKB mener de har med dette i sin rapport	Vår mening er at det som SKB henviser til er for tungt tilgjengelig og ikke gir den ønskede

Vurdering av usikkerhetsanalyse: Sluttlagringen for svensk kjernekraftavfall 2013




			støtte til kostnadsanalysen.
	Vi anbefaler en egen kortfattet oppsummering alle økonomiske effekter av endring i lokaliseringene.	Så vidt vi kan skjønne ikke tatt til følge	Er antakelig svært komplisert, og vi antar nå at det vil være en umulighet å få den så kortfattet som vi så for oss.
	Vi anbefaler at man i samband med gruppesamlingene også har en grundig diskusjon om mulighetene for systematiske feil.	Antakelig ikke tatt til følge	Vi mener fortsatt at systematiske feil i analysesammenheng er en stor konseptuell usikkerhet
	Vi anbefaler å lage en egen samlet oversikt over korrelasjoner som eksisterer og hvordan de er behandlet i kalkylen.	Er ikke tatt til følge	Anbefalingen opprettholdes
	Vi anbefaler en egen beskrivelse i rapporten om planer for oppbygging av gjennomføringsorganisasjonen og usikkerhetene knyttet til denne.	Er lovet å komme etter hvert	
	Vi anbefaler en plan for jevnlig systematisk søk etter "det utenkelige" med tilhørende plan for spredning av den kunnskapen som kommer frem, samt plan for forhåndstiltak.	Er gjort. I analysen for Plan 2013 ble det satt av en dag i starten for å diskutere svarte svaner og forhold i analysen ++.	Konklusjonen ble imidlertid at dette var dekket i variasjonen om nye krav fra samhället.
<b>Fra kapittel 4 om analysene</b>	SKB har lang erfaring med suksessiv-analyser og skal gjennomføre mange nye. I den forbindelse vil vi gjøre oppmerksom på at det generelt er behov for mer forskningsinnsats knyttet til hvordan man kan sikre at anslagene blir vide nok til å være i samsvar med den usikkerheten som eksisterer.		
	Prosessleders vurderinger av prosessen og resultatene bør være en del av analyserapporten		
	For å sikre at gruppedeltakere som eventuelt sitter igjen med skepsis i forhold til de resultatene som er fremkommet kan få sagt sin mening, en høringsrunde av rapporten en grei løsning.		
	I løpet av gruppesansen har en rekke svært kompetente mennesker vrent ut og inn på prosjektet. Vi vil sterkt anbefale at når man begynner å nærme seg gjennomføring så blir sensen utvidet slik at man får utnyttet deltakernes kompetanse og viten om prosjektet til vurderinger om tiltak for håndtering av det usikkerhetsbildet som er kommet frem.		
	Vi anbefaler at det ved visse mellomrom gjennomføres spesialseanser med brainstorming av mulig usikkerhet knyttet til for eksempel samfunnets krav og forventninger. Resultatet fra disse seansene bør videreføres i fremtidsscenarioer for å avdekke virkningen av tenkbare hendelser og for prosjektet uønsket effekt av samfunnsutviklingen.	Usikker på hva som gjøres her	Opprettholder anbefalingen
<b>Generelle merknader</b>	Det mangler også noe på beskrivelse rundt variasjonene. (Dette siste har SKB rettet noe på i Plan 2010.)	Har blitt bra	
	En egen fremstilling av endringene fra siste rapport	Har blitt bra	

# Ringhals, Oskarshamn and Forsmark 2013 Decommissioning Cost Studies: **NDA Review Report**

March 2014



## Document approval and history

	Name	Signature	Date
<b>Prepared:</b>	Michael Calloway, Lead Programme Manager		20/03/14
<b>Reviewed:</b>	Chris Kaye, Head of Non-NDA Liabilities Oversight		20/03/14
<b>Approved:</b>	Alan Moore, Head of Operational Performance		20/03/14

Version	Record of Change	Author	Date
Draft	Issued to SSM for initial review	M Calloway	20/12/13
Draft 2	Re-submitted SSM	M Calloway	31/01/14
01	Final Version	M Calloway	20/03/14

## Distribution

### Swedish Radiation Safety Authority (SSM)

Simon Carroll  
Annika Åström

### Nuclear Decommissioning Authority (NDA)

A Moore  
C Kaye  
A Ridpath  
J Chaplin  
M Calloway  
EDRMS LL 3.10.08.03

The findings and recommendations contained in this report are based on a non-exhaustive review of the reports and documents provided by the Swedish Radiation Safety Authority (SSM) – the review completed selected ‘drill downs’ in specific areas.

The findings and recommendations are also dependent on the accuracy of the information provided by SSM both in writing and verbally.

The report and advice prepared by NDA are for the use by SSM only and are not intended to be used or relied upon by any third party.

Distribution outside SSM and the NDA will be at the sole discretion of, and be through, those SSM officials in formal receipt of this report.

This review was undertaken against the SSM Contract Number: SSM 2013-4798 dated 31 October 2013.

## Contents

Document approval and history	2
Distribution	2
Executive Summary	4
1. Introduction and Context	5
2. Review Approach	6
3. Estimated Costs - Methodologies	6
3.1. Benchmarking	10
3.2. Plant Inventory – Basis of Estimate and Level of Detail	13
3.3. Age of Cost Estimates supporting the 2013 Submissions.	14
3.4. Scope Description underpinning the Estimated Costs	14
3.4.1. Spent Fuel Management	15
3.4.2. Radioactive and Conventional Waste Management	16
3.4.3. Decommissioning Technologies	16
3.4.4. End States	17
3.4.5. Technical Scope	18
3.5. Schedule supporting Cost Estimate Derivation	19
3.6. Programme/Portfolio Management	20
4. Risk Management and Contingency Provision	21
5. Assumptions and Exclusions	23
6. Direct and Indirect Overhead Allocation	26
6.1. Management Arrangements/Organisational Structure	26
6.1.1. Industry Reference Organisation Model	26
6.1.2. Resource/Supply Chain	27
6.2. Other Direct and Indirect Costs	28
7. NIS Comparison Report	28
8. Recommendations to Improve Cost Studies	29
8.1. Cost Study Quality Expectations and Management	30
8.2. Preparation and Transition Arrangements	30
9. Acknowledgments	31
10. Conclusion	31
11. References	33
APPENDIX 1 – Summary of Review Observations	34
APPENDIX 2- NDA Review Structure	38
APPENDIX 3 - NDA Review Team Qualifications	41

## **Executive Summary**

SSM approached the NDA to seek its views on the 2013 decommissioning Cost Studies for three Swedish nuclear power plant sites, and particularly its advice as to how risk and uncertainty should be treated, given NDA's experience in validating UK Licensees decommissioning plans and managing decommissioning contractors.

This focused review of the Cost Studies for Ringhals, Oskarshamn, and Forsmark (including directly relevant supporting reference documents or supplementary information provided by SSM during the review period) predominantly considered the appropriateness of the costing methodologies used to develop the cost estimates and concluded the various methodologies seem to be largely consistent with practices applied in the UK and elsewhere.

The emphasis in the Cost Studies on the use of benchmarking and the direct application of international experience to take benefit of proven, existing techniques in developing the scope and costs to underpin the Swedish facilities' Decommissioning Plans and Cost Studies should provide improved confidence in the technical deliverability and costs. The framework and models and methodologies should support the cyclical assessment of fund sufficiency and also support the maturation of the decommissioning plans to eventually transition to implementable arrangements for the successful decommissioning of the sites.

However, the review has identified a number of areas where improved clarity of the scope or further refinement to the costing methodologies (e.g. further substantiation, specific cost information or justification) may further improve the confidence in the overall cost estimate. These areas are summarised throughout the review as a number of observations (which are also presented together in Appendix 1). Of these NDA's key observations centre around ensuring the Decommissioning Plans and the supporting Cost Studies are fully supported by detailed Basis of Estimate which should accurately describe the scope and how costs are derived. The Cost Studies should also fully describe how scope is integrated within the Decommissioning Plan and also, and importantly, show where scope is dependant or needs integration with plans where activities are delivered by other organisations. In addition to the consideration of the costing methodology, the review also noted that the current definition of the "base estimates" could lead to some increased conservatism in the cost estimate.

The review concludes that additional confidence in the provision and hence fund sufficiency could be achieved if the approach to the application of estimating the uncertainty to base costs along with identification and assessment of discrete risks are fully and transparently presented to enable a clear and unambiguous description of the underpinning costs.

The decommissioning Cost Studies should be further developed and matured to provide improved confidence and certainty in the overall provisions for nuclear decommissioning as the Plans and Cost Studies mature. Whilst increases in future costs may continue, the rationale and reasoning for such changes could be articulated and understood and transparently rationalised to the previous baseline.

## 1. Introduction and Context

Swedish law requires each nuclear power site licensee (the Licensee) to contribute to a segregated fund for clean-up and disposal held by the Government based on the estimated future costs of the liabilities and the remnant generation to end of station life. These costs are estimated and reported in the so-called Plan series of reports, published by SKB<sup>1</sup>, which are updated every three years. SSM's<sup>2</sup> assessment of the Plan reports and its recommendations to the Government are the bases for setting funding contributions for the next three year period.

In 2013 the Licensees submitted Decommissioning Cost Studies ('Cost Studies') for the reactors currently in operation in Sweden. These studies contain site specific cost estimates for decommissioning and were stated to be aligned with the relevant decommissioning plans for the facilities.

In discussion with NDA, SSM explained that historically the estimated future costs of the Swedish nuclear reactor decommissioning liabilities have been largely generic, based on reference facilities and inventories. SSM has encouraged a shift to site specific decommissioning cost estimates in part because of a concern that this generic approach was not transparent and could significantly underestimate the cost of decommissioning. As part of its review process, SSM may require that Licensees submit supporting information to clarify the basis for the calculations and methods used to produce their cost estimates.

SSM approached the NDA to seek its views on the 2013 Decommissioning Cost Studies<sup>3</sup> for three Swedish nuclear power plant sites, and particularly its advice as to how risk and uncertainty should be treated, given NDA's experience in validating UK Licensees decommissioning plans and managing decommissioning contractors. The scope of the NDA's assessment considered:

- A focused review of the 2013 Decommissioning Cost Studies for Ringhals, Oskarshamn, and Forsmark (including directly relevant supporting reference documents or supplementary information provided by SSM during the review period).
- The appropriateness of the costing methodologies used (Section 3 of this report), and specifically on the application of risk and how this is translated into a financial

---

<sup>1</sup> SKB – the Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Company which was jointly established by the Swedish nuclear power companies and tasked with managing the Swedish nuclear and radioactive wastes.

<sup>2</sup> SSM - The Swedish Radiation Safety Authority which reports to the Ministry of the Environment and has a mandate from the Swedish Government within the areas of nuclear safety, radiation protection and nuclear non-proliferation

<sup>3</sup> The NDA review considered the 2013 **Decommissioning Costs Studies** only and has not considered the Licensees "**Decommissioning Plans**" (required under separate legislation and which detail how the decommissioning work is to be undertaken). The Cost Studies should reflect the Decommissioning Plans (i.e. present an estimate of how much implementing the decommissioning plans would cost).

provision in the derivation of the cost estimate in the 2013 Cost Studies (Section 4).

- How assumptions and exclusions, within the 2013 Cost Studies may have impacted the financial provision (Section 5).
- How direct and indirect (collateral or overheads) costs have been estimated and the application of a program-based approach to integrating decommissioning across each sites' multiple power plants (Section 6).
- The NIS comparison report between the Ringhals Cost Study (undertaken by TLG), and the Oskarshamn and Forsmark Cost Studies (undertaken by Westinghouse) clarifying aspects of the methodologies that differ between the two sets of Cost Studies (Section 7).
- The identification of observations from NDA's review as to how the 2013 Cost Studies may be further matured to meet future needs (Section 8).

## **2. Review Approach**

The review was completed in a similar manner to that used by the NDA in its assessment of UK decommissioning plans, in which the decommissioning plan and associated cost estimate are presented as a single integrated document.

NDA has reviewed the submitted Cost Studies against a formalised set of expectations that it judges describes the requirements of an appropriate plan (see Appendix 2). This has been derived from UK expectations in respect of existing nuclear power stations and future planned stations. On the basis of this approach key themes were identified and informed the NDA's overall review observations and conclusions.

As agreed with SSM NDA's review did not include:

- The Licensee's "Decommissioning Plans";
- The 2008 Barsebäck decommissioning Cost Study; and
- Supporting documents and references that were not in English (although where content needed to be reviewed SSM did provide an English translation summary).

The review was conducted by a team of senior and experienced staff within NDA's Delivery function whose qualifications are summarised in Appendix 3.

## **3. Estimated Costs - Methodologies**

The NDA recognises that the Cost Studies reflect a high level overview primarily for cost provisioning purposes and should directly reflect the Decommissioning Plans. The Cost Studies, in the way they have been structured, provide an adequate framework for their further development in describing the costs to discharge the nuclear liabilities in line with the projected stations' closure dates.

In general, the costing methodologies and estimation techniques that have been used to support the Cost Studies appear appropriate and align with recognised industry

practice. The underlying rationale for the use of these is explained in the Cost Studies and appears suitable based on the current level of maturity of the scope.

Further, NDA considers that at a high level the estimate largely reflects the scope to deliver the proposed end state and shows general alignment to the schedule – the Cost Studies seem to be logically structured and aligned to a Work Breakdown Structure, with the scope aligned to the IAEA ISDC high level elements and by reference to activity, period, and collateral costs.

The general framework used to develop the estimates seem reasonable - however the review has highlighted and reported areas where specific cost information supporting the Cost Studies may require additional substantiation or justification to further underpin the robustness of the Cost Estimate. These are highlighted in Sections 3.1-3.5.

A key area of comment relates to Cost Studies reporting of “base costs” where SSM have confirmed that the Licensees report the submitted base costs in the cost studies to be a calculated cost plus a manually applied “contingency” uplift. The classification of “base cost” in this way does not support a clear understanding of the total cost estimate or how it fully informs the overall financial provision.

The NDA considers that this does not provide a full representation of the base cost – this is discussed more fully in Section 4.0.

**Observation 1**

*The application of “contingency” as described in the Cost Studies in the way it is articulated or implemented could lead to an incorrect determination regarding the adequacy of the overall provision for nuclear decommissioning. This is considered in detail in Section 4.0.*

The Cost Studies include background information to provide useful context in describing the scope of work, however there are some areas where additional information or clarification will improve the quality of the scope descriptions and future assessments related to the apportionment of costs. For example the impacts of historical relevance to the cost estimate are not described – e.g. impact of land contamination, or operational issues that have increased, or have the potential to increase, the costs to discharge liabilities or which require additional scope to be included, or if these have not had any impact it would be helpful to state this.

The scope statements shown in the Cost Studies do not fully describe how work is to be executed but rather they focus on what is needed. Whilst this may be present in supporting information, it was difficult to assess the robustness of the associated cost and schedule information or see inter-dependencies between associated work packages or phases of work.

As an example, the Costs Studies report “Cost calculation boundaries” (Oskarshamn/Forsmark, section 1.1.4.3) and “Transition from operations” (Ringhals,

section 2.1.1) which present post operational activities prior to the commencement of decommissioning, The associated scope statements are not sufficiently detailed to determine whether there is any scope overlap at these different project phases and hence any impact on the varying funding arrangements during the early stages of decommissioning on a site which may have combined operating and closed units.

Additionally, the Ringhals Cost Study also notes that Ringhals AB (Ringhals Cost Study, Section 2.1) will provide non-decommissioning specific basic infrastructure to new nuclear or non-nuclear power production on the site. It is not evident whether the full costs associated with Ringhals are a qualifying liability paid under through the decommissioning fund or whether these should be split with future new development. Even if this is not known at the present time it would be helpful to include a statement confirming how such costs, if they arise, would be allocated.

**Observation 2**

*NDA considers that the scope definition between identified phases of work must be fully quantified and clearly identified with defined start and end conditions in order that costs and funding arrangements are appropriately apportioned. This will minimise any adverse impact on the schedule and ensure appropriate governance arrangements are implemented for these transitional activities (e.g. management arrangements for the identification, management, packaging and disposal of “operational” waste prior to decommissioning).*

NDA notes that the Cost Studies describe the basis of the cost estimate only at a very high level and as such the overall categorisation has been considered by SKB to be the equivalent of a “Class 3” estimate (i.e. -15% to +30% uncertainty). However as risk has not been included in the Cost Studies, the NDA is not able to comment on or substantiate this. The use of such categorisation has the potential to add confusion around the confidence in the overall provision (See Observation 1).

Given the timing and maturity of the Cost Studies it would not be unreasonable to apply a different classification to those scope areas based on level of project definition. For example key phases of the Cost Studies could reflect uncertainty bands where these are known – early years could be “Class 3” (or higher for some pre-planning activities) and a lower classification for, say, site clearance costs reflecting that the end state is not yet fully defined.

It is NDA’s view that the high level description of the supporting information inhibits a full understanding of the basis of the cost estimates. Additional clarity and detail derived from the scope of the related Decommissioning Plans is necessary to provide for a more detailed view of the adequacy of all aspects of the costs underpinning the Cost Studies.

Other than a high level schematic (Oskarshamn/Forsmark, Figure 6.2 and Ringhals, Figure 4.3), the phasing of spend or cash flow associated with discharging the decommissioning liabilities is not presented in the Cost Studies<sup>4</sup>. It is also noted that there is no reported discounting or escalation of the costs for discharging the liabilities in the Cost Studies – again, SSM reports that this is considered separately in Plan 2013<sup>5</sup>.

**Observation 3**

*The Swedish funding model requires each Site to accumulate sufficient funds during the operation of its reactors to finance the cost of decommissioning. An assessment of the total unit decommissioning expenditure profile will enable the Licensees to test its portfolio/programme management to demonstrate the “deliverability” of the proposed plan.*

*It will also enable the Licensee to consider how the associated fund is expected to be managed over the full lifecycle to discharge the liabilities effectively and therefore inform the degree of detail in the Decommissioning Plans and the associated Cost Studies (and its supporting cost estimates) necessary to inform decisions ensuring the full funding during the plant’s lifetime during each funding cycle.*

Although SSM report that escalation to 2013 values is done in Plan 2013, it is noted that the Cost Studies report 2009/2010 money values which suggests that the cost underpinning is significantly lagging the submitted Decommissioning Plans (see also Section 3.3 below).

Finally, the Cost Studies do not report any detailed reconciliation in differences in scope, cost and/or schedule compared with the 2008 studies. For example, even where the Oskarshamn plan notes specific changes compared with the previous submission there is no explanation as to its impact on the overall basis of estimate. To illustrate this, the Cost Study refers to experience from OKG in disposing of large items from historic maintenance operations for smelting but states only that 'consideration may be given to doing the same' for decommissioning (Oskarshamn Cost Study, Section 3.1.4.10).

In summary there is no clear statement as to what assumptions have been used to derive the Basis of Estimate (BoE) for the Cost Studies. This is considered to be a significant gap.

Subsequent reports should include a detailed breakdown showing the key differences between the Cost Studies and its predecessor submission.

---

<sup>4</sup> It is understood that the detailed cash flow, etc, are considered or addressed in Plan 2013 and its other supporting references which the NDA has not seen as part of its review and that this areas is separately assessed by SSM.

<sup>5</sup> Plan 2013 is the latest version of the three yearly Plan reports published by SKB which present projected future costs of the entire waste and decommissioning system as a whole.

**Observation 4**

*The Decommissioning Plans are required to describe the effective decommissioning arrangements – these should be fully supported by a Basis of Estimate document showing the detailed scope and how the costs have been manipulated / factored to derive the associated Cost Studies.*

*The subsequent submissions should also present a detailed reconciliation to show how the scope, schedule and cost differences have changed in order to highlight where the basis of the Cost Studies has altered and why.*

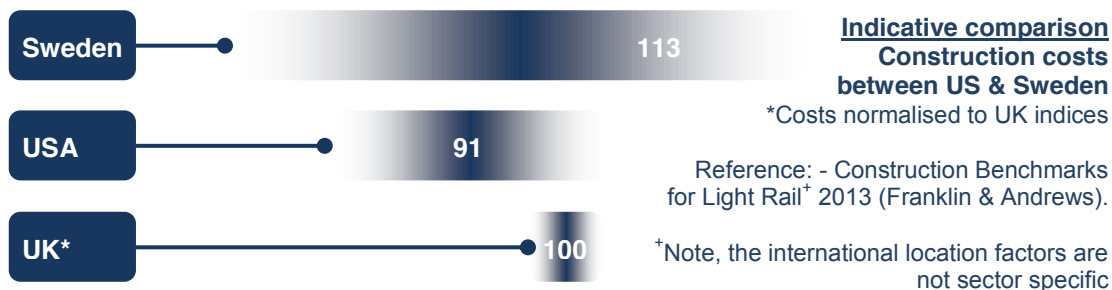
**3.1. Benchmarking**

The NDA considers the specific use of industry benchmarking to be a positive approach (it is an area of specific interest in the UK decommissioning programme for example). There is substantial evidence of benchmarking being applied from US, European and Swedish experience and significant emphasis is taken from applied benchmark data.

For example, the Cost Studies report that applicable benchmarking has been undertaken between the Swedish units and draw on information from the decommissioning planning at Barsebäck – particularly where major maintenance has been completed - and examples also include RPV internals cutting at Forsmark. As decommissioning experience continues to be amassed at Barsebäck, the benchmarking and comparison of the estimate compared with actual decommissioning costs can be used to inform and underpin future iterations of the Cost Studies.

Having said that, the Cost Studies do not currently detail how the benchmark data has been translated into the cost estimates, neither do they fully outline how international scope and cost information has been customised to reflect the particularities of decommissioning in Sweden.

This is illustrated in Figure 1. This is not intended to reflect on the specific costs reported in the Cost Studies, but it is included to highlight the international differences in costs for a specific industrial sector (in this case light rail construction cost) and for this example, there is an uplift of some 20-30% between US and Sweden costs.



**Figure 1 – Illustration of International Construction Indices**

Whilst this is only included here for illustrative purposes it does demonstrate that a range of issues must be considered when looking to apply international costs to a country’s programme including supply chain, materials, plant and other regional influences within any individual country to ensure confidence in how costs are translated into the Cost Studies.

This review also noted that there is some inconsistency in approach reported in the Oskarshamn/Forsmark studies (which has made some assessment to align the costs to Swedish requirements) and the Ringhals Cost Study in the application of benchmark information; therefore the NDA have only been able to draw limited conclusions as to how this information has been applied in informing the Cost Studies. The absence of supporting scope information does not allow for an assessment or understanding of its robustness.

**Observation 5**  
*In line with Observation 4, where the Basis of Estimate is derived from benchmark information, it is important to demonstrate how the scope described in the Decommissioning Plan fully discharges the liability and how the derived costs have been adjusted/factored to support the associated Cost Studies.*

As an example, the NDA’s approach in utilising benchmark data is largely to test the adequacy of independently derived cost estimates, not to directly use the benchmark outputs as the basis of the estimate – this is illustrated in Figure 2, below.

**Observation 6**  
*The extensive reference to international benchmark data is a robust position and should continue to be applied and developed with its input to scope, schedule and cost clearly articulated.*

*The use of international costs data in Swedish Cost Studies needs careful management however in order to appropriately reflect national policy, regulatory, productivity and operational practices with appropriate adjustments to the estimates made accordingly.*

### NDA Application of Benchmark Information

- NDA utilises benchmarking tools to support its review and assurance of its contractors plans
- It uses structured comparisons from worldwide nuclear facilities, (predominantly UK and US projects) to provide cost and schedule comparators for our major projects, comparing out-turn (actual) to contractor P50 (plan) values.
- The overarching purpose of the work undertaken is for independent demonstrable improved confidence in the reported contractor dates and costs
- The outputs are used to inform the dialogue with the contractor assess planned activities
- In the illustration shown below (in this case for an intermediate level waste encapsulation plant), the benchmark information shows significant deltas in the contractors estimated costs and schedule and is used to challenge and to hold our contractors to account using worldwide comparators to seek improved performance.

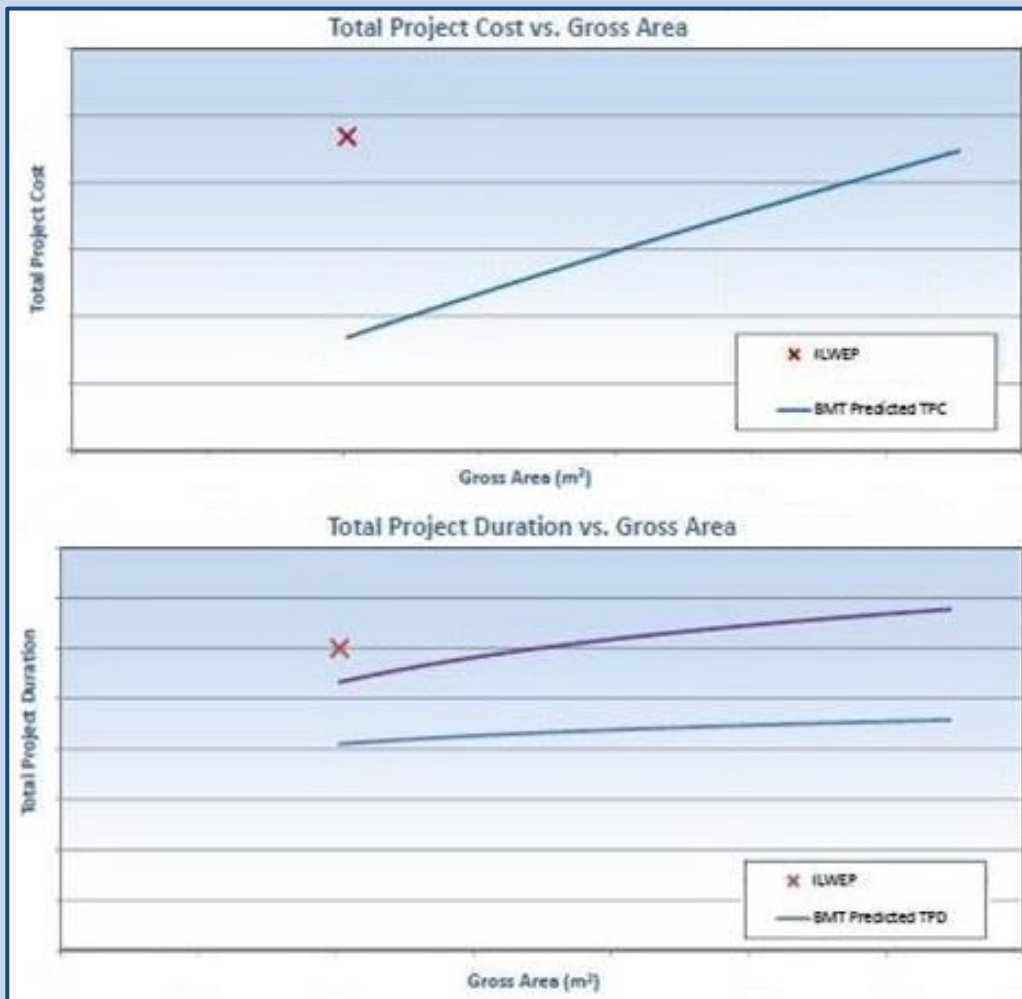


Figure 2 – NDA Application of Benchmark Data

Additionally, and of particular importance, is where the use of US Nuclear Regulatory Commission (NRC) reference data is directly applied to underpin the Cost Studies in lieu of Swedish regulatory requirements (specifically identified in the Ringhals Cost Study, Section 1.3).

**Observation 7**

*The direct application of scope and costs to support the Cost Studies based on approaches approved by other national regulatory regimes needs treating with care.*

*It has been NDA's experience that incorrect assumptions between different regulatory approaches has led to significant outturn cost (and associated scope/schedule) increases for projects compared with the plan. In developing the Swedish decommissioning Cost Studies it is not evident whether a comprehensive assessment, or application, of any correction between different regulatory approaches has been applied.*

### 3.2. Plant Inventory – Basis of Estimate and Level of Detail

The estimates present detailed inventories for the various plants/sites with general assumptions applied. The Cost Studies note that this has been significantly developed since the previous submission.

The waste quantity information is described as having a relatively high uncertainty range (e.g. the Oskarshamn Cost Study notes  $\pm 50\%$  overall uncertainty in the radioactive inventory; with Ringhals reporting a range in its uncertainties from  $\pm 50\%$  for the reactor internals to a factor of 10 for waste treatment systems).

The current estimated inventories/quantities have had known norms/rates applied to determine the costs but the stated uncertainties are not translated into range boundaries for radioactive waste amounts or direct costs (by application of the norms) or an assessment of cost derived from adopting alternative approaches to the decommissioning as a result of lower/higher inventories).

**Observation 8**

*The continued development and the assessment of the wastes both by its categorisation and quantity/inventory is a key factor in determining and describing the techniques necessary to fully discharge the liability (e.g. waste management (including treatment and disposal), decommissioning technologies and resource requirements) in the Decommissioning Plan and the subsequent costs reflected in the Cost Studies.*

Further, the basis for these inventories, their implied specificity in its assessment of the quantities and radionuclide information and the basis of their origin and respective certainty are not clearly described in the Cost Studies.

As an example, the Oskarshamn Cost Study, Table 4-10, presents the specific radioactivity for  $^{245}\text{Cm}$  at  $1.1 \text{ Bq/m}^2$  along with other, alpha emitting, transuranic

radionuclides in the O1 turbine systems. Nevertheless, alpha contamination is a specific exclusion in the waste management design assumptions in the Oskarshamn/Forsmark Cost Studies, Section 3.2.2. These are inconsistent.

**Observation 9**

*As part of the continued review of waste categorisation and quantity (see **Observation 8**), the radionuclide inventory must be reviewed and challenged periodically – it is the experience of the NDA that detailed inventories can inadvertently be presented with an undue degree of confidence which may pre-determine disposal routes or treatment options and drive particular, and possibly sub-optimal, decommissioning strategies.*

**3.3. Age of Cost Estimates supporting the 2013 Submissions.**

There are a number of scope statements that have associated cost estimates that appear to be based on “historic”, rather than current (say less than five years) information – examples from the Ringhals Cost Study include the application of the DECCER model (circa 2008), and the BWR reference plant decommissioning study (circa 2006), and that the plans report 2009/2010 money values.

Whilst it is acknowledged that the supporting information for Oskarshamn and Forsmark is more up to date the input data to these Studies are still no more recent than 2009 and certain reference documents appear outdated particularly related to the Reactor Pressure Vessel dismantling (1993) and its associated methodology (2006) (although this may be considered in other supporting references not seen by the NDA as part of its review).

**Observation 10**

*In line with Observation 4, the Basis of Estimate should demonstrate that subsequent submissions and supporting information has been fully assessed to demonstrate adequate provenance to underpin the costs – including a re-assessment of costs over time in order that robust cost estimates can reflect operational practice and keep the baseline current for out-year estimates (and reflects escalation through “nuclear inflation”).*

*The NDA, for its planning approach in the UK, considers that estimates more than five years old should be reviewed and re-priced at the prevailing money value rates.*

**3.4. Scope Description underpinning the Estimated Costs**

The Cost Studies for Oskarshamn /Forsmark and Ringhals make reference to “generic” scope as the basis on which the estimate has been derived to support the decommissioning Cost Studies.

Whilst an estimate constructed based on “generic” scope may be sufficient for high level provisioning purposes (and many years before cessation of generation), any such

provision will inevitably carry a very high degree of uncertainty in relation to capturing the full lifetime programme and by extension its associated costs.

The fact that the plan scope is 'generic' challenges the robustness of the stated estimate at this time particularly where the estimates are utilised not solely for provisioning, but also to determine the basis to accumulate sufficient funds to finance the cost of decommissioning over remaining operational lifetimes.

This points to the previous comments, see Observation 4, which emphasises the need to ensure a robust basis of estimate reflecting known scope from which the cost estimate supporting the decommissioning Cost Studies are derived. This will provide the improved certainty in the total costs necessary to fully provision the decommissioning of the sites.

To illustrate this, the NDA review identified a number of examples which are presented below in sections 3.4.1 - 3.4.5 and are not intended to be exhaustive, where the detail reported appears insufficient to understand how the scope description directly informs the cost estimate or how schedule has been derived.

This is of particular interest where there is an explicit (or implicit) dependency on arrangements between nuclear sites or different licensees or waste management organisations necessary to fully complete the scope of work.

**Observation 11**

*The Cost Studies should describe and specify arrangements where there is an explicit (or implicit) dependency on arrangements between nuclear sites or different Licensees or waste management service providers.*

*The NDA requires these dependencies to be identified in its plans and additionally requires the arrangements to describe interfaces between individual plants on sites, groups of plants, waste receipt facilities, or where materials are transferred on and off sites.*

*This is to ensure that every step in the management and processing for the decommissioning and generated wastes are clearly defined and costed (i.e. it seeks to ensure that no costs are duplicated, and no costs inadvertently assumed to be provisioned for by another parties - termed "Handshake" for the purposes of the UK plans).*

### **3.4.1. Spent Fuel Management**

- Defueling and offsite dispatch is assumed to take twelve months - this seems optimistic compared with other European and UK LWR decommissioning assumptions. This presumably has reflected operational experience to allow for sufficient cooling periods at the reactor cooling ponds prior to shipment and transfer to the interim spent fuel storage facility (Clab) in Oskarshamn .

- The scope to ensure the effective transition between defueling and the commencement of decommissioning is important as the effect of any deferral or delay (or even acceleration) of defueling will likely have a significant impact on the total decommissioning costs.  
However, the Cost Studies do not provide the detail or substantiation to test the robustness of this key activity, neither do they offer any commentary of the impact of any consequential events that could challenge these assumptions (e.g. SF transport, SKB Clab receipt, prioritisation at other operating units, etc.).
- It is noted that the Cost Studies consider segmentation of RPV internals to take place alongside managing the spent fuel in the cooling pond. Whilst there is no basis to challenge this basis of assumption, this activity would likely attract significant regulatory scrutiny and justification in the UK and could be considered to a high risk technical assumption due to the potential for the activity to impact spent fuel integrity.

### **3.4.2. Radioactive and Conventional Waste Management**

- The Cost Studies include an estimate of how the physical and radionuclide inventories vary between the plants and present waste quantities (both radioactive and non-active) and by disposal container type. This clearly allows for container costs to be estimated but does not provide any insight into how the waste is conditioned on site and thus how schedule and costs have been derived.
- The Ringhals Cost Study does not describe the proposed arrangements to build and operate local or mobile waste treatment and conditioning facilities for radioactive waste – the Cost Study for Ringhals only refers to wastes being sorted and transported for further treatment once conditioned (Ringhals Cost Study, Section 2.2.7). The Cost Study notes that costs for external waste service providers are exclusions.
- For Oskarshamn and Forsmark, the respective Cost Studies do include the requirement for new treatment facilities with reference made to the deployment of a modular waste screening facility within the turbine hall to be used in combination with existing waste treatment facilities, but the Cost Studies do not seem to reflect all potential waste streams (e.g. information relating to management arrangements for the conditioning of wet radioactive wastes (e.g. sludge/resins, etc.) prior to disposal, or whether any such facility is currently sized to manage decommissioning arisings. Again, the Cost Studies report exclusions for specific costs for waste management.

### **3.4.3. Decommissioning Technologies**

- In a number of instances the Cost Studies report that the decommissioning approach and associated cost estimates are conservative. In some cases the conservatisms used to inform the estimates are supported by operational experience (e.g. Barsebäck experience is cross referenced), but there is little substantiation in other areas (e.g. collateral costs, period dependent costs, etc.) which has the potential to further complicate a detailed understanding of the total cost estimate (and any subsequent assessment of uncertainty and risk – See

- Section 4.0). In line with Observation 4, where the estimate is to be derived based on conservatism, then these should be clearly described and bounded.
- As an example, the application of “conservative decontamination factors” (DFs) are used for site clean-up and derived from benchmarking (see Section 3.4.1 above) and operational experiences in the Cost Studies (Ringhals Cost Study, Section 5.1.2 reports a DF10 is applied for the primary system decontamination – but that the actual DF could reasonably be expected to be between DF100 to 1000). The use of a low DF may add conservatism into the Plan from a waste volume perspective, but may also add significant conservatism (and potential complexity) into the decontamination and decommissioning technologies that are to be employed to dismantle the active systems by introducing design assumptions that must address higher shielding requirements, more remote handling, and the potential for the back end effluent management systems being under-specified. The application of DFs should seek to reflect more likely outcomes where available, supported by operational experience, to provide improved certainty in planning and execution.
  - Other examples include:
    - For Ringhals (Reactor 1) – the Cost Study (Ringhals Cost Study, Appendix C) notes that the Reactor Pressure Vessel internals will be segmented but there is no overt reference to how or where, or whether this is based on in-situ segmentation or whether there are the implications for such a dismantling method. Unique components like the steam generators are accepted as having high costs but are assumed to have small uncertainties in the cost of treatment but there is no substantiation for this approach, e.g. cutting techniques, secondary wastes, packaging strategy, etc.
    - The Ringhals Cost Study also refers to recent experience of treating large components arising from modernisation projects (Ringhals Cost Study, Section 3.1.2) which has been used in deriving the cost estimate, but how this experience has been deployed and how this has been used to inform the decommissioning plan is not stated – see also NDA comments associated with benchmarking (Section 3.4.1 above).
    - For Oskarshamn/Forsmark the Cost Studies recognise the opportunities for simple industrial methods of decommissioning to minimise cost which seems sensible, e.g. dropping the reactor building crane to the floor after explosive removal of the beam, or for Oskarshamn the opportunity that the Containment Cupola could be cut dry (the plan is predicated on an assumption that underwater cutting will be needed) but these are not reported in a summary opportunities list, nor are these opportunities quantified.

#### **3.4.4. End States**

- End states (interim and final) are reasonably well articulated in relation to the scope. However this could be further developed to provide a clear statement that sets out how all aspects of the liability to be discharged will bound the scope (and the potential impact/provision of the Fund), e.g. the Cost Studies include for some two years to undertake the site restoration activities but as this is not yet

determined it is unclear how deliverable this is. It also appears to assume no sub-ground contamination but there is no direct reference to any risks in this area.

- The Cost Studies also consider costs for "necessary surrounding services" - but the basis of estimate and its associated scope boundaries are not described.
- It is assumed that aspects of the site infrastructure may be of use to the future development of the site and hence are retained. However, the Cost Studies do not state whether any site restoration post license termination will be funded if the site is not re-used, e.g. by being treated as a risk.

### **3.4.5. Technical Scope**

- From a technical implementation perspective the Cost Studies note that only proven, existing techniques will be employed. This is sensible.
- The alignment between the provision for costs (the 2013 Cost Studies) and the technical decommissioning plans is not visible – these decommissioning plans must be wholly integrated (noting that there are separate legislative requirements describing the need for these distinct submissions, these should be derived directly from a single overarching baseline plan describing the totality of planned arrangements to fully discharge the liability).

A number of technically challenging projects are identified in the Cost Studies whose costs have a high level of implied uncertainty. However, the estimating methodologies do not seem to specifically identify key areas of technical risk that may challenge the overall integrity of the liability estimates. For example the Ringhals Cost Study, Appendix C describes the need for specially developed tools and procedures; and for the Oskarshamn and Forsmark Cost Studies, Section 3.1.4.5 requires the deployment of remote cutting equipment. There is no information supporting how these techniques or technologies are to be developed (or if there is any specific research or development (R&D) is required to directly implement these approaches at the sites).

The NDA requires its contractors to produce a detailed annual assessment of the technical issues that are being addressed through R&D, showing predicted timeframes for deployment of the technologies. Its purpose is to provide the visibility of technical challenges facing the estate and enable coordinated activities to be planned, costed and implemented more effectively. These documents are known collectively as Technical Baseline and Underpinning Research and Development requirements, or TBuRDs.

**Observation 12**

*The use of proven, existing techniques is considered to be a sound and robust assumption which will hopefully deliver a high degree of technical readiness and confidence of the technologies and systems at implementation - this should mitigate the technical risk that deployed technologies do not perform as expected.*

*However, whilst typical technologies are described in the Cost Studies there is no underpinning to describe how these techniques will be actually employed and the likelihood of this technology being practically applied at the sites. This has the potential to be an area of significant risk if deployment is challenged.*

*In line with Observation 4 the Basis of Estimate should also be underpinned with a clear articulation as to how the scope and technologies will be deployed and executed. This will provide improved clarity in determining key risks and assumptions and support the bounding of the scope*

### **3.5. Schedule supporting Cost Estimate Derivation**

A high level schedule describing the major steps are presented in the Cost Studies (Oskarshamn/Forsmark, Section 5.6 and Ringhals, Section 4.1). Again, reflecting comments above, the ability to review the detail supporting the schedule, and how it has been developed, based on the scope statements presented in the Cost Studies inhibits the assessment of the basis of cost estimate and methodologies.

The approach to introducing programme management of the liabilities on a site wide basis compared with individual reactor unit specific plans is noted and should increase confidence in the costs and scope (see Section 3.6). However, this integration is not immediately evident in the outline schedules, or whether the anticipated learning from decommissioning the initial units has been explicitly applied to the subsequent plants, e.g. the duration for each of the PWRs at the Ringhals sites and the O1 and O2 units at Oskarshamn appears to be similar.

There is an opportunity to reflect this learning into reducing the programme schedules and hence the overall provision. Conversely, if not reflected in the schedules, there is the risk that the current Cost Studies could have additional conservatism reflected into the overall provision.

The schedule also shows efforts to reduce the overall project durations, e.g. a large part of the planning process is front-end loaded to enable the commencement of decommissioning activities on Day One with parallel working where possible, but the basis of the approach is not substantiated with associated scope statements in order to support its inclusion or justification and the impression thus formed is that this is merely aspirational.

Compared with other European and UK LWR decommissioning assumptions the schedule durations for the key steps appears to be relatively short, i.e. four to five years per reactor to complete decommissioning of the site down to its end state.

However, the submission does not justify these durations nor address risks/impacts associated with any delay.

Specifically with regard to potential schedule interdependencies (see Observation 11) there are a number of areas (with examples highlighted below) where the Cost Studies should consider the respective impact on costs, e.g.:

- The Ringhals Cost Study makes direct reference to new power plant construction on the site, either new nuclear or conventional. However, the implications and logistics and associated risks or opportunities for any new construction being undertaken in parallel with the reactor decommissioning programme are not described in the schedule.
- With regard to offsite waste treatment, the Plans assume that the capability and capacity to manage and treat decommissioning wastes will be available. It is not evident where the construction and operation and decommissioning of these facilities (including transport and packaging capability) of the offsite waste treatment and disposal facilities are addressed and how their capability and capacity is directly linked to the individual or multi-unit decommissioning programme.
- Implications on the decommissioning programme and scope should issues or risks materialise need to be identified and understood - for example a unit suffers a delay to its defueling programme with a consequential impact on other units/Licensees, in which event the impact on the cost study and decommissioning plans and associated costs and uncertainties should be articulated. This point is accentuated by the absence of any risk register.

**Observation 13**

*The current schedules presented in the Cost Studies (particularly Ringhals) are high level – whilst this may provide for a high level schematic describing the overarching programme, Industry practice requires its schedules to typically reflect the following areas/issues:*

- *The decommissioning schedule showing associated interdependencies*
- *Direct alignment with the defined work breakdown structure (WBS) (e.g. the ISDC WBS) to demonstrate how costs are aligned with the schedule.*
- *The critical path is clearly identified (for a single unit, or where a programme level approach is considered – the Critical Path for the programme)*
- *Milestones identifying key activities – e.g. cessation of generation; defueling, regulatory consents, etc.*

*This is consistent with what NDA requires of its contractors*

### **3.6. Programme/Portfolio Management**

The Licensees' approach in recognising the potential for efficiencies (for cost and schedule) in the programme management of their liabilities on its sites to increase confidence in the costs and scope is noted and is consistent with practices that are being employed in the UK. Whilst outside the current scope of the Cost Studies, there may well be additional opportunities to be realised by the Licensees (see Observation

14) in seeking further efficiencies in common programmes, i.e. on a regional or national scale.

A key area of scope that is not immediately evident in the Cost Studies is how shared services costs are allocated between the operational plant and decommissioning activities (see Observation 19).

#### **4. Risk Management and Contingency Provision**

NDA understands that the Cost Studies do not specifically address risk, although some risks are documented at a high level within the appendices. However, in some cases these appear to duplicate assumptions making it difficult to identify key risks or to relate risks to scope.

In addition, SSM have confirmed that risk is addressed in Plan 2013<sup>6</sup>. The Plan reports are issued every three years and set out SKB's estimate of the future costs of the entire waste and decommissioning system. The Cost Studies form part of the inputs to Plan 2013. As the Plan 2013 documentation is available only in Swedish at this time, to provide context, SSM has provided a separate reference paper<sup>7</sup> as the NDA has not seen or reviewed the Plan 2013 documentation.

This reference paper describes the approach used by SKB to address risk in its estimates and on the basis of this submission, there appears to be a documented and structured approach for developing and assigning financial provisions associated with risk during decommissioning. However this approach does not form part of the Cost Studies as noted above, nor is it cross-referenced in the Studies.

Moreover this process seems to identify impacts rather than the cause and risk itself, whilst the probability of occurrence does not seem to be presented in a systematic manner. For example, the time for removal of reactor fuel is identified as a risk, but with no detailed assessment of what or why this may occur. The articulation of other risks, as described in the SSM paper, seem to be fairly generic and at a high level and no formal risk register is contained within the Cost Studies and appears not to form part of Plan 2013.

The separation of risk from the Cost Studies in combination with the generic description application of risk in Plan 2013 makes it difficult to test the robustness and underpinning of assumptions, exclusions, interdependencies and constraints around work scope objectives and deliverables, and their impact on cost.

---

<sup>6</sup> Plan 2013: Kostnader från och med år 2015 för kärnkraftens radioaktiva restprodukter. Underlag för avgifter och säkerheter åren 2015-2017, SKB, December 2013. At the time of writing Plan 2013 is unavailable in English.

<sup>7</sup> A note on Plan 2013 and its Approach to Risk and the Decommissioning Cost Estimates: email Carroll (SSM)-Calloway (NDA) 20/02/14.

**Observation 14**

*For revised submissions, the detailed methodology for dealing with risk management should be fully described and address the alignment of the Cost Studies and associated Plan reports and should provide a systematic application of management policies, procedures and practices which focus on the input data (context, identifying, evaluating) rather than just the analysis.*

Whilst the Cost Studies refer to a contingency being applied, SSM have confirmed that the Licensees consider the submitted base costs in the cost studies to be calculated on cost plus a “contingency” (as a percentage uplift). The application of contingency in this case is considered to be a manual “correction factor” for unspecified costs in order to enhance realism in the estimates and therefore does not include any provision for risk or management reserve or other financial buffer to cover additional costs, nor any explanation with which to judge its validity (see also below). Risk is dealt with in the Plan 2013 documentation, as noted above.

SSM have also provided additional reference information<sup>8</sup> which provides further clarity to the meaning of contingency in the context of the Swedish decommissioning studies. This document concludes that:

- A contingency provision for the same work in two different projects or facilities may differ due to differences in local conditions.
- Contingency provisions, because of the reliance on expert opinions and experiences, vary among different cost estimates.

This approach in principle is understood by the NDA, however the Cost Studies do not articulate how these differences have informed the costs presented in the Forsmark, Oskarshamn and Ringhals submissions, nor what the expert opinions & experiences and how these have been directly translated in relation to the percentage uplifts, hence NDA have the following concerns with regard to the allocation of contingency within the cost studies:

- There is no underpinning to the percentage uplifts and or why they differ from Ringhals to Oskarshamn/Forsmark – apart from reference to differences in methodologies - resulting in apparent inconsistencies across the studies.
- Due to this lack of clarity and the magnitude for the percentage uplifts applied in some cases (e.g. 75% - in this case for reactor pressure vessel dismantling in the Ringhals study) would suggest that these uplifts are somewhat more than a “correction factor”.

These issues should be considered as part of Observation 4 and Observation 14.

---

<sup>8</sup> SKB - Key Points for Definition of Contingency – (SKB Doc ID: 1401279 (2014-01-30))

In summary therefore it is not possible from the Cost Studies alone to evaluate the adequacy of the financial provision for risk due to risk being included within Plan 2013. In NDA's opinion and based on the information available to it, the evaluation of Plan 2013's approach for financial adequacy could be a challenge due to the nature of the comments above (e.g. generic and high level risk descriptions) as it appears not to provide sufficient context or underpinning with respect to how the impacts have been developed.

**Observation 15**

*Additional confidence could be achieved in the overall cost estimate if the approach to the application of estimating uncertainty to base costs along with identification and assessment of discrete risks is fully presented.*

Further there appears to be no differentiation between the risks to the base line strategy versus risks to Fund sufficiency. For example, a risk to Fund sufficiency would either emanate from a change to the baseline assumptions or a manifestation of remote probability risks with very high consequences, e.g. widespread contamination, radiological incident when defueling, major regulatory / political changes, etc.

These types of events would normally present themselves as a complete change to the fundamental premise of the baseline plan and as such cannot sensibly be incorporated into a statistical risk model centred on a plan with defined start and end points built up using a pre-determined suite of baseline assumptions and should have their own high level plan of what this scenario may look like if it occurred and what the cost consequences could be.

**Observation 16**

*Due to the potential significant impact due to a change to baseline assumptions or a manifestation of remote probability risks the NDA considers that future plans should highlight potential scenarios, complete with a high level plan of what this scenario may look like if it occurred and what the cost consequences could be.*

## **5. Assumptions and Exclusions**

The Cost Studies reference excluded scope and identify assumptions through the reports (e.g. for the Oskarshamn cost study – Section 1.1.4.3 references cost calculation boundaries, and Ringhals cost study identifies some technical assumptions - Section 2.2). The Comparative Analysis report (ref 11.5) also lists some key assumptions. However, the individual Cost Studies could further detail this and explicitly collate all relevant key assumptions and exclusions in order to better inform the basis of estimate.

**Observation 17**

*On the basis of the reviewed Cost Studies, there are a number of assumptions that are stated without the detail of any supporting justification or where necessary any associated risk mitigation in the event they are challenged.*

*The testing of the robustness of assumptions, exclusions, interdependencies and constraints in order to uncover associated risks and opportunities is a key activity to supporting a robust baseline.*

As an example, the NDA utilises assumptions essentially to predict the outcome of an event or a decision not yet made in order to bound scope for scheduling, costing and change control purposes (e.g. the availability of a national ILW repository). Whilst identified exclusions are well defined, deliberate exclusions of scope from the programme/project baseline – e.g. where the scope is undertaken elsewhere by others externally - is therefore outside the baseline.

In its review of the Cost Studies, the NDA has noted the following illustrative examples where additional justification or the development of associated risks/opportunities may warrant further consideration:

- The Ringhals Cost Study notes (Ringhals, Section 5.1.2) that “...many of the major cost drivers fall outside the scope of this estimate, compared with the basis of estimate...”. This appears to indicate that there may be significant scope or costs not reported in the Cost Study but it is unclear what they are and hence their impact. Any assumption should be used in order to bound scope for scheduling, costing and change control purposes, and assumptions should be progressively more detailed and clearly articulated as the Cost Studies mature.
- The Decommissioning Plans and Cost Studies (explicitly in the case of the Ringhals Cost Study; and implicitly in the case of the Oskarshamn/Forsmark Cost Studies) assume unlimited availability of qualified resource (i.e. personnel) within the supply chain to deliver the scope – whilst the cost estimates may reflect the resource requirement, they but do not offer any analysis of the challenges posed for what is expected to be a multi-unit, multi-site, broad-front decommissioning programme, nor do they outline the potential consequences and impacts on the programme or fund if this not achieved. Hence it is not possible to confirm that the assumption is reasonable.  
Moreover, there is no associated risk that this assumption could fail to materialise. Given the significant role envisaged for external contractors in delivering the programme, the risks and uncertainties around availability of suitably qualified staff should be considered in detail (also recognising competing National and International Decommissioning programmes).
- All planning/permissions and consents are in place at the time that decommissioning and de-planting commences – this should be wholly within the remit of the utility to manage and deliver, but achieving this does inevitably depend on external regulators/local authorities and other decision makers (e.g. Article 37, Euratom, etc.). The Cost Studies should consider or offer their position on its confidence to ensure that all consents will available in time to commence

activities, or what contingency it is planning for in event of delays. These consents should be shown as clear milestones on the critical path schedule, together with the key enabling milestones such as submission of consent applications.

- The assumption that there is no programmatic impact of station delays on the sites as a whole or even whether there may be consequential impacts for the other units/sites is not considered – e.g. considering the examples cited above relating to interdependencies associated with scheduling for transport and storage and treatment and disposal of spent fuel and waste, there is no assessment of a delay on one site impacting other sites (see Observation 11).
- In relation to spent fuel and waste management, the Cost Studies assume that the current packaging and transport strategy will align with the waste acceptance criteria (WAC) or conditions for acceptance (CFA) for the treatment and disposal facilities. However, as these facilities are not yet constructed the Cost Studies (and decommissioning plans) should recognise the risk of the potential for rework if, say, CFA requirements turn out to differ from the planning assumption
- Spent fuel that has failed in service is acknowledged in the Cost Studies, along with a commentary of the impacts of the contamination of the primary circuit based on modelling (Oskarshamn/Forsmark, Section 4.2.2.3) and assumption (Ringhals, Section 5.1.2) along with Barsebäck information), but there is no explanation as to how this has directly informed the scope and cost.
- Similarly the Oskarshamn Cost Study reports detailed tables showing neutron spectra and decay time but this does not seem to be linked with any assessment of waste quantities, decontamination factors etc, and hence to the scope and estimate.
- For Oskarshamn and Forsmark, reference is made to the possibility of utilising the Studsvik metal treatment and smelting capability (Nyköping) but there is no associated programme to progress this option or derive a cost benefit analysis. Indeed the Cost Studies seem to contradict themselves as to whether this route has been used to inform the decommissioning estimate: the Cost Studies suggest costs are based on segmentation (conservative) but it also refers to smelting at Studsvik.  
The Oskarshamn/Forsmark Cost Studies, Section 6.3.9.4) notes the assumption that free-released waste will be sent off-site for recycling with costs for treatment or disposal of non-radioactive hazardous waste covered by the value of the metal scrap.
- The Ringhals Cost Study (Section 2.2.7) reports that all waste with a specific activity of less than 0.5Bq/g (500Bq/kg) will be packaged into Iso-freight containers for disposal. However, elsewhere in the Cost Study, this specific activity is referenced to be “clearance criteria” presumably requiring no packaging. Also there is reference to releasing materials with a threshold 5 times less than the current clearance criteria. This seems inconsistent.  
Moreover, if all waste is to be managed as radioactive waste it is unclear whether the plan has considered the consequential impact on waste disposal facilities (i.e. disposal volume) and impacts on cost and schedule.  
It is also noted that the Ringhals Cost Study applies US NRC clearance criteria to support its estimates for the site end state (See Observation 7)

- The presence of other hazardous materials is acknowledged (e.g. asbestos) but no claim or statement is made as to how it will be managed.

## 6. Direct and Indirect Overhead Allocation

Estimated costs distinguishing between direct and indirect costs are not wholly transparent in the Cost Studies. The methodology describing how indirect and direct costs are allocated is not described.

The costs reported in the Cost Studies (Ringhals, Table 4.1, Oskarshamn/Forsmark, Table 6.19) seem to include a provision for both direct and indirect cost but it is not clear if a consistent approach has been universally applied for the totality of the programme.

It is not certain whether the formal delineation of costs between indirect and direct costs is a specified requirement in the production of the Cost Studies – it may be that the totality of costs for fund provisioning is considered adequate rather than the separate identification and reporting of direct and indirect overhead. Clarity on allocation of costs however is essential, particularly where there may be multiple funding mechanisms (e.g. direct Operator funded activities and Decommissioning Funded scope – see Observation 2).

### **Observation 18**

*In the experience of the NDA, separate identification of direct and indirect costs provides improved clarity as to where all costs are allocated in order to be able to better control costs during decommissioning (indirect costs have been shown to very much under the control of the site owner/operator and therefore able to be influenced).*

*The distinct identification of direct and indirect costs avoids the arbitrary allocation or distribution of overhead and support type costs over other, more direct, activities*

*There may be particular value in identifying direct and indirect overhead where there may be a program-based approach to integrating decommissioning across each sites' multiple power plants.*

## 6.1. Management Arrangements/Organisational Structure

### 6.1.1. Industry Reference Organisation Model

The Cost Studies describe the project management organisation based on the industry's reference planning and organisation model (reference SKBdoc 1359832). The model describes the organisational structure charged with decommissioning with activities split between operations and decommissioning projects with the Licensee support organisation totalling forty one full time equivalent personnel (FTEs) and projects totalling twenty seven FTEs. Whilst the basis for this model and approach may be described in the supporting references, it is not currently presented or cross-referenced in the Cost Studies.

The Cost Studies do not make clear whether the management arrangements reflect the required structure for one plant/unit or all of the units on the site or a wider programme level structure. Moreover it is unclear how management arrangements between the closed and operational plant on site will be managed or the transition to full decommissioning as the individual units cease generation or how costs are apportioned between the units in their various lifecycle stages (i.e. operational/defueling/ decommissioning, etc.).

For example, it is unclear how 'Licensee' costs in the Cost Studies are derived or allocated. For Ringhals, the cost study states that for the first three units the Licensee organisation is likely to be supported by funds from generation income but how this relates to the cost estimate is unclear.

The organisational model reflects a requirement for the procurement and management of contractor and supply chain expertise necessary to implement decommissioning arrangements but there is no substantive information relating to the costs associated with realising this.

**Observation 19**

*Clarity of costs associated with the operational and project management organisations should be fully described in the basis of estimates (See Observation 4) supporting the Cost Studies and should fully reflect the transition from generation through spent fuel transfer and the full implementation of decommissioning operations through to the site end condition to deliver the next planned.*

*This defined scope (as part of the pre-planning activities) should seek to identify, develop and manage transition and implementation arrangements – particularly on a multi-unit site and for a coordinated national programme will be essential to ensure costs do not escalate in the early years of execution, building on the work to date and considering wider corporate and management arrangements.*

*This should also include reference to activities to manage staff culture change and training which in NDA's experience is a key enabler to the successful commencement of decommissioning.*

**6.1.2. Resource/Supply Chain**

The strategic principles are clearly stated in the Plans regarding the use of contracted support. At this stage the procurement and subcontracting assumptions to determine whether a 'make or buy' process best suit the decommissioning implementation arrangements are not developed. However, the cost estimates do acknowledge that that most of the work will be out-sourced to the supply chain and that the procurement strategy is for the site to determine, noting that during the pre-closure period a procurement team will be established and contracts let.

The procurement of goods/services and its potential impacts to the schedule will need to be considered and incorporated in relevant plans in good time ahead of station closure, particularly if there are long lead times for specific scope areas and for addressing time impacts associated with Swedish and EU procurement processes.

**Observation 20**

*There will need to be increasing focus by the licensees and SKB with regard to Supply Chain management to consider how its procurement approach will be reflected in the Decommissioning Plans and Cost Studies in order that contractor support is prepared and resourced, especially if broad-front decommissioning across all Licensees/units is envisaged.*

## **6.2. Other Direct and Indirect Costs**

The Cost Studies refers to other certain costs where it is not clear to the NDA whether the costs additionally include indirect costs. For example the Ringhals Cost Study, (Section 2.3.1) identifies labour costs which indicate the inclusion of overhead but does not fully state what is incorporated into the overhead. There are other costs not included (e.g. Authority fees & transport & final disposal of radioactive decommissioning waste). Whilst radioactive waste transport and disposal are covered by separate plan, this should be clearly stated and, as noted in Observation 11, the interdependencies between the separate plans should be described.

The Cost Studies should also seek to clearly outline the extent of the scope necessary to fulfil the site's decommissioning obligations (and hence the Funding obligations) and present how the allocation of indirect cost is derived, this may include:

- For site infrastructure/maintenance - where there is a distinction between that scope necessary to discharge the liability and the scope necessary to maintain the site to support ongoing generation or operations; (or to prepare the site for its next planned use – particularly if this is a commercial arrangement). Where infrastructure costs nominally fall to the operating unit, it is not clear whether this extends to specific decommissioning needs or just operational infrastructure.
- The allocation of costs associated with 3<sup>rd</sup> party spent fuel and waste management services.
- Redundancy provision resulting from periods of workforce transition between key operational phases. Infrastructure costs nominally fall to the operating unit but it is unclear if this addresses specific decommissioning needs or just operational infrastructure. Also the impacts of redundancy at the point in time when the last nuclear plant on each site ceases generation is not clearly stated in the Cost Studies and should be clarified.

## **7. NIS Comparison Report**

SKB commissioned from NIS a comparison report between the four Swedish sites' decommissioning Cost Studies (the fourth being Barsebäck).

The comparison report provides a useful high level overview of the decommissioning approaches used and associated cost estimates for each of the four sites but it does not explain differences between them. For example the report notes (Section 2.5) that the studies for Barsebäck and Ringhals take into account secondary waste produced during decommissioning but the Cost Studies for Forsmark and Oskarshamn do not, this waste being considered as part of the uncertainty in the waste arisings estimate.

However the NIS report passes no comment on this or which approach is considered more appropriate or robust. Similarly for example, pre-closure planning costs for each site are recorded (Table 27) but, ignoring Barsebäck as outside NDA's scope, such costs for Ringhals are three times greater than Oskarshamn and Forsmark for what are similar capacity BWR's, yet no commentary on this difference is given other than a high level statement that it is 'due to differences in program boundaries, strategies and project management'. Finally, references to decommissioning scope are all high level and like the Cost Studies summarise the 'what' is to be done and not the 'how' it will be executed.

Consequently the NDA considers that while the report has value from a stakeholder summary viewpoint; it does not contribute to an understanding of the robustness of the plans when viewed individually or as a programme. It does however illustrate that different approaches to decommissioning planning through use of different contractors' methodologies can produce different solutions and costs.

## **8. Recommendations to Improve Cost Studies**

The submitted Cost Studies are required to provide the basis for calculating fees for contributions to the national waste and decommissioning fund. As noted in Section 3 the overarching documents structure provides an adequate framework to more fully underpin the costs to discharge the nuclear liabilities as the Plans mature in line with the projected station closure dates.

The observations noted by the NDA through this review largely relate to maturing the Cost Studies that will improve confidence and clarity in the basis of estimate. This will also provide appropriate justification for the costs of decommissioning, enable the identification of those areas of uncertainty and risk/opportunity to support a quantifiable assessment of appropriate provision, and give a baseline on which to measure performance.

The time required to consider and mature and optimise the Decommissioning Plans and its supporting Cost Studies needs to be determined between SSM and the Licensees but clearly is driven by the assumption that the three yearly submission schedule for these Plans for review and development is maintained. NDA notes that on the current planned closure schedule there are very few opportunities to refresh the submissions to ensure Fund adequacy prior to commencement and implementation of the underlying decommissioning plans.

## 8.1. Cost Study Quality Expectations and Management

Whilst the submitted Cost Studies have common features, on reviewing them there are inconsistencies in style and content.

SSM have outlined that currently there is no direct requirement for a common framework prescribing the level of detail or content for the Cost Studies and governance arrangements or requirements for independent peer reviews by the Licensees. However SSM requires that Licensees submit supporting information to clarify the basis for the calculations and the methods used. Consequently there is scope for differences of view as to the quality of the respective submissions and potential for variances in approach which may not be optimal and may not give wider stakeholders confidence that the industry has 'got it right'.

In order that clear expectations between the regulator and the Licensees are understood it is suggested that common reporting expectations for the submissions are defined with the expectation of providing collated information based on prescribed criteria and quality. This should ensure that that the Cost Studies can be built in a systematic and coherent structure that will directly enable direct comparison and interrogation on a national, regional, site and unit basis.

### **Observation 21**

*The derivation of a submission framework to specify a coherent cost study structure should consider a clear understanding of the Cost Study expectations and detail the appropriateness of its data, sources, methods, etc. It should also consider the degree of input into the plan development by SKB, the Licensees, and senior station personnel to ensure the ownership and accountability for the cost estimates in relation to the eventual execution of the decommissioning plans is clear.*

*The application of a coherent framework also enables all parties the ability to have overview of the submission, and the means to test assumptions, uncertainty, optimism bias, etc. from a top down perspective to reconcile across the sites and ensure comparability and understanding of any material differences between them and with previous Cost Studies (see Observation 4).*

## 8.2. Preparation and Transition Arrangements

Aligned to the projected station closure dates, there is an opportunity to implement a detailed programme of work that will enable the identification of all necessary arrangements to ensure a seamless transition from generation into defueling and decommissioning.

The scope and requirements of what is required at cessation of generation and commencement of implementing the execution arrangements ("T0") so as to be 'decommissioning-ready' can be defined today and then progressively refined, and should describe those key outcomes necessary to ensure effective implementation – these may consider for example that:

- Clear effective and efficient management arrangements are in place to ensure that the decommissioning funds can be drawn down in line with the agreed Decommissioning Plan and supporting Cost Studies to seek to ensure the cost effective delivery of the plans consistent with maintaining high levels of safety and environmental protection.
- The Decommissioning Plans demonstrate near term certainty in scope schedule and costs and which are fully resourced with significant risks and uncertainties clearly identified and quantified.
- There is a focus on critical activities/milestones – e.g. defueling completion, end states, etc.
- The readiness of the organisation and workforce to transition from an operational to a decommissioning (project based) focus is clear.
- The readiness of the supply chain and interdependent facilities/organisations (e.g. waste management) to support success implementation is evident.
- There is technical readiness – high confidence that the proposed technologies will be successfully deployed.
- The medium to long term scope is well defined with anticipated learning and efficiencies expected from the near term work reflected in the Decommissioning Plan and Cost Studies.
- The ability of client and overseeing organisations to demonstrate effective contractor management and cost control is evident.

These outcomes are illustrative and clearly need to be honed to support individual sites/programme requirements, but the emphasis should be a clear focus on what and how the Decommissioning Plans underlying the Cost Studies will be seamlessly executed at “T0” across a number of workstreams ranging from technical to organisational in order to mitigate the risk of delays and incurring ‘hotel’ costs. A detailed programme of work can be scoped to ensure its success. This will likely require detailed planning several years before execution.

The advantage of setting out now clear expectations for the quality of the Decommissioning Plans at ‘T0’ is to enable a work plan to be agreed which allows the progressive maturation of the existing plans while avoiding surprises and better justifying changes in assumptions and costs.

## **9. Acknowledgments**

NDA would like to record its appreciation of the input and the support provided by SSM during this review.

## **10. Conclusion**

The NDA has completed its review of the 2013 Decommissioning Cost Studies in line with its agreed terms of reference.

In considering the Cost Studies, the NDA has concluded that the framework and models and methodologies applied are largely consistent with practices applied in the UK and elsewhere. In particular, the direct application of international experience in light water reactor decommissioning programmes and the proposed approach to use proven, existing techniques in developing the scope and costs to underpin the Swedish Decommissioning Plans and Cost Studies should provide improved confidence in the technical deliverability and hence improved certainty in the costs to complete the scope.

In continuing to develop the scope and costs based on growing international experience, the Cost Studies will need to ensure that activities are transferable (or suitably modified) to ensure that the associated costs directly and wholly represent how it can be demonstrated within the Swedish operating and regulatory environment.

Whilst the review has concluded that the framework and methodologies supporting the Cost Studies seem reasonable, it has identified a number of areas where improved clarity of the scope or refinement as to how the costing methodologies have been applied (e.g. further substantiation, specific cost information or justification) will improve confidence in the overall cost estimate.

These areas are summarised in the review as Observations (also presented together in Appendix 1) and largely centre around ensuring the Decommissioning Plans and the supporting Cost Studies are fully supported by a detailed Basis of Estimate accurately describing the scope and how costs are derived to support that scope execution. It should also fully describe how scope is integrated within the Decommissioning Plan – but also, and importantly, show where scope is dependant or needs integration with plans where activities are delivered by other organisations

The review also considered whether the estimates in their current form could robustly support a detailed methodology for dealing with risk identification and assessment. The review noted that the reported “Base Costs” include an applied uplift to provide a correction factor, the magnitude of some of these corrections and uplifts are very large and that this may add significant conservatism if additional provision for risk (and uncertainty) is further applied.

The review concludes that additional confidence could be achieved in the overall cost estimate if the approach to the application of estimating uncertainty to base costs along with identification and assessment of discrete risks is fully presented.

Finally, in considering the observations identified through the report, it is considered that this framework, along with a description of risk and contingency, should support the cyclical assessment of Fund sufficiency and also support the maturation of the plans to eventually transition to implementable arrangements for the successful decommissioning of the sites.

The Cost Studies should be developed and matured such that there is improved confidence and certainty in the overall provisions for nuclear decommissioning and

whilst increases in future costs may continue, the rationale and reasoning for any such change will be understood.

## **11. References**

- 11.1. Contract Reference: Technical support related to the 2013 Decommissioning Cost Estimates for Ringhals, Oskarshamn and Forsmark Nuclear Power Plants (SSM 2013-4798) 31 October 2013.
- 11.2. Decommissioning Study of Forsmark NPP. June 2013. Reference (R-13-03) and associated Cost Studies.
- 11.3. Decommissioning Study of Oskarshamn NPP. June 2013. Reference (R-13-04) and associated Cost Studies.
- 11.4. Ringhals Site Study 2013 – An assessment of the decommissioning costs for the Ringhals site. March 2013. Reference (R-13-05) and associated Cost Studies.
- 11.5. Comparative Analysis of Swedish Decommissioning Studies. September 2013. Reference (9160/CA/F 007032 6/00).

## APPENDIX 1 – Summary of Review Observations

### No. Observation

- 
1. *The application of “contingency” as described in the Cost Studies in the way it is articulated or implemented could lead to an incorrect determination regarding the adequacy of the overall provision for nuclear decommissioning. This is considered in detail in Section 4.0.*
- 
2. *NDA considers that the scope definition between identified phases of work must be fully quantified and clearly identified with defined start and end conditions in order that costs and funding arrangements are appropriately apportioned. This will minimise any adverse impact on the schedule and ensure appropriate governance arrangements are implemented for these transitional activities (e.g. management arrangements for the identification, management, packaging and disposal of “operational” waste prior to decommissioning).*
- 
3. *The Swedish funding model requires each Site to accumulate sufficient funds during the operation of its reactors to finance the cost of decommissioning. An assessment of the total unit decommissioning expenditure profile will enable the Licensees to test its portfolio/programme management to demonstrate the “deliverability” of the proposed plan.*  
*It will also enable the Licensee to consider how the associated fund is expected to be managed over the full lifecycle to discharge the liabilities effectively and therefore inform the degree of detail in the Decommissioning Plans and the associated Cost Studies (and its supporting cost estimates) necessary to inform decisions ensuring the full funding during the plant’s lifetime during each funding cycle.*
- 
4. *The Decommissioning Plans are required to describe the effective decommissioning arrangements – these should be fully supported by a Basis of Estimate document showing the detailed scope and how the costs have been manipulated / factored to derive the associated Cost Studies.*  
*The subsequent submissions should also present a detailed reconciliation to show how the scope, schedule and cost differences have changed in order to highlight where the basis of the Cost Studies has altered and why.*
- 
5. *In line with Observation 4, where the Basis of Estimate is derived from benchmark information, it is important to demonstrate how the scope described in the Decommissioning Plan fully discharges the liability and how the derived costs have been adjusted/factored to support the associated Cost Studies.*
- 
6. *The extensive reference to international benchmark data is a robust position and should continue to be applied and developed with its input to scope, schedule and cost clearly articulated.*  
*The use of international costs data in Swedish Cost Studies needs careful management however in order to appropriately reflect national policy, regulatory, productivity and operational practices with appropriate adjustments to the estimates made accordingly..*

**No. Observation**

---

7. *The direct application of scope and costs to support the Cost Studies based on approaches approved by other national regulatory regimes needs treating with care. It has been NDA's experience that incorrect assumptions between different regulatory approaches has led to significant outturn cost (and associated scope/schedule) increases for projects compared with the plan. In developing the Swedish decommissioning Cost Studies it is not evident whether a comprehensive assessment, or application, of any correction between different regulatory approaches has been applied..*
- 
8. *The continued development and the assessment of the wastes both by its categorisation and quantity/inventory is a key factor in determining and describing the techniques necessary to fully discharge the liability (e.g. waste management (including treatment and disposal), decommissioning technologies and resource requirements) in the Decommissioning Plan and the subsequent costs reflected in the Cost Studies.*
- 
9. *As part of the continued review of waste categorisation and quantity (see Observation 8), the radionuclide inventory must be reviewed and challenged periodically – it is the experience of the NDA that detailed inventories can inadvertently be presented with an undue degree of confidence which may pre-determine disposal routes or treatment options and drive particular, and possibly sub-optimal, decommissioning strategies.*
- 
10. *In line with Observation 4, the Basis of Estimate should demonstrate that subsequent submissions and supporting information has been fully assessed to demonstrate adequate provenance to underpin the costs – including a re-assessment of costs over time in order that robust cost estimates can reflect operational practice and keep the baseline current for out-year estimates (and reflects escalation through “nuclear inflation”).*  
*The NDA, for its planning approach in the UK, considers that estimates more than five years old should be reviewed and re-priced at the prevailing money value rates.*
- 
11. *The Cost Studies should describe and specify arrangements where there is an explicit (or implicit) dependency on arrangements between nuclear sites or different Licensees or waste management service providers.*  
*The NDA requires these dependencies to be identified in its plans and additionally requires the arrangements to describe interfaces between individual plants on sites, groups of plants, waste receipt facilities, or where materials are transferred on and off sites.*  
*This is to ensure that every step in the management and processing for the decommissioning and generated wastes are clearly defined and costed (i.e. it seeks to ensure that no costs are duplicated, and no costs inadvertently assumed to be provisioned for by another parties - termed “Handshake” for the purposes of the UK plans)..*

**No. Observation**

---

12. *The use of proven, existing techniques is considered to be a sound and robust assumption which will hopefully deliver a high degree of technical readiness and confidence of the technologies and systems at implementation - this should mitigate the technical risk that deployed technologies do not perform as expected.*  
*However, whilst typical technologies are described in the Cost Studies there is no underpinning to describe how these techniques will be actually employed and the likelihood of this technology being practically applied at the sites. This has the potential to be an area of significant risk if deployment is challenged.*  
*In line with Observation 4 the Basis of Estimate should also be underpinned with a clear articulation as to how the scope and technologies will be deployed and executed. This will provide improved clarity in determining key risks and assumptions and support the bounding of the scope*
- 
13. *The current schedules presented in the Cost Studies (particularly Ringhals) are high level –whilst this may provide for a high level schematic describing the overarching programme, Industry practice requires its schedules to typically reflect the following areas/issues:*
- The decommissioning schedule showing associated interdependencies*
  - Direct alignment with the defined work breakdown structure (WBS) (e.g. the ISDC WBS) to demonstrate how costs are aligned with the schedule.*
  - The critical path is clearly identified (for a single unit, or where a programme level approach is considered – the Critical Path for the programme)*
  - Milestones identifying key activities – e.g. cessation of generation; defueling, regulatory consents, etc.*
- This is consistent with what NDA requires of its contractors*
- 
14. *For revised submissions, the detailed methodology for dealing with risk management should be fully described and address the alignment of the Cost Studies and associated Plan reports and should provide a systematic application of management policies, procedures and practices which focus on the input data (context, identifying, evaluating) rather than just the analysis.*
- 
15. *Additional confidence could be achieved in the overall cost estimate if the approach to the application of estimating uncertainty to base costs along with identification and assessment of discrete risks is fully presented.*
- 
16. *Due to the potential significant impact due to a change to baseline assumptions or a manifestation of remote probability risks the NDA considers that future plans should highlight potential scenarios, complete with a high level plan of what this scenario may look like if it occurred and what the cost consequences could be..*
- 
17. *On the basis of the reviewed Cost Studies, there are a number of assumptions that are stated without the detail of any supporting justification or where necessary any associated risk mitigation in the event they are challenged.*  
*The testing of the robustness of assumptions, exclusions, interdependencies and constraints in order to uncover associated risks and opportunities is a key activity to supporting a robust baseline.*

**No. Observation**

---

18. *In the experience of the NDA, separate identification of direct and indirect costs provides improved clarity as to where all costs are allocated in order to be able to better control costs during decommissioning (indirect costs have been shown to very much under the control of the site owner/operator and therefore able to be influenced). The distinct identification of direct and indirect costs avoids the arbitrary allocation or distribution of overhead and support type costs over other, more direct, activities. There may be particular value in identifying direct and indirect overhead where there may be a program-based approach to integrating decommissioning across each sites' multiple power plants.*
- 
19. *Clarity of costs associated with the operational and project management organisations should be fully described in the basis of estimates (See Observation 4) supporting the Cost Studies and should fully reflect the transition from generation through spent fuel transfer and the full implementation of decommissioning operations through to the site end condition to deliver the next planned. This defined scope (as part of the pre-planning activities) should seek to identify, develop and manage transition and implementation arrangements – particularly on a multi-unit site and for a coordinated national programme will be essential to ensure costs do not escalate in the early years of execution, building on the work to date and considering wider corporate and management arrangements. This should also include reference to activities to manage staff culture change and training which in NDA's experience is a key enabler to the successful commencement of decommissioning.*
- 
20. *There will need to be increasing focus by the licensees and SKB with regard to Supply Chain management to consider how its procurement approach will be reflected in the Decommissioning Plans and Cost Studies in order that contractor support is prepared and resourced, especially if broad-front decommissioning across all Licensees/units is envisaged.*
- 
21. *The derivation of a submission framework to specify a coherent cost study structure should consider a clear understanding of the Cost Study expectations and detail the appropriateness of its data, sources, methods, etc. It should also consider the degree of input into the plan development by SKB, the Licensees, and senior station personnel to ensure the ownership and accountability for the cost estimates in relation to the eventual execution of the decommissioning plans is clear. The application of a coherent framework also enables all parties the ability to have overview of the submission, and the means to test assumptions, uncertainty, optimism bias, etc. from a top down perspective to reconcile across the sites and ensure comparability and understanding of any material differences between them and with previous Cost Studies (see Observation 4).*

## APPENDIX 2- NDA Review Structure

No.	Criteria	Expectation	NDA Success Criteria	Relevant Observation(s)
<b>Structure and Quality</b>				
1	The Plans overall conforms with good or best practice	<ul style="list-style-type: none"> <li>All relevant information is incorporated with a logical cascade through the document.</li> <li>The document has been produced in line with a documented quality assurance plan within an independently assured Quality Management System.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Historical information is used intelligently to put the future scope of work into context. It is not laboriously described or over-long.</li> <li>The document is logically structured and aligned to a clear Work Breakdown Structure.</li> <li>The document has been produced in alignment with an independently assured QMS <i>and there is evidence that the originating organisation has undertaken peer review and compliance checking.</i></li> <li>The document has been produced in close collaboration with relevant sites and has been made visible to site's senior management</li> </ul>	Observation 21
<b>Scope / Schedule / Cost &amp; Risk</b>				
2	The scope of work identified in the Plans has been adequately defined and technically sound.	<ul style="list-style-type: none"> <li>The scope is 'whole' - it contains all the scope necessary to deliver the end state</li> <li>Scope is clearly articulated and bounding assumptions stated</li> <li>All assumptions are reasonable and justified</li> <li>The technology and techniques proposed are in line with current accepted decommissioning practice.</li> <li>There is an appropriate underpinning technical baseline and technology gaps and readiness risks are clearly identified and credible planned work is recorded in order to close the gaps and risks, and that such work is appropriately costed.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>The scope is clearly and thoroughly articulated in sufficient detail to provide a comprehensive understanding of what is required to carry out the totality of the work and sufficiently well bounded to ensure that when a change occurs, it can be readily identified as such.</li> <li>End states (interim and final) are clearly articulated in every item of scope where this is relevant and whether these end states are agreed or assumed is clearly stated.</li> <li>Assumptions and exclusions are clearly articulated and in sufficient detail to bound the scope and support change control</li> <li>The originating organisation has identified and utilised current good/accepted and internationally benchmarked practice for proposed decommissioning technologies and techniques.</li> <li>Technology gaps and readiness risks are recorded and appropriate mitigation plans are in place to address gaps and shortfalls in readiness</li> <li>The work-scope is clearly linked to an underpinning R&amp;D programme</li> <li>Metrics and key quantities are included where this is appropriate at baseline level. These are comprehensive, readily measurable and directly relevant.</li> <li>Waste quantities, active and inactive, are reported in accordance with good practice requirements and appear appropriate. Any Inter-site transfers including to disposal site(s) have been clearly evaluated and included</li> </ul>	Observation 2 Observation 8 Observation 9 Observation 12 Observation 17 Observation 18 Observation 20

No.	Criteria	Expectation	NDA Success Criteria	Relevant Observation(s)
3	Schedules are realistic and aligned	<ul style="list-style-type: none"> <li>The schedule is clear and logic-linked and addresses all the reported technical scope. The durations reported are reasonable and benchmark with relevant national and International best practice.</li> <li>The schedule of waste disposal dates aligns with repository operational acceptance assumptions</li> <li>Schedule durations are reasonable and not overly optimistic</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>The approach to schedule development is well documented and appears robust. The basis of schedule data is described and is appropriate and logical for the site concerned.</li> <li>The schedule is well structured and aligns with the Work Breakdown Structure.</li> <li>Summary schedules are provided at an appropriate detailed level of the Work Breakdown Structure with detailed schedules to the lowest level</li> <li>The schedule is logically linked and reflects all the scope and assumptions to deliver the proposed end state.</li> <li>Mitigation plans for technology or other gaps are clearly identified and appear reasonable.</li> <li>Schedule durations are reasonable and reflect the level of associated risk and opportunities.</li> <li>The schedule critical path is clearly identified and appears reasonable.</li> <li>Interdependencies and milestones are clearly identified and are appropriate and realistic.</li> </ul>	<p>Observation 11 Observation 13</p>
4	The cost estimates are robust at this stage of the Plan's maturity	<ul style="list-style-type: none"> <li>All the cost elements required to deliver the end state are included</li> <li>The approach to the development of estimates is comprehensively and unambiguously described, providing a clear picture of the estimating techniques used on the site.</li> <li>Cost and quantity data sets are robust</li> <li>Clarity is provided on what benchmarking has been carried out</li> <li>Clear reconciliation with previous submissions</li> <li>Assumptions used to derive the basis of estimate are articulated and are adequate</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>The estimate reflects all the scope and assumptions to deliver the proposed end state and is aligned to the schedule.</li> <li>Basis of Estimates are provided at the lowest level and clearly underpins the estimate and provides good traceability of data.</li> <li>The cost estimate is underpinned by a well defined procurement and subcontracting assumptions and the make / buy process is clear.</li> <li>Cost estimation techniques used are appropriate and align with recognised good practice. The underlying rationale for the use of these is explained and appears appropriate based on the level of maturity of the scope.</li> <li>Cost and quantity data sets used appear robust based on benchmarks.</li> <li>Evidence exists of appropriate benchmarking being applied to support estimates.</li> <li>Outcome of any benchmarking exercises are clearly communicated and how these have helped inform the document</li> <li>Base costs are at 50% and contingency is correctly applied to take the costs to 80%. Escalated and discounted values are included and have been correctly calculated.</li> <li>Cost summary tables are included at an appropriate level of the Work Breakdown Structure with detailed cost tables being provided down to the lowest level of the WBS and conform with good practice requirements.</li> <li>The phasing of costs is based on the Scope, Schedule &amp; Cost being clearly aligned and are provided by individual year and are not aggregated.</li> <li>The originating organisation are able to demonstrate a comparative review against the previous revision to reconcile any differences in scope cost and/or schedule, this review must include a thorough challenge to any increase in costs.</li> </ul>	<p>Observation 1 Observation 3 Observation 4 Observation 5 Observation 6 Observation 7 Observation 8 Observation 10 Observation 19</p>

No.	Criteria	Expectation	NDA Success Criteria	Relevant Observation(s)
5	Risks and opportunities, particularly project (financial) risks, are suitably identified and management plans are in place	<ul style="list-style-type: none"> <li>• All major risks to project delivery are identified and risk mitigation activities clearly stated. Risk owners are identified. Risk handling strategies have been developed and risks are quantified</li> <li>• Contingency values have been informed by the output of risk quantification and estimate uncertainty. Contingency values appear acceptable based on the level of maturity of the programme.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Risks and opportunities identification and assessment techniques used are appropriate and align with recognised good practice.</li> <li>• Risk and opportunities identified are directly relevant to the scope and are not vague, general, or motherhood statements and are aligned to assumptions and appear reasonable.</li> <li>• Risk handling strategies have been developed in line with good practice</li> <li>• Mitigation measures are recorded and risk owners are clear. Evidence that the risk log has been developed in consultation with the risk owners</li> <li>• All risk mitigation strategies are incorporated in the schedule and are suitably estimated</li> <li>• Where mitigation is being undertaken a suitable cost benefit analysis has been undertaken to inform the decision</li> <li>• Opportunities have been recorded and realisation measures identified with attaching owners</li> <li>• It is clearly shown that any transferred risks, eg to Government, are only transferred after appropriate mitigation measures by the originating organisation</li> <li>• Any transferred risks have been socialised with the transferee and evidence exists that they have accepted them</li> <li>• Contingency values appear appropriate and have been informed by the output of a suitable risk and uncertainty analysis assessment in line with current good practice.</li> </ul>	Observation 14 Observation 15 Observation 16

## **APPENDIX 3 - NDA Review Team Qualifications**

### **Mike Calloway (lead)**

Mike is the Lead Programme Manager in the Non-NDA Liabilities Oversight Team and reports to Chris Kaye in providing assurance and oversight of third party's nuclear operator's decommissioning strategy, planning and costing which lie outside the NDA's estate but where Government has an interest in its funding. Mike has been in this post since 2012.

Mike has worked for the NDA since 2006 and prior to his current role he led and supported the NDA in its assurance of the former UKAEA nuclear R&D sites and Magnox Reactor Site Licence Companies programmes and projects. This has focussed on ensuring robust Lifetime plans to underpin the UK Government's nuclear provision and which are aligned to NDA's strategy, provide value for money to the taxpayer, and have adequate arrangements to manage contingency and mitigate risk (specifically technical risk).

More recently, Mike constructed the NDA specification for the market competition used to support the £7Bn Parent Body Organisation (PBO) contract for the Magnox Ltd and RSRL sites to ensure that the new contract are delivers to the NDA's reference strategy. In mid 2013 Mike participated in the NDA's review of Atomic Energy of Canada's (AECL's) latest Decommissioning Plan to independently assess its cost base and methodology, in support of their intended privatisation.

Mike has over 20 years experience in the fields of programme and project management and delivery – specifically in decommissioning (and its planning), radwaste management, radiation protection and environmental support relating to the operation, remediation, refurbishment, design, and decommissioning of various nuclear facilities including nuclear power stations, post irradiation examination facilities, redundant nuclear facilities and effluent treatment plants.

### **Chris Kaye**

Chris is currently Head of Non-NDA Liabilities Oversight for the NDA responsible for assurance and oversight of third party's nuclear operator's decommissioning strategy, planning and costing which lie outside the NDA's estate but where Government has an interest in its funding. This is a post Chris has held since 2006. This work has been primarily directed at assuring the robustness of EDF Energy's plans for decommissioning its 7 AGR's and Sizewell B PWR and associated spent fuel liabilities, with a total value of c. £18bn, which is paid-for by a segregated fund backed by the UK taxpayer.

Chris has also led the assurance for the UK's Department of Energy of Hinkley Point C EPR's decommissioning plan and cost estimate in order to support the UK Government's decision on whether or not to approve the operator's liabilities funding arrangements for this first of a kind new nuclear development. Chris also led NDA's review of AECL's Decommissioning Plan reported above.

From 2000 to 2006 Chris worked as an independent consultant on various nuclear assignments for major clients including the UKAEA, Arthur D Little and the UK Government which, inter-alia, led to the creation of the NDA in 2005. Prior to that Chris worked in a variety of roles in the UK electricity supply industry, initially on radwaste management R&D and policy, and for 12 years from 1988 led the negotiation and management of all the contracts for supply of uranium, new fuel, and spent fuel management services for the UK's Magnox, AGRs and Sizewell B reactors.

Chris is a 'high risk projects' reviewer for the UK Government Cabinet Office's Major Projects Authority. He is a Member of the Chartered Institute of Purchasing & Supply, and has almost 40 years technical and commercial experience in the nuclear industry.

#### **Andy Ridpath**

Andy is the Lead Project Control Manager in the Non-NDA Liabilities Oversight Team and reports to Chris Kaye in providing assurance and oversight of third party's nuclear operator's decommissioning strategy, planning and costing. Andy has been in this post since 2010 as an interim and officially joined the NDA as a staff member in 2012.

Prior to his current role Andy worked in a consultancy capacity on various commissions in the UK national, and international, nuclear and power industry and spent 7 years with BNFL as Head of Estimating and Cost Engineering at the Sellafield site, managing the quality arrangements for the function and providing assurance for the site board of directors on estimating quality, contract strategy, procurement strategy and risk exposure of all expenditure proposals and sanction requests.

More recently, Andy developed the NDA's Assurance Plan and is a member of the review team for the UK's Department of Energy of Hinkley Point C EPR's decommissioning plan and cost estimate referred to above. Andy has also participated in NDA's review of AECL's Decommissioning Plan.

Andy has over 20 years experience in managing multi-disciplinary teams and functional departments, project assurance, risk management including cost and schedule risk analysis, commercial management, schedule development, change control, preparation of all levels of estimates (CAPEX and OPEX), reporting, developing process and procedures and progress monitoring and verification in nuclear, power and oil and gas sectors working for client organisations, EPC contractors and in a consulting capacity.

#### **Jamie Chaplin**

Jamie is a Project Controls Manager within NDA's Delivery Function and in particular is on the NDA Site Facing Team for the UK Low Level Waste Repository (LLWR) and National Programmes. Particular work focus is on baseline management, assurance and risk management. Jamie joined NDA in 2012.

Prior to this Jamie worked for a global consultancy across various sectors, with the last 5 years being within the Nuclear industry (predominantly civil and structural works), including Capenhurst enrichment plant and Sellafield site.

More recently, Jamie was a lead member of the NDA team that carried out the assurance and approved the Lifetime Plan for the LLWR's Second Contract Term (this was the first contract extension undertaken by NDA). From a National Programmes perspective, Jamie is active on multiple programmes including High Active Waste, Exotics, spent fuel logistics, spent nuclear materials transfer, LLW and Information Governance.

Jamie has over 10 years cross-sector experience and is a Member of the Royal Institution of Chartered Surveyors. Jamie has managed multi-disciplined teams and delivered in the fields of quantity surveying, estimating, procurement, contract and commercial management, project assurance, cost and schedule risk analysis and management.