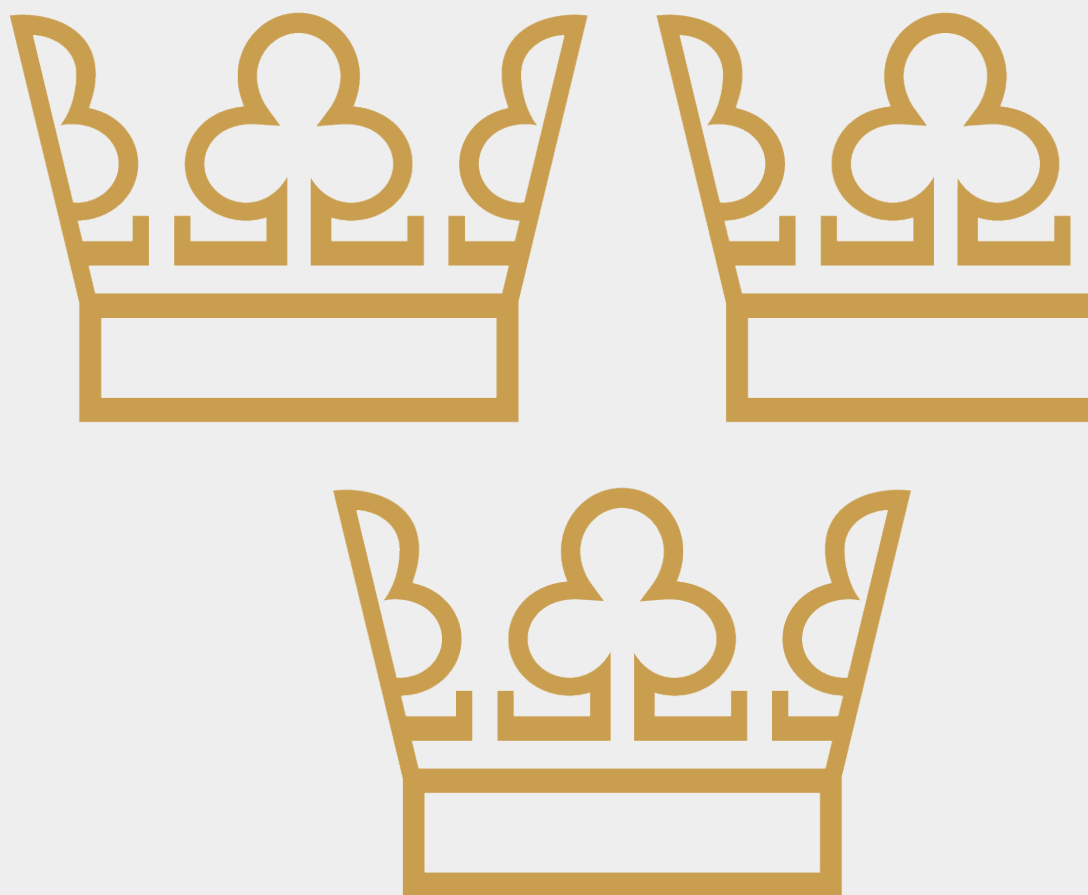


KÄRNAVFALLSAVGIFTER OCH SÄKERHETSBELOPP

Remissversion av förslag på avgifter och säkerhetsbelopp för
reaktorinnehavare 2021



Riksgäldens uppdrag

I september 2018 övertog Riksgälden ansvaret för de uppgifter inom kärnavfallsfinansiering som Strålsäkerhetsmyndigheten tidigare hade enligt lag (2006:647) om finansiering av kärntekniska restprodukter och förordning (2017:1179) om finansiering av kärntekniska restprodukter.

Riksgäldens roll som tillsynsmyndighet är att säkerställa att kärnkraftindustrin sätter av tillräckligt med ekonomiska resurser för att finansiera hanteringen och slutförvaringen av kärnavfall och använt kärnbränsle, avvecklingen och rivningen av anläggningarna samt den forskning som krävs för att möjliggöra detta. Det är kärnkraftsindustrin som ska betala – inte framtidens skattebetalare.

Riksgälden beslutar även om utbetalningar från Kärnavfallsfonden till olika mottagare och reviderar användningen av fondmedel. Myndigheten lämnar även yttranden över de säkerheter som industrin ska ställa för de beslutade finansierings- och kompletteringsbeloppen till regeringen.



Sammanfattning

Finansiering av kärnavfallsprogrammet

En reaktorinnehavare ska enligt 8 § förordningen (2017:1179) om finansiering av kärntekniska restprodukter (finansieringsförordningen), i samråd med övriga reaktorinnehavare, upprätta en kostnadsberäkning som redovisar de återstående kostnaderna för kärnavfallsprogrammet och ge in den till Riksgälden vart tredje år. Kärnavfallsprogrammet omfattar avveckling och rivning av de svenska kärnkraftverken, samt hantering och slutförvaring av kärnavfallet och det använda kärnbränslet från kärnkraftverken. Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB) inkom i september 2019 med detta underlag (Plan 2019) på uppdrag av reaktorinnehavarna. SKB bedömer i Plan 2019 de återstående kostnaderna för kärnavfallsprogrammet till 110,0 miljarder kronor.

Reaktorinnehavare är skyldiga att löpande betalar in kärnavfallsavgifter till en gemensam fond, kärnavfallsfonden. Kärnavfallsavgifterna ska tillsammans med tidigare fonderade tillgångar täcka de förväntade återstående kostnaderna för programmet samt de kostnader som kan uppstå för staten för tillsyn och förvaltning av avgiftsmedel. Förutom att betala avgifter ska reaktorinnehavare även till Kärnavfallsfonden ställa godtagbara säkerheter motsvarande finansieringsbelopp och kompletteringsbelopp. Riksgäldens uppdrag är att yttra sig över kostnadsunderlaget och till regeringen lämna förslag på kärnavfallsavgifter och säkerhetsbelopp för reaktorinnehavarna för kommande treårsperiod.

Ettårigt avgiftsförslag

I denna rapport lämnas Riksgäldens förslag på kärnavfallsavgifter och finansieringsbelopp för reaktorinnehavare för 2021, så att de remissinstanser som avses i 15 § finansieringsförordningen, har möjlighet att lämna synpunkter på underlaget. De beslutade kompletteringsbeloppen för perioden 2018-2020 föreslås förlängas att gälla även 2021. I rapporten sammanfattas även Riksgäldens granskning och bedömning av kostnadsunderlaget.

Riksgälden har sedan hösten 2018 arbetat med modellutveckling och analys för att anpassas beräkningarna av kompletteringsbeloppen till de nya bestämmelserna i finansieringsförordningen. Covid-19 pandemin omöjliggör att det utvecklings- och analysarbete som påbörjats kan slutföras så att förslag på kompletteringsbelopp kan remitteras och att förslag kan lämnas till regeringen före 30 september 2020.

Riksgälden ska enligt 14 § finansieringsförordningen lämna förslag på kärnavfallsavgifter och säkerhetsbelopp för reaktorinnehavare för kommande treårsperiod. Enligt 7 § finansieringsförordningen kan kärnavfallsavgifter, finansieringsbelopp och kompletteringsbelopp, om det finns särskilda skäl, bestämmas för en kortare period. Riksgälden bedömer att de rådande omständigheterna utgör särskilda skäl. Detta förslag på kärnavfallsavgifter, finansieringsbelopp och kompletteringsbelopp avser således endast 2021.

För åren 2022-2023 avser Riksgälden att lämna ett förslag på kärnavfallsavgifter, finansieringsbelopp och kompletteringsbelopp i enlighet med bestämmelserna i finansieringslagen och finansieringsförordningen till regeringen senast under september 2021.

Riksgäldens synpunkter på kostnadsunderlaget

Riksgälden har fokuserat granskningen på fyra områden: utveckling av de beräknade kostnaderna för programmet, real pris- och löneutveckling, industrins osäkerhetsanalys och kärnkraftverkens prognoser på elproduktion. Riksgälden anser att dessa områden är särskilt kritiska för kostnadsutvecklingen i programmet som helhet. Dessutom har dessa områden varit föremål för tidigare granskningar och bör därför följas upp.

Granskningen av underlaget har på två punkter föranlett Riksgälden att använda annat underlag för beräkning av kärnavfallsavgifter och finansieringsbelopp än det som SKB inkommit med: real pris- och löneutveckling samt kärnkraftverkens prognoser på elproduktion.

Utveckling av beräknade kostnader för kärnavfallsprogrammet

Riksgäldens genomgång av SKB:s historiska underlag visar en trendmässig kostnadsökning, där SKB vid varje ny kostnadsberäkning gjort bedömningen att underlagskalkylerna i kärnavfallsprogrammet ökat jämfört med föregående beräkning. Sambandet är stabilt över tid och gäller för samtliga tre perioder med olika drifttidsantagande. Riksgälden anser att SKB aktivt behöver arbeta med att kartlägga varför deras revideringar av underlagskalkylerna ökat historiskt och dra lärdomar av detta i deras arbete med framtida plan-rapporter.

Real pris- och löneutveckling

Med grund i den genomförda granskningen av SKB:s prognoser av prisutvecklingen på insatsfaktorer i kärnavfallsprogrammet bedömer Riksgälden att SKB:s grundkostnader ska ökas med 6,3 miljarder kronor jämfört med de grundkostnader som SKB menar bör ligga till grund för kärnavfallsavgifter och säkerheter. Denna justering är en konsekvens av att prognosmodellerna för de så kallade externa ekonomiska faktorerna (EEF) skattas på det sätt som Riksgälden i denna granskning bedömer vara ändamålsenligt. Detta innebär att Riksgäldens avgiftsberäkning baseras på den alternativa kostnadsberäkning (116,4 miljarder kronor) som SKB redovisat istället för den som SKB menar ska ligga till grund för beräkningen (110,0 miljarder kronor).

Även beaktat denna justering ser Riksgälden behov av vidare arbete inom ett antal områden för att förbättra underlaget inför nästa kostnadsberäkning. Av kanske störst vikt är SKB:s antagande om att kärnavfallsprogrammet kommer att kunna tillgodogöra sig samma produktivitetsförbättringar som historiskt observerats för hela branschen, vilket är ett starkt antagande som Riksgälden bedömer inte är tillräckligt väl underbyggt. Vidare belyser Riksgäldens granskning ett antal metod- och redovisningsfrågor där SKB behöver fördjupa analysen och framställningen.

Osäkerhetsanalysen

I vissa avseenden har osäkerhetsanalysen i Plan 2019 förbättrats jämfört med tidigare år, vilket bland annat medfört att den relativa standardavvikelsen i programmet ökat från 13 procent till 16 procent. Trots förbättringarna kvarstår flera brister i osäkerhetsanalysen.

För de första är detaljeringsgraden i analysen alltför hög, vilket gör att analysarbetet blir omfattande och svåröverblickbart, och kan ge en falsk bild av exakthet. Dessutom används för många variationer med för låg eller ingen inbördes samvariation, vilket gör att det uppstår en diversifieringseffekt som bidrar till att hålla nere standardavvikelsen. För det andra innebär analysgruppens sammansättning, där majoriteten av medlemmarna och moderatören har koppling till kärnkraftsindustrin, en risk för bias i bedömningarna. För det tredje krävs det mer analys avseende rimligheten i egenskaperna och formen på den resulterande kostnadsfördelningen. För det fjärde saknar osäkerhetsmodellen

tekniska förutsättningar att simulera tidsfördelade osäkerheter, vilket bland annat medför att tidsförskjutningar inte simuleras ändamålsenligt.

Ovanstående brister leder till att den totala risken i kostnaderna troligen är underskattad, vilket bekräftas av indikativa jämförelser med spridningen i kostnader för andra stora infrastrukturprojekt.

Prognoser för elproduktion

Jämförelsen mellan reaktorinnehavarnas och Riksgäldens prognoser pekar på att reaktorinnehavarna systematiskt överskattat sin framtida produktion. Riksgäldens prognosmodell gör ingen entydig över- eller underskattning av produktionen i de olika reaktorerna. Träffsäkerheten i Riksgäldens prognoser är något bättre än industrins prognoser. Tillgänglighetsnivån som antas gälla i reaktorinnehavarnas prognoser för 2021-2035 är dessutom betydligt högre än vad som uppnåtts historiskt för samtliga reaktorer.

Sammantaget bedömer därmed Riksgälden att reaktorinnehavarnas prognoser inte bör användas som underlag för beräkning av kärnavfallsavgifter. Beräkningarna bör istället göras med Riksgäldens prognosmodell. Med Riksgäldens prognosmodell blir den totala förväntade återstående elproduktionen under perioden 2021-2035 613 TWh, vilket är 7 procent lägre än reaktorinnehavarnas prognoser.

Samlad bedömning av underlaget

SKB har med Plan 2019 i vissa avseenden beaktat de synpunkter som lämnades i granskningen av Plan 2016 i samband med föregående avgiftsförslag. Bland annat redovisar SKB nu beräkningar för EEF i enlighet med de riktlinjer som tagits fram och vad gäller osäkerhetsanalysen har riskfaktorer slagits samman i viss utsträckning. Därmed har vissa steg tagits i rätt riktning för att få en mer rättvisade bild av de återstående förväntade kostnaderna för kärnavfallsprogrammet och osäkerheten kring dessa. Dock kvarstår flera brister i SKB:s kostnadsunderlag som Riksgälden bedömer att SKB behöver åtgärda inför nästa kostnadsberäkning, Plan 2022.

Förslag på kärnavfallsavgifter och säkerheter

Huvudprincipen för Riksgäldens beräkningar av kärnavfallsavgifter är att nuvärdet av en reaktorinnehavares skuld ska balanseras av nuvärdet av reaktorinnehavarens tillgångar vid början av nästa avgiftsperiod. Framtida betalningarna diskonteras med den avkastning som kärnavfallsfonden kan förväntas uppnå på sina placeringar. Den riskfria diskonteringsräntekurvan beräknas enligt reglerna för tjänstepensionsbolag som anges i Finansinspektionens föreskrifter FFFS 2019:21. För att bedöma framtida inbetalningar till kärnavfallsfonden anses varje reaktor ha en total drifttid om 50 år eller en återstående drifttid om minst sex år (den s.k. sexårs-regeln), om det inte finns skäl att anta att drifttiden kan komma att upphöra dessförinnan. Riksgäldens förslag på kärnavfallsavgifter, finansieringsbelopp och kompletteringsbelopp framgår av tabell 1.

Tabell 1. Förslag på kärnavfallsavgifter, finansieringsbelopp och kompletteringsbelopp för 2021

Tillståndshavare	Kärnavfallsavgift	Finansieringsbelopp	Kompletteringsbelopp
Forsmark Kraftgrupp AB	3,4 öre/kWh (3,3 öre/kWh)	7 518 mnkr (8 528 mnkr)	4 729 mnkr (4 729 mnkr)
OKG AB	6,3 öre/kWh (6,4 öre/kWh)	7 770 mnkr (8 771 mnkr)	3 448 mnkr (3 448 mnkr)
Ringhals AB	5,4 öre/kWh (5,2 öre/kWh)	8 297 mnkr (10 264 mnkr)	4 922 mnkr (4 922 mnkr)
Barsebäck Kraft AB	54 mnkr/år (543 mnkr/år)	185 mnkr (1 591 mnkr)	2 019 mnkr (2 019 mnkr)

Not: Nuvarande kärnavfallsavgifter, finansieringsbelopp och kompletteringsbelopp för perioden 2018-2020 inom parentes.

Som framgår av tabellen är skillnaderna mot nuvarande avgiftsnivåer relativt små för tillståndshavare som har reaktorer i drift trots att alla poster i balansräkningen märkbart förändrats jämfört med vad som förväntades vid föregående avgiftsberäkning. Skuldsidan har ökat till följd av dels en real ökning av de återstående grundkostnaderna och dels på grund av diskonteringseffekter som ökar nuvärdet av kostnaderna. Samtidigt har avkastningen i kärnavfallsfonden hittills varit högre än prognos under nuvarande avgiftsperiod, vilket ökar fondsaldot jämfört med vad som förväntades vid den föregående avgiftsberäkningen. Nettoeffekten är att det återstående finansieringsbehovet ökat eftersom att nuvärdet av skulden ökat mer än fondvärdet, vilket allt annat lika innebär ett behov av ökat avgiftsuttag. Emellertid har också värdet av den förväntade återstående elproduktionen ökat, vilket har en dämpande effekt, och gör att avgifterna kan hållas kvar på ungefär samma nivåer.

Barsebäcks fasta årliga avgift sjunker kraftigt med 90 procent. Detta förklaras av att en tillståndshavare utan aktiv elproduktion ska betala in hela det återstående finansieringsbehovet över de kommande tre åren, vilket betyder att den förväntade avgiften för nästkommande avgiftsperiod alltid är noll för Barsebäck. Att det trots detta kvarstår ett finansieringsbehov för Barsebäck beror på att skuldsidan, dvs. nuvärdet av de förväntade återstående kostnaderna, ökat mer än Barsebäcks fondsaldo sedan den föregående avgiftsberäkningen.

Finansieringsbeloppen sjunker från nuvarande nivåer för samtliga tillståndshavare. Detta beror på att avgifter betalas in och fonden byggs upp mot full finansiering av de förväntade återstående kostnaderna, och finansieringsbehovet förväntas därför successivt minska i storlek för att gå mot noll när elproduktionen upphör.

Vad gäller kompletteringsbeloppen föreslår Riksgälden att de kompletteringsbelopp för reaktorinnehavarna som regeringens beslutat om för 2018-2020 förlängas att gälla även för 2021.

Riksgälden vill understryka att de kompletteringsbelopp som föreslås för 2021 kommer att vara för låga för att uppfylla kraven i den nya finansieringslagen och finansieringsförordningen. Indikativa beräkningar tyder på att kompletteringsbeloppen kommer att behöva öka påtagligt för att uppfylla dessa krav. Även resultatet av Riksgäldens granskning av SKB:s kostnadsunderlag indikerar att kompletteringsbeloppen kan vara underskattade. Statens risk kopplat till kompletteringsbeloppens storlek beror dock även på hur stor sannolikheten är för att säkerheterna behöver påkallas. Sammantaget, och med de nu rådande omständigheterna, bedömer Riksgälden att statens risk inte ökar på ett oacceptabelt sätt genom en förlängning av beslutade kompletteringsbelopp i ett år.

Innehåll

1	Inledning	10
1.1	Ettårigt förslag på nya kärnavfallsavgifter och finansieringsbelopp	10
1.1	Kompletteringsbeloppen i detta förslag	11
2	Bakgrund	13
2.1	Det svenska kärnavfallsprogrammet	13
2.2	Finansieringssystemet för kärnkraftens restprodukter	14
2.3	Reaktorinnehavarnas redovisning av kostnader	16
2.4	Föregående avgiftsförslag	18
3	Riksgäldens synpunkter på kostnadsunderlaget	20
3.1	Utveckling av beräknade kostnader för kärnavfallsprogrammet	20
3.2	Real pris- och löneutveckling	23
3.3	Osäkerhetsanalysen	27
3.4	Prognoser för elproduktion	35
4	Principer för beräkningarna	42
4.1	Balansräkning för en reaktorinnehavare	42
4.2	Diskontering av kassaflöden	48
5	Kärnavfallsavgifter och finansieringsbelopp	51
5.1	Förslag till kärnavfallsavgifter och finansieringsbelopp för 2021	51
5.2	Förklaring av förändringar av avgifter och finansieringsbelopp	52
5.3	Forsmarks Kraftgrupp AB	57
5.4	OKG AB	59
5.5	Ringhals AB	61
5.6	Barsebäck Kraft AB	63
	Ordlista	65
	Referenser	68
	Bilaga 1: Granskning av EEF	70
	Bilaga 2: Granskning av osäkerhetsanalysen i Plan 2019	71

Bilaga 3: Granskning av prognoser för elproduktionen vid de svenska kärnkraftverken 2021-2035	72
Bilaga 4: Beräkning av merkostnader	73

1 Inledning

Riksgälden ska enligt 14 § förordningen (2017:1179) om finansiering av kärntekniska restprodukter (finansieringsförordningen) lämna förslag på kärnavfallsavgifter och säkerhetsbelopp för reaktorinnehavare för kommande treårsperiod. Förslagen ska ges in inom tolv månader från det att reaktorinnehavarnas kostnadsberäkning ska ha gets in, vilket innebär senast 30 september 2020.

Enlig 15 § samma förordning ska Riksgäldskontoret ge tillståndshavaren tillfälle att lämna synpunkter på förslaget. Om förslaget gäller en reaktorinnehavare, ska även berörda myndigheter, kommuner och organisationer ges tillfälle att lämna synpunkter.

I denna rapport lämnas Riksgäldens förslag på kärnavfallsavgifter och finansieringsbelopp för reaktorinnehavare för 2021, så att de som avses i 15 § finansieringsförordningen har möjlighet att lämna synpunkter på underlaget.

1.1 Ettårigt förslag på nya kärnavfallsavgifter och finansieringsbelopp

Riksgälden har sedan hösten 2018 arbetat med modellutveckling och analys för att anpassa beräkningarna av kompletteringsbeloppen till de nya bestämmelserna i finansieringsförordningen. Covid-19-pandemin omöjliggör att det utvecklings- och analysarbete som påbörjats kan slutföras så att förslag på kompletteringsbelopp kan remitteras enligt 15 § finansieringsförordningen och att förslag enligt 14 § kan lämnas till regeringen före 30 september 2020.

Enligt 7 § finansieringsförordningen kan kärnavfallsavgifter, finansieringsbelopp och kompletteringsbelopp, om det finns särskilda skäl, bestämmas för en kortare period. Riksgälden bedömer att de rådande omständigheterna utgör särskilda skäl. Detta förslag på kärnavfallsavgifter, finansieringsbelopp och kompletteringsbelopp avser således endast 2021.

Förslaget innehåller nya och helt uppdaterade beräkningar av kärnavfallsavgifter och finansieringsbelopp för 2021 i enlighet med bestämmelserna i lagen (2006:647) om finansiering av kärntekniska restprodukter (finansieringslagen) och finansieringsförordningen. De kompletteringsbelopp för reaktorinnehavarna som regeringens beslutat om för 2018-2020 föreslås förlängas att gälla även för 2021.

För åren 2022-2023 avser Riksgälden att lämna ett förslag på kärnavfallsavgifter, finansieringsbelopp och kompletteringsbelopp i enlighet med bestämmelserna i finansieringslagen och finansieringsförordningen till regeringen senast under september 2021.

1.1 Kompletteringsbeloppen i detta förslag

De kompletteringsbelopp för reaktorinnehavarna som regeringens beslutat om för 2018-2020 föreslås förlängas att gälla även för 2021. Dessa framgår av tabell 2, nedan.

Tabell 2. Beslutade kompletteringsbelopp för 2018-2020 och förslag för 2021

Reaktorinnehavare	Förslag på kompletteringsbelopp för 2021 (miljoner kronor)
Forsmarks Kraftgrupp AB	4 729
OKG AB	3 448
Ringhals AB	4 922
Barsebäck Kraft AB	2 019

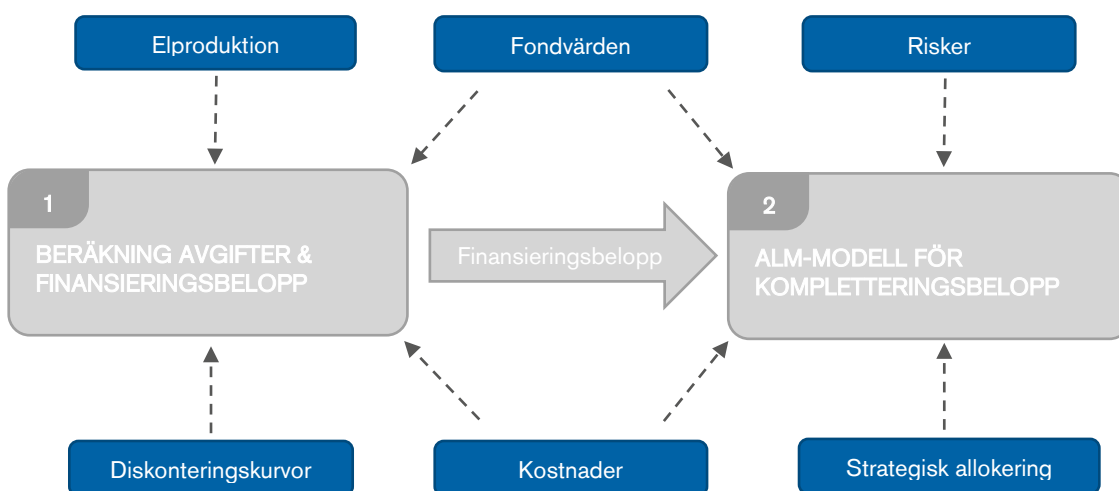
Dessa kompletteringsbelopp är beräknade i enlighet med bestämmelserna i den numera upphävda finansieringslagen. Det innebär att kompletteringsbeloppen beräknades enligt principen att de skulle vara ett belopp som motsvarar en skälig uppskattning av kostnader som kan uppkomma till följd av oplanerade händelser för reaktorinnehavarens skyldigheter. Reaktorinnehavare skulle även föreslå vilka kompletteringsbelopp som bör gälla.

I den nu gällande finansieringslagen definieras kompletteringsbeloppet (9 c §) som det belopp som tillsammans med finansieringsbeloppet och reaktorinnehavarens andel i kärnavfallsfonden gör att reaktorinnehavaren med hög sannolikhet kan fullgöra sina skyldigheter även om inga ytterligare kärnavfallsavgifter betalas.

Kompletteringsbeloppet ska, förutom risker på skuldsidan, således även ska ta hänsyn till framtida osäkerheter i avkastningen på medel i kärnavfallsfonden. Kompletteringsbeloppen ska enligt finansieringsförordningen beräknas av Riksgälden.

Den metod som Riksgälden kommer att använda för att beräkna kompletteringsbeloppet kräver att in- och utbetalningar analyseras tillsammans för varje tidssteg, samt att en fördelning av fondens nettovärde går att simulera över tid. Därför görs till skillnad från uträkning av kärnavfallsavgifter och finansieringsbelopp en stokastisk beräkning genom Asset Liability Modelling (ALM-analys). De två stegen för beräkning av, å ena sidan avgifter och finansieringsbelopp, å andra sidan kompletteringsbelopp, kan sammanfattas i figur 1 nedan.

Figur 1. Beräkningssteg



För beräkning av avgifter och finansieringsbelopp krävs uppskattningar av framtida elproduktion, kassaflöden för framtida utbetalningar och en diskonteringsräntekurva.

Vid beräkning av kompletteringsbeloppen används samma underliggande kassaflöden för utbetalningar som vid beräkning av avgifter och finansieringsbelopp. Däremot utsätts dessa kassaflöden för riskfaktorer som behöver kvantifieras. Även risker i den framtida avkastningen i kärnavfallsfonden behöver uppskattas, samt antaganden om hur kärnavfallsfonden placerar sina tillgångar. Beräkningen av kompletteringsbeloppet är även beroende av nivån på finansieringsbeloppet.

I samband med att Riksgälden lämnar nytt förslag på kärnavfallsavgifter, finansieringsbelopp och kompletteringsbelopp kommer en mer utförlig beskrivning av ALM-modellen och de antaganden som görs att lämnas.

Riksgälden vill understryka att de kompletteringsbelopp som föreslås för 2021 kommer att vara för låga för att uppfylla kraven i den nya finansieringslagen och finansieringsförordningen. Indikativa beräkningar tyder på att kompletteringsbeloppen kommer att behöva öka påtagligt för uppfylla dessa krav. Även resultatet av Riksgäldens granskning av SKB:s kostnadsunderlag indikerar att kompletteringsbeloppen kan vara underskattade. Statens risk kopplat till kompletteringsbeloppens storlek beror dock även på hur stor sannolikheten är för att säkerheterna behöver påkallas. Sammantaget, och givet de rådande omständigheterna, bedömer Riksgälden att statens risk genom en förlängning av beslutade kompletteringsbelopp i ett år inte ökar på ett oacceptabelt sätt.

2 Bakgrund

Kärnavfallsprogrammet är ett av Sveriges genom tiderna största infrastrukturprojekt med beräknade återstående kostnader på över 100 miljarder kronor. Programmet omfattar avveckling och rivning av samtliga kärnkraftverk, samt hantering och slutförvaring av kärnavfallet och det använda kärnbränslet från kärnkraftverken. Forskning och utveckling av en säker metod för att kunna hantera och förvara det använda kärnbränslet har pågått sedan 1970-talet och över 40 miljarder har hittills investerats. Metoden som utvecklats innebär att det använda kärnbränslet placeras i kopparkapslar som deponeras 500 meter ner i urberget, omgiven av bentonitlera. Kärnbränslet måste isoleras i minst 100 000 år. Det är industrin som ansvarar för genomförandet av programmet samt att sätta av medel för att trygga finansieringen. Industrin har även till uppgift att bedöma programmets kostnader och att vart tredje år lämna in en kostnadsberäkning till Riksgälden. Riksgäldens roll är att granska kostnadsunderlaget och föreslå kärnavfallsavgifter till regeringen, som tillsammans med tillgångarna i kärnavfallsfonden ska finansiera de återstående åtgärderna i programmet. Riksgälden ska också föreslå två olika säkerhetsbelopp till regeringen som reaktorinnehavarna ska ställa säkerheter för.

2.1 Det svenska kärnavfallsprogrammet

Kärnavfallsprogrammet omfattar avveckling och rivning av de svenska kärnkraftverken, samt hantering och slutförvaring av kärnavfallet och det använda kärnbränslet från kärnkraftverken. Det finns totalt tolv kärnkraftsreaktorer i Sverige, fördelade på fyra kärnkraftverk: Forsmark, Oskarshamn, Ringhals och Barsebäck. Av dessa tolv reaktorer kommer hälften att vara i drift från 2021¹.

Reaktorernas planerade drifttid är en viktig faktor för genomförandet av kärnavfallsprogrammet. Reaktorernas drifttider styr prognoserna för de mängder radioaktivt avfall och använt kärnbränsle som ska omhändertas, samt när i tiden behov för olika typer lagring uppstår. Reaktorernas drifttillstånd är i princip obegränsat i tiden och reaktorinnehavarna får driva reaktorerna så länge de uppfyller säkerhetskraven och har tillstånd. Det är Strålsäkerhetsmyndigheten (SSM) som ansvarar för drifttillsynen vid kärnkraftverken. Ägarna har gjort investeringar för att kunna upprätthålla totalt 60 års drift (som längst till 2045) för de sex reaktorer som är kvar i drift från och med 2021. Det är såldes 60 års drift som utgör planeringsunderlaget för kärnavfallsprogrammet. Med dessa förutsättningar förväntas hela kärnavfallsprogrammet vara avslutat i mitten på 2080-talet.

Det är Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB), som på uppdrag av sina ägare, ansvarar för genomförandet av hantering och slutförvaring av kärnavfallet och det använda kärnbränslet från kärnkraftverken. Avfallssystemet, planen för genomförande och planer för den fortsatta forskningen och teknikutvecklingen redovisas vart tredje år i ett så kallat Fud-program (forskning, utveckling och

¹ Forsmark kommer att ha tre reaktorer i drift (F1, F2, F3), Ringhals två (R3 och R4) och Oskarshamn en (O3). Oskarshamn stängde två reaktorer 2015 och 2017 och Ringhals har sedan tidigare stängt R2 vid årsskiftet 2019 och beslutat om stängning av R1 vid årsskiftet 2020. Barsebäck stängde sina två reaktorer (B1 och B2) 1999 respektive 2005.

demonstration). Senaste underlaget lämnades in till SSM den 30 september 2019 (SKB, 2019a). Reaktorbolagen ansvarar själva för genomförandet av avveckling och rivning av kärnkraftverken.

Avfallssystemet för omhändertagande av radioaktivt avfall kan delas in i två huvuddelar: en för låg och medelaktivt avfall och en för det använda kärnbränslet. Systemet för hantering av låg och medelaktivt avfall kan i sin tur delas in i kortlivat avfall, respektive långlivat avfall. Kortlivat avfall består främst av delar från rivningen av kärnkraftverken. Delarna kommer i huvudsak att deponeras i slutförvaret för kortlivat avfall (SFR). SFR är lokaliserat vid Forsmarks kärnkraftverk vid Östersjön med ca 60 meters bergtäckning. I dagsläget slutförvares endast driftavfall i SFR, varför en utbyggnad av anläggningen kommer att behöva ske för att ge plats för tillkommande kortlivat avfall och från både drift och rivning. Långlivat avfall består i huvudsak av hårdkomponenter från reaktorerna, som exempelvis styrtavar. Långlivat avfall planeras att slutförvaras i slutförvaret för långlivat avfall (SFL). Utvecklingen av SFL är i ett tidigt skede, men konceptet består av ett relativt litet förvar men på stort djup i berggrunden. Lagret planeras att driftsättas runt 2045. Fram till dess behöver det långlivade avfallet mellanlagras, vilket delvis sker på kärnkraftverken.

Omhändertagandet av det använda kärnbränslet består av många delar som samverkar. I väntan på slutförvaring sker lagring i ett centralt lager för använt kärnbränsle (Clab). Förvaringen i Clab görs i vattenbassänger på ca 30 meters djup under markytan. Innan det använda kärnbränslet kan deponeras i slutförvaret ska det kapslas in i kopparkapslar. För detta ändamål behöver SKB konstruera en inkapslingsanläggning. När inkapslingsanläggningen sammankopplats med Clab kommer de båda anläggningarna att drivas som en integrerad anläggning och kallas Central anläggning för mellanlagring och inkapsling av använt kärnbränsle (Clink).

Forskning på att utveckla en metod för slutförvaring av använt kärnbränsle har pågått sedan 1980-talet. Kapseln som ska omsluta kärnbränslet kommer bestå av ett kopparhölje och en insats av segjärn. Totalt planeras ca 5 600 kapslar med använt kärnbränsle behöva slutförvaras. Kopparkapslarna kommer slutförvaras i anläggningen för slutförvaring av använt kärnbränsle (SFK). SFK planeras att byggas ca 470 meter under marknivå i berget vid Forsmark i Östhammars kommun. SFK:s lagringsutrymmen kommer bestå av ett stort antal deponeringstunnlar med borrhåll deponeringshål i botten på tunnarna. Efter deponering av kapslar kommer tunnarna fyllas med en typ av svällande lera som kallas bentonit. Kopparkapseln, leran och berget utgör tillsammans de tre huvudsakliga skyddsbarriärerna av det använda kärnbränslet.

Transport av kärnavfall görs från kärnkraftverken till sjös med fartyget m/s Sigrid. Fartyget har dubbla bottenar och dubbel bordläggning för att skydda lasten vid en eventuell grundstötning eller kollision. Lastning och lossning sker via specialbyggda fordon.

2.2 Finansieringssystemet för kärnkraftens restprodukter

Den som har tillstånd enligt lagen (1984:3) om kärnteknisk verksamhet (kärntekniklagen) är enligt 13 § samma lag skyldig att svara för sådana kostnader som avses i 10 - 12 §§, dvs. för en säker hantering och slutförvaring av kärntekniska restprodukter, avveckling och rivning av anläggningarna när verksamheten inte längre ska bedrivas, samt den forskning som krävs för att möjliggöra åtgärderna. Skyldigheterna kvarstår enligt 14 § kärntekniklagen till dess att åtgärderna har fullgjorts, även om tillståndet upphör. För att säkerställa finansieringen av de skyldigheter som följer av kärntekniklagen finns finansieringslagen. Syftet med lagstiftningen är att kostnaderna för slutförvaring av använt kärnbränsle och kärnavfall ska täckas av dem som genererat avfallet, staten ska varken betala för avveckling eller slutförvar.

Ett företag som har tillstånd att inneha eller driva en eller flera kärnkraftsreaktorer som inte permanent har stängts av före den 1 januari 1975 är reaktorinnehavare. I Sverige finns följande fyra reaktorinnehavare, som därmed omfattas av de skyldigheter som följer av finansieringslagen:

- Forsmarks Kraftgrupp AB (FKA, Forsmark)
- OKG AB (OKG, Oskarshamn)
- Ringhals AB (RAB, Ringhals)
- Barsebäck Kraft AB (BKAB, Barsebäck)

Närmare bestämmelser om finansiering och redovisning av kostnader finns i finansieringsförordningen. Enligt finansieringsförordningen ska reaktorinnehavare i samråd upprätta en kostnadsberäkning som redovisar de återstående kostnaderna för kärnavfallsprogrammet. Kostnadsberäkningen ska ges in till Riksgälden senast under september månad vart tredje år. I praktiken samordnas arbetet genom det gemensamt ägda bolaget Svensk Kärnbränslehantering (SKB). Kostnadsberäkningen ska spegla genomförandet av kärnavfallsprogrammet som det beskrivs i Fud-program 2019, men med hänsyn till de förutsättningar som ligger till grund för fondering av avgifter enligt finansieringslagstiftningen.

Riksgälden har enligt samma förordning till uppgift att yttra sig över kostnadsunderlaget och till regeringen lämna förslag på kärnavfallsavgifter för reaktorinnehavare för kommande treårsperiod. Kärnavfallsavgifterna ska tillsammans med tidigare fonderade tillgångar täcka de förväntade återstående kostnaderna för programmet samt de kostnader som kan uppstå för staten för tillsyn och förvaltning av avgiftsmedel (i lagstiftningen benämns dessa som merkostnader). För reaktorinnehavare som har en eller flera kärnkraftsreaktorer som inte är permanent avstängda, dvs. FKA, OKG och RAB, ska avgiften anges i kronor per levererad kilowattimme el. För reaktorinnehavare som har samtliga reaktorer permanent avställda, dvs. BKAB, ska kärnavfallsavgiften anges som ett fast årligt belopp i kronor. Riksgäldens beräkning av kärnavfallsavgifter baseras på förväntade värden av alla ingående parametrar.

Efter att regeringen beslutat om nivåer på kärnavfallsavgifter, betalar reaktorinnehavarna in avgifterna till en gemensam fond, kärnavfallsfonden. Tillgångarna i fonden förvaltas av en statlig myndighet med samma namn, Kärnavfallsfonden. Enligt 13 § finansieringslagen ska fondmedlen förvaltas aktsamt för att säkerställa finansieringen av de framtida kostnaderna som avgifterna är avsedda för. Närmare bestämmelser om fondens förvaltning, exempelvis tillåtna tillgångsslag, redogörs för i förordningen (2017:1180) om förvaltningen av kärnavfallsfondens medel (förvaltningsförordningen).

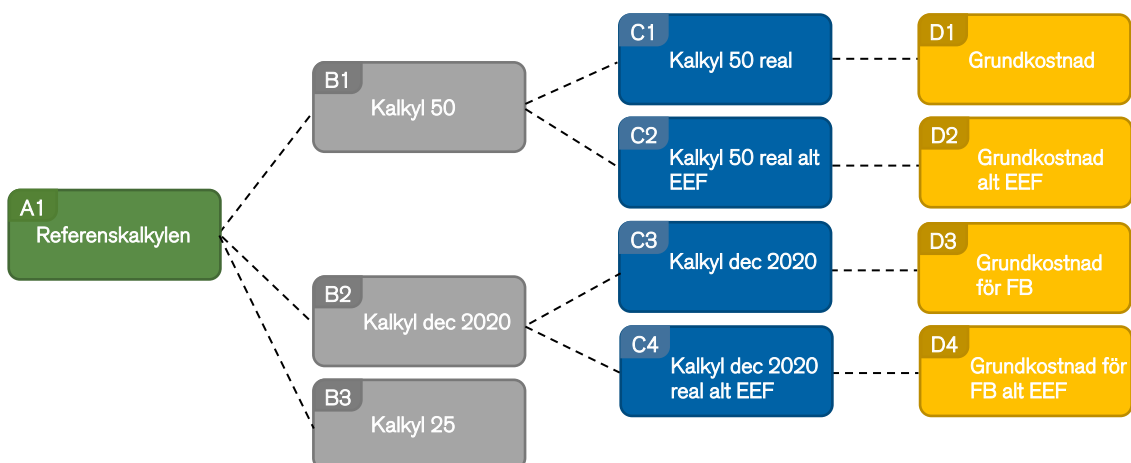
Förutom att betala avgifter ska reaktorinnehavarna även till Kärnavfallsfonden ställa godtagbara säkerheter motsvarande finansieringsbelopp och kompletteringsbelopp. Finansieringsbeloppet är ett belopp som motsvarar skillnaden mellan en reaktorinnehavares återstående kostnader och de medel som redan har fonderats i kärnavfallsfonden. Kompletteringsbeloppet är ett belopp som tillsammans med finansieringsbeloppet och reaktorinnehavarnas andel i kärnavfallsfonden gör att reaktorinnehavaren med hög sannolikhet kan fullgöra sina skyldigheter. Riksgälden lämnar, tillsammans med förslag om kärnavfallsavgifter, till regeringen även förslag på storlek på dessa säkerhetsbelopp för reaktorinnehavarna. Regeringen beslutar om de säkerheter som tillståndshavarna föreslår är godtagbara efter att Riksgälden yttrat sig över tillståndshavarnas förslag.

2.3 Reaktorinnehavarnas redovisning av kostnader

Reaktorinnehavarna är skyldiga enligt 8 § finansieringsförordningen att vart tredje år upprätta en kostnadsberäkning för de återstående kostnaderna för omhändertagande av kärntekniska restprodukter och ge in den till Riksgälden. Kostnadsberäkningen ska bland annat redovisa de kostnader som är gemensamma för reaktorinnehavarna och de kostnader som är hänförliga till reaktorinnehavarens reaktorer. Av 9 § samma förordning framgår att kostnaderna ska avse det sannolikhetsvägda medelvärdet av samtliga kostnader i den utfallsmängd som har antagits för beräkningen.

Arbetet med att ta fram kostnadsberäkningar delegeras av reaktorinnehavarna till SKB. Den 30 september 2019 inkom SKB med ett gemensamt kostnadsunderlag, kallat Plan 2019, som är en uppföljare till den kostnadsberäkning som redovisades för tre år sedan, Plan 2016. Plan 2019 består av flera kalkyler med olika grundförutsättningar. Kalkylerna bygger på varandra och tas fram i en stegvis process. Figur 2 visar hur de olika kalkylerna hänger ihop.

Figur 2. Samband mellan kostnads-kalkylerna i Plan 2019



Källa: SKB

I första steget beräknas de så kallade referenskostnaderna (A1), vilka utgår från reaktorinnehavarnas aktuella planeringsförutsättningar vad gäller reaktorernas drifttider och förväntade volymer radioaktivt avfall samt använt kärnbränsle. Estimeringen av referenskostnaden bygger på en deterministisk metod, dvs. att förutsättningar för kalkylen är fasta. Referenskostnaderna erhålls genom att sammanställa en stor mängd underlagskalkyler, av SKB kallade grundkalkyler, för kärnavfallsprogrammets olika delar. SKB ansvarar att ta fram grundkalkylerna, ofta med stöd av olika konsulter, för de delar som är gemensamma för reaktorinnehavarna (samkostnader). Detta kan exempelvis vara byggnation av slutförvaret för använt kärnbränsle och inkapslingsanläggningen. Beräkningen av de kostnader som är unika för respektive reaktorinnehavare (särkostnader), i huvudsak avveckling av reaktorerna, ansvar reaktorinnehavarna själva för. För en del grundkalkyler har nya beräkningar gjorts inför Plan 2019 (exempelvis SFR-utbyggnaden). Vissa av kalkylerna är dock betydligt äldre (exempelvis avvecklingskostnaderna för Ringhals, som är från 2010).

Finansieringsförordningen reglerar att den återstående totala drifttiden för reaktorer som underlag för beräkning av kärnavfallsavgifter ska vara 50 år, dock minst sex år från nästa avgiftsperiods början,

om det inte finns skäl att anta tidigare avställning. I detta syfte skalar SKB ner referenskalkylen i nästa steg för att erhålla kalkyl 50 (B1), som alltså motsvarar en total drifttid för varje reaktor på 50 år. Eftersom drifttiden i kalkyl 50 har minskat med 10 år per reaktor så minskar SKB också antalet kapslar med använt kärnbränsle som ska omhändertas. På uppdrag av Riksgälden har SSM undersökt hur SKB skalar ned referenskostnaderna till kalkyl 50 (SSM, 2020a). Mot bakgrund av SSM:s kommentarer bedömer Riksgälden att SKB:s anpassningar av referenskostnaderna i nuläget inte kräver vidare granskning. Det bör dock noteras att tidpunkterna för rivning av reaktorerna bygger på 60 års drift.

SKB tar även fram kalkyl dec 2020 (B2), vilken innefattar drift av reaktorerna fram till december 2020. Syftet med kalkyl dec 2020 är att ge underlag för beräkning av finansieringsbeloppet, vilket beräknas under förutsättningen att ingen ytterligare elproduktion sker, och därmed att inga ytterliga avgifter betalas in. I tillägg beräknas även kalkyl 25 (B3), vilket motsvarar drift av reaktorerna i totalt 25 år. SKB använder kalkyl 25 för att i ett senare skede fördela kostnader på de fyra reaktorinnehavarna. Fördelningen baseras på avtal mellan reaktorbolagen.

I nästa steg justeras underlaget för reala kostnadsförändringar för att erhålla kalkyl 50 real (C1). Justeringen görs med en metod som kallas externa ekonomiska faktorer (EEF).² Med metoden görs en prognos, som bygger på historisk data, för den reala utvecklingen för ekonomiska faktorer som av SKB bedöms vara representativa för kärnavfallsprogrammet. I Plan 2019 gör SKB även en alternativ beräkning, kalkyl 50 real alt EEF (C2), som bygger på kalkyl 50 men justeras för EEF enligt SSM:s riktlinjer. Motsvarande justering görs på kalkyl dec 2020 för att erhålla kalkyl dec 2020 real (C3) och kalkyl dec 2020 real alt EEF (C4).

Slutligen gör SKB ett påslag för "oförutsett och risk", kallat osäkerhetspåslag, på samtliga fyra kalkyler. På så sätt fås återstående grundkostnad (D1), återstående grundkostnad alt EEF (D2), återstående grundkostnad för FB (D3) och återstående grundkostnad för FB alt EEF (D4). Påslaget beräknas med en osäkerhetsmodell som består dels av en tillämpning av den så kallade *successiva principen*, dels av en stokastisk beräkningsmodell.³ Det faktiska osäkerhetspåslaget är skillnaden mellan medelvärdet av den stokastiska simuleringen i osäkerhetsanalysen och Kalkyl 50 real, respektive kalkyl 50 real alt EEF. I beräkning av påslaget för kalkylerna som underlag för finansieringsbeloppet görs ingen ny simulering. Istället görs ett schablonmässigt antagande om påslag baserat på förhållandet mellan storleken på kostnaderna i de två kalkylerna. Med hjälp av kalkyl 25 i steg B fördelas även kostnaderna på de fyra reaktorinnehavarna.

För att efterleva finansieringslagens krav om att grundkostnaderna ska vara fördelade över tid har SKB i Plan 2019, efter att Riksgälden begärt in informationen, använt en metod benämnd *stretchning*. I korthet går metoden ut på att tidsfördela det totala osäkerhetspåslag som erhålls från SKB:s osäkerhetsmodell på ett sätt som gör att nuvärdet av kostnaderna (inklusive osäkerhetspåslag), om det diskonteras med en given diskonteringskurva, är oförändrat jämfört med SKB:s tidigare metod. De återstående årliga grundkostnaderna är det som enligt finansieringslagen ska ligga till grund för beräkning av kärnavfallsavgifter och kompletteringsbelopp, medan de återstående årliga grundkostnaderna för finansieringsbelopp är det som ska ligga till grund för beräkning av finansieringsbeloppen.

² Se vidare avsnitt 3.2.

³ Se vidare avsnitt 3.3.

Inom ramen för Plan 2019 redovisas, förutom de olika kostnads kalkylerna, även en sammanställning av reaktorinnehavarnas planerade elleveranser. De planerade elleveranserna redovisas per reaktor för återstående planerad drifttid enligt referensscenariot samt för en drifttid om totalt 50 år för reaktorerna (förutom i de fall beslut tagits om tidigare avställning)⁴. En bedömning av framtida elproduktion behövs för att beräkna storleken på kärnavfallsavgifterna för reaktorinnehavare med reaktorer i drift, eftersom avgifterna bestäms i förhållande till reaktorinnehavarens totala förväntade återstående elproduktion.

2.4 Föregående avgiftsförslag

Sedan föregående förslag på avgifter och säkerhetsbelopp överlämnades under hösten 2017 har två förändringar skett inom området för finansiering av kärntekniska restprodukter som får bäring för Riksgäldens arbete. För det första har en ny finansieringslag trätt i kraft. Den nya lagstiftningen innebär bland annat att avgiftsberäkningarna baseras på en längre antagen drifttid för reaktorerna och en högre riskpremie vid diskontering av framtida kassaflöden för att spegla kärnavfallsfondens innehav av mer riskfyllda tillgångar än tidigare. Vid tidpunkten för överlämnandet av SSM:s förslag på kärnavfallsavgifter och säkerhetsbelopp för 2018-2020 hade den nya lagen inte trätt i kraft. De avgifter och säkerhetsbelopp som SSM föreslog följde dock huvudsakligen förslagen i regeringens proposition.

Den andra förändringen är att ansvaret för uppgifterna inom kärnavfallsfinansiering överfördes från SSM till Riksgälden den 1 september 2018. Överföringen grundades på ett beslut av regeringen den 31 augusti 2017 (Miljö- och energidepartementet, 2017a). Av förordningen (2008:452) med instruktion för Strålsäkerhetsmyndigheten framgår även att SSM ska bistå med den information och de analyser inom sitt ansvarsområde som Riksgälden behöver för att kunna utföra sina uppgifter enligt finansieringslagen och finansieringsförordningen. SSM och Riksgälden har i övrigt identifierat behov av samverkan mellan myndigheterna inom såväl kärnavfallsfinansiering som kärnteknisk verksamhet. En överenskommelse om samarbete har tecknats som syftar till att underlätta samarbetet mellan myndigheterna.

SSM:s valde i granskningen av SKB:s kostnadsunderlag vid föregående avgiftsperiod (Plan 2016) att fokusera på tre områden: metoder för beräkning av real pris- och löneutveckling, genomförandet av SKB:s osäkerhetsanalys och prognoser för elproduktion. SSM ansåg att områdena var särskilt kritiska för kostnadsutvecklingen i programmet.

Angående real pris- och löneutveckling bedömde SSM att de kompletterande beräkningar som SKB presenterat under remisstiden var framtagna i enlighet med SSM:s riktlinjer och därmed hanterade de huvudsakliga brister som identifierats under granskningen av Plan 2016. SSM ansåg därför att det alternativa förslag som lämnats in av SKB under remissperioden kunde utgöra grund för myndighetens avgiftsförslag.

Vad gäller SKB:s osäkerhetsanalys gjordes bedömningen att brister i analysen troligen medförde att den totala risken i programmet underskattades. SSM gjorde dock ingen annan bedömning av kostnadsunderlaget i beräkningarna.

⁴ Se vidare avsnitt 3.4.

I granskningen av reaktorbolagens planerade elleveranser konstaterades att prognoserna var optimistiska både utifrån reaktorinnehavarnas historiska produktionsnivåer och utifrån träffsäkerheten i reaktorinnehavarnas tidigare prognoser. SSM gjorde därför en egen bedömning av framtida elproduktion som underlag för beräkningarna, främst med utgångspunkt i den historiska tillgängligheten i reaktorerna.

För avgiftsperioden 2018-2020 beslutade regeringen om nivåer på kärnavfallsavgifter och säkerhetsbelopp enligt SSM:s förslag, se tabell 3 nedan. De beslutade avgiftsnivåerna innebar sammantaget en ökning för Oskarshamn och Ringhals, vilket framför allt förklarades av beslut om tidigare avställning av fyra reaktorer. Forsmark, som har haft relativ god tillgänglighet i sina reaktorer samt inte beslutat om tidigare avveckling, föreslogs istället en mindre sänkning. En längre antagen drifttid och en högre riskpremie i diskonteringen av kassaflöden hade en dämpande effekt på avgifternas storlek.

Tabell 3. Föregående förslag och beslut på kärnavfallsavgifter och säkerhetsbelopp för 2018-2020

Tillståndshavare	Kärnavfallsavgift	Finansieringsbelopp (miljoner kronor)	Kompletteringsbelopp (miljoner kronor)
Forsmark Kraftgrupp AB	3,3 öre/kWh	8 528	4 729
OKG AB	6,4 öre/kWh	8 771	3 448
Ringhals AB	5,2 öre/kWh	10 264	4 922
Barsebäck Kraft AB	543 mkr/år	1 591	2 019

Källa: (SSM, 2017a) och (Miljö- och energidepartementet, 2017b)

3 Riksgäldens synpunkter på kostnadsunderlaget

I september 2019 inkom SKB med Plan 2019, som är en redovisning av de återstående kostnaderna för avveckling och rivning av kärnkraftverken, samt hantering och slutförvaring av kärnavfallet och det använda kärnbränslet från kärnkraftverken. SKB:s kalkyl sträcker sig fram till 2080 och de förväntade odiskonterade återstående kostnaderna för genomförandet av programmet beräknas där till 110,0 miljarder kronor (i januari 2019 års prisnivå). Tillsammans med kostnadsberäkningen inkom också uppgifter om hur mycket el som varje reaktorinnehavare årligen planerar att leverera per reaktor under återstående drifttid. Enligt 18 § finansieringsförordningen ska Riksgälden yttra sig över kostnadsberäkningen och redovisa de närmare skälen för myndighetens bedömning, underlaget för bedömning av merkostnader samt vilka faktorer som Riksgälden anser särskilt kritiska för kostnadsutvecklingen. Riksgälden har valt att fokusera granskningen på fyra områden: utveckling av de beräknade kostnaderna för programmet, real pris- och löneutveckling, industrins osäkerhetsanalys och kärnkraftverkens prognoser på elproduktion. Riksgälden anser att dessa områden är särskilt kritiska för kostnadsutvecklingen i programmet som helhet. Dessutom har dessa områden varit föremål för granskning av SSM tidigare och bör därför följas upp.

3.1 Utveckling av beräknade kostnader för kärnavfallsprogrammet

I detta avsnitt jämförs SKB:s inlämnade kostnadsberäkning (Plan 2019) med föregående kostnadsberäkning (Plan 2016). Vidare görs en jämförelse av kostnadsberäkningar redovisade i tidigare plan-rapporter med början 2001. Jämförelsen görs för kalkyl 50 (B1 i figur 2) och motsvarande kalkyler för år då den reglerade antagna drifttiden var annan än 50 år enligt då gällande finansieringsförordning. Dessa kostnader kommer framöver benämnas som ingenjörskostnader, vilket inte ska förväxlas med de förväntade kostnader (grundkostnaderna) som ligger till grund för avgiftsberäkningarna.

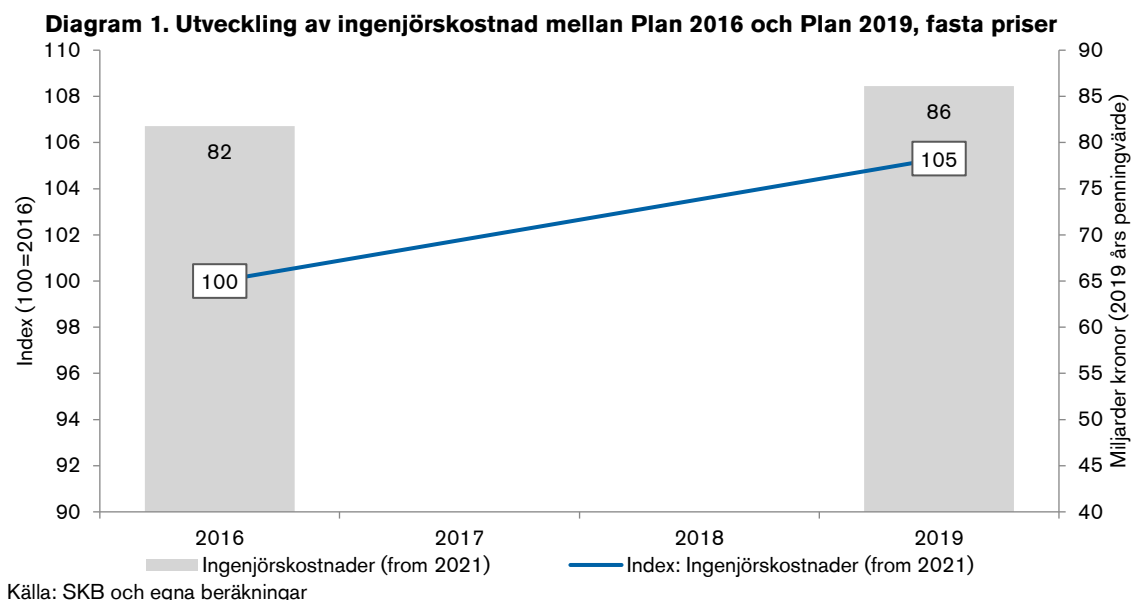
3.1.1 Jämförelse mellan de två senaste kostnadsberäkningarna

SKB har i Plan 2019 gjort en jämförelse av de två senaste kostnadsberäkningarna (Plan 2016 och Plan 2019). Jämförelsen avser kalkyl 50, det vill säga exklusive real löne- och prisutveckling (EEF) samt osäkerhetspåslag⁵.

För att göra en jämförelse som avser samma tidsperiod och är i jämförbar prisnivå räknar SKB om kostnaderna i Plan 2016 till samma prisnivå som i Plan 2019 och de första tre åren i kalkylen tas

⁵En anledning till att inte de, mer relevanta, avgiftsgrundande kostnaderna (grundkostnaderna) jämförs är att SKB inte historiskt kan tidsfördela det osäkerhetspåslag som läggs till kalkyl 50 för att komma till grundkostnaderna, vilket försvårar meningsfulla jämförelser över tid.

bort. SKB justerar även för en mindre förväntad elproduktion jämfört med Plan 2016, vilket leder till att 55 färre kärnbränslekapslar prognostiseras att deponeras i kärnbränsleförvaret. Diagram 1 visar SKB:s jämförelse.



Ökningen av de beräknade kostnaderna mellan Plan 2016 och Plan 2019, dvs. de tre åren sedan föregående avgiftsberäkning, är ca 5,3 procent (4 340 miljoner kronor), motsvarande en genomsnittlig ökning om 1,8 procent per år. SKB förklarar ökningen med att utbyggnaden av SFR, kärnbränsleförvaret och inkapslingsanläggningen försenats med ett år. Förseningarna innebär ökade kostnader eftersom att projektorganisationen samt mellanlagringsanläggningen, transportsystem och SKB centralt fortgår längre än tidigare beräknat. De beräknade avvecklingskostnaderna för kärnkraftsreaktorerna i Ringhals och Oskarshamn har också ökat, delvis eftersom nya underlag tagits fram och delvis eftersom gamla underlag och tidsplaner justerats något (SKB, 2019b).

3.1.2 Nya beräkningar ger högre kostnader

SKB:s revidering av plan-rapporterna vart tredje år gör att det går att jämföra kostnadsberäkningar över tid. En sådan jämförelse avser estimat av framtida kostnader och inte faktiska kostnadsutfall.

SKB har sammanställt data från tidigare plan-rapporter med början 2001 (totalt 12 stycken rapporter). Sammanställningen omfattar grundkostnader (kostnader för avveckling av kärnkraftreaktorer samt hantering och slutförvaring av kärntekniska restprodukter) eftersom att det är dessa kostnader SKB har i uppgift att vart tredje år redovisa.

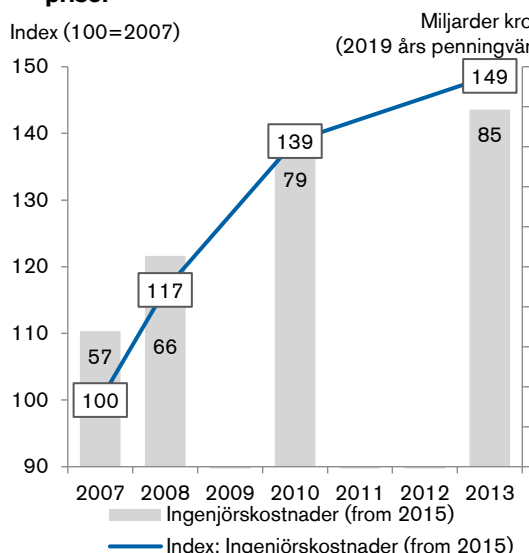
Eftersom plan-rapporterna har olika startår så exkluderas kostnader för de år där kostnadsberäkningarna inte överlappar. Exempelvis: Plan 2007 redovisar kostnader från och med 2008 medan Plan 2013 redovisar kostnader från och med 2015, och i en jämförelse av dessa två kostnadsberäkningar exkluderas kostnader fram till 2015. Detta ökar jämförbarheten men innebär också att den jämförda tidsperioden blir kortare.

Vidare har förändringar skett i det regelverk som ger förutsättningarna för SKB:s kostnadsberäkningar, och det är därför av vikt att särskilja effekter av ett förändrat regelverk och

effekter av SKB:s reviderade prognoser. Den reglerade antagna drifttiden har genomgått två större förändringar sedan Plan 2001. I Plan 2001-2006 antogs drifttiden till 25 år, i Plan 2007-2013 till 40 år och i Plan 2016-2019 till 50 år. Utvecklingen av de beräknade kostnaderna i SKB:s planrapporter bör därmed studeras separat för dessa tre perioder. Genom att studera de tre perioderna separat så beaktas därmed den viktigaste effekten som lagstiftningsförändringar har för SKB:s revideringar av kostnaderna. Den observerade kostnadseskaleringen kan därmed tolkas som en effekt av SKB:s ökning av de prognostiserade kostnaderna.

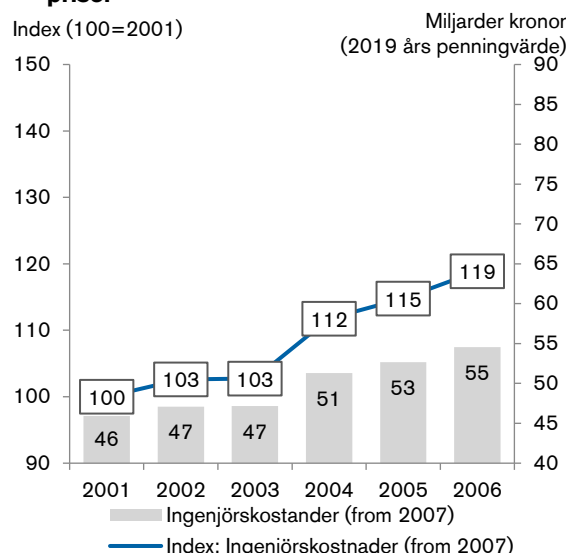
Diagram 2 och diagram 3 visar utvecklingen av de beräknade odiskonterade ingenjörskostnaderna⁶ med samma startår (startåren per respektive period framgår av respektive diagram) för planrapporter med 40 respektive 25 år i antagen total drifttid för kärnkraftsreaktorerna. Se diagram 1 för utvecklingen under perioden med 50 år i antagen drifttid⁷. De genomsnittliga årliga ökningarna för varje period visas i tabell 4.

Diagram 2. Ingenjörskostnad i planrapporter med 40 år i antagen drifttid, fasta priser



Källa: SKB och egna beräkningar

Diagram 3. Ingenjörskostnad i planrapporter med 25 år i antagen drifttid, fasta priser



Källa: SKB och egna beräkningar

Tabell 4. Genomsnittlig årlig ökning för perioder med samma antagna drifttidsantaganden

Period	Genomsnittlig årlig ökning
2016-2019 ¹	1,9 %
2007-2013	8,1 %
2001-2006	3,8 %

Not: 1) SKB:s jämförelse visar på en marginellt lägre genomsnittlig ökningstakt om 1,8 procent.

Källa: SKB och egna beräkningar

⁶ Grundkostnader exklusive reala löne- och prisutvecklingar samt osäkerhetspåslag

⁷ När Riksgälden jämför samma period ger det en viss diskrepans. Riksgäldens skattning ger en ökning om 5,6 procent för perioden eller 1,9 procent i årligt genomsnitt, vilket beror på att Riksgälden justerar för prisnivå och nedlagda kostnader men inte beaktar förändringar i prognoser av mängden kärnbränsle.

3.1.3 Slutsatser

Sammanfattningsvis visar Riksgäldens genomgång av SKB:s historiska underlag en trendmässig kostnadsökning, där SKB vid varje ny kostnadsberäkning gjort bedömningen att de återstående ingenjörskostnaderna i kärnavfallsprogrammet ökat jämfört med föregående beräkning. Sambandet är stabilt över tid och gäller för samtliga tre perioder med olika drifttidsantagande. Riksgälden anser att SKB aktivt behöver arbeta med att kartlägga varför revideringar av ingenjörskostnaderna ökat historiskt och dra lärdomar för att kunna beakta detta i kommande kostnadsberäkningar. Erfarenheter från andra stora infrastrukturprojekt visar bland annat att den högre grad av osäkerhet som förknippas med tidiga skeden i infrastrukturprojekt ofta förklarar de kostnadsökningar som sedan observeras vid genomföranden av projekten (Jäderholm & Nilsson, 2020). Det är således av stor vikt att hålla kostnadsunderlag uppdaterade med senaste tillgängliga information för att kunna upptäcka kostnadseskaleringar i ett tidigt skede. SKB anger att 40 procent av deras kostnadsunderlag i Plan 2019 har en ursprunglig prisnivå mellan 2009-2016 (SKB, 2019b). Detta indikerar att dessa kostnadsunderlag inte uppdaterats från Plan 2016 till Plan 2019. För att minska risken för underskattningar av kostnadsunderlagen framöver bedömer Riksgälden att SKB behöver uppdatera underlagskalkylerna mer frekvent och att SKB bör prioritera kalkylerna för omfattande och komplexa projekt som har stor påverkan för de totala kostnaderna i kärnavfallsprogrammet.

Härtill bör noteras att även om ingenjörskostnaderna utgör en viktig input i beräkningen av varje tillståndshavares kostnader, så tillkommer flera steg (EEF, osäkerhetspåslag och merkostnader) till beräkningen av de förväntade totala kostnaderna som ligger till grund för beräkningen av kärnavfallsavgifter. En jämförelse av grundkostnaderna över tid låter sig inte lika enkelt göras eftersom förutsättningarna för beräkningen av dessa har förändrats mellan plan-rapporter samt att SKB före 2019 inte redovisade grundkostnaderna över tid utan som en aggregerad summa. Förändringarna av de avgiftsgrundande kostnaderna sedan föregående avgiftsförslag redovisas närmare i avsnitt 5.

3.2 Real pris- och löneutveckling

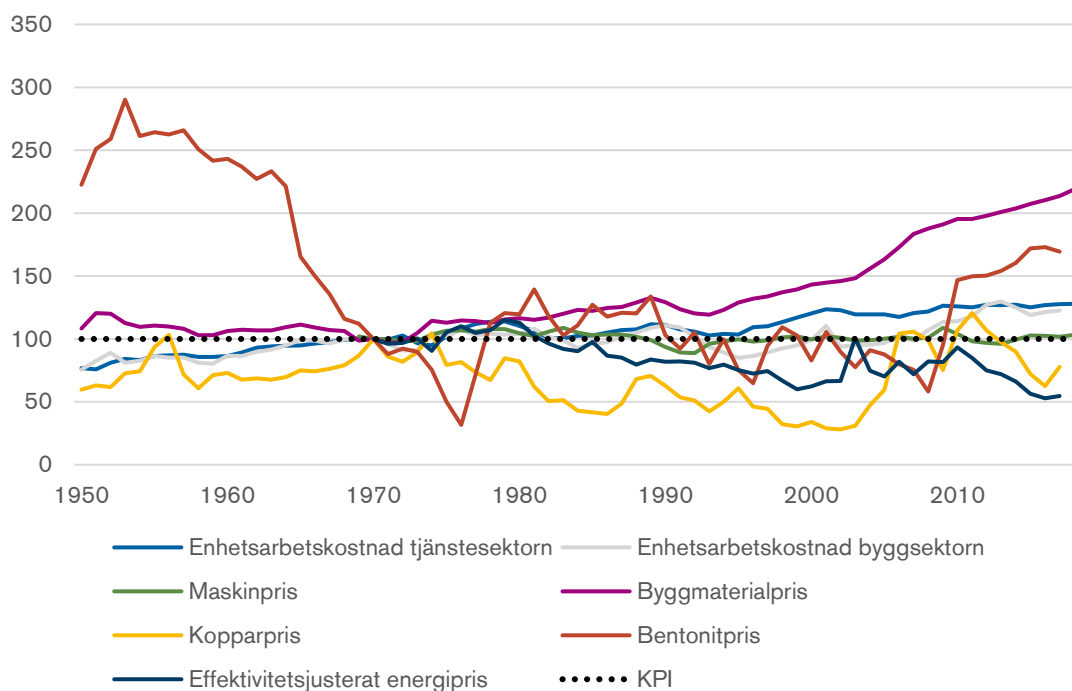
I detta avsnitt presenteras en sammanfattande beskrivning av SKB:s prognoser för den reala prisutvecklingen av insatsfaktorer (av SKB kallade externa ekonomiska faktorer, EEF) i Plan 2019 följt av slutsatserna från Riksgäldens granskning av densamma. För närmare detaljer hänvisas till *Bilaga 1: Granskning av EEF* som innehåller hela underlagsrapporten som ligger till grund för Riksgäldens bedömning.

3.2.1 Vad är externa ekonomiska faktorer och varför behövs de?

SKB:s kostnadsberäkning är, förenklat uttryckt, en bedömning av kvantiteter och priser för de insatsfaktorer som behövs i kärnavfallsprogrammet. Detta innebär att SKB behöver göra en bedömning av vilka insatsfaktorer som krävs i form av arbetskraft, maskiner och andra typer av varor samt deras kvantiteter och priser. Givet en bedömning av dessa kvantiteter, och att dagens priser för dessa kan observeras, kan kostnaderna beräknas för att genomföra kärnavfallsprogrammet till idag gällande priser. I själva verket kommer kärnavfallsprogrammet inte att genomföras idag, utan under flera decennier framöver. Det är därför inte särskilt intressant att veta vad kärnavfallsprogrammets genomförande kostar i dagens prisnivå om inte denna kan antas bestå över tid. För att göra en bedömning av de förväntade framtida kostnaderna behöver därför antaganden och prognoser göras om framtida priser. Närmare bestämt behöver prognoser göras för hur priser på relevanta insatsfaktorer kommer utvecklas, för varje år från idag till kärnavfallsprogrammets slutdatum.

Enligt finansieringsförordningen ska de förväntade kostnader som SKB inkommer med räknas om från fast till löpande penningvärde baserat på en inflationskurva när kärnavfallsavgifter beräknas. Ett enkelt, men dåligt, antagande skulle vara att priserna på kärnavfallsprogrammet kommer att följa den generella inflationen mätt som konsumentprisindex ("KPI").

Diagram 4. Indexerade historiska relativpriser för insatsfaktorer i kärnavfallsprogrammet



Not: Relativt KPI. Indexering 1970 = 100.
Källa: SKB och egna beräkningar

Historiskt har priserna för insatsfaktorer i kärnavfallsprogrammet avvikit från den generella prisutvecklingen mätt som KPI, vilket inte är förvånande då KPI är baserad på en konsumtionsviktad varukorg som inte har särskilt stark koppling till kärnavfallsprogrammet. Att beakta förväntade förändringar i prisutvecklingen för relevanta insatsfaktorer är därför en förutsättning för att kunna erhålla förväntningsriktiga estimat av kostnaderna i kärnavfallsprogrammet. Dessutom förefaller priserna för några av de viktigaste insatsfaktorerna i kärnavfallsprogrammet trendmässigt öka (relativt KPI) vilket innebär att det är av särskild vikt att beakta dessa för att inte underskatta de framtida kostnader som ligger till grund för beräkningen av kärnavfallsavgifter och säkerheter.

SKB gör i samband med att kostnadsberäkningar upprättas en bedömning av den förväntade utvecklingen av relativpriser för insatsfaktorer relevanta för kärnavfallsprogrammet⁸. Kärnavfallsprogrammet kommer att kräva arbetskraft från flera olika branscher samt en mängd olika typer av maskiner, material och andra insatsvaror. Det bedöms inte vara praktiskt möjligt att göra prognoser för var och en av alla dessa insatsfaktorer. Därför har SKB valt ut åtta mer aggregerade

⁸ EEF introducerades av SKB första gången i Plan 2007 och har sedan dess successivt utvecklats och förändrats med avseende på dataunderlag och prognosmetodik i Plan 2010 till Plan 2019.

prisserier, så kallade externa ekonomiska faktorer (EEF) som bedöms vara starkt korrelerade med insatsfaktorerna i kärnavfallsprogrammet och för vilka det går att hitta långa historiska dataserier. För var och en av dessa EEF prognosticeras den årliga förväntade prisutvecklingen från idag till kostnadsberäkningens sista år. Prognoserna används sedan för att justera kostnadsberäkningen för den förväntade relativprisutvecklingen.

EEF-prognoserna får stor påverkan på bedömningen av de förväntade kostnaderna och är därför ett viktigt område för Riksgälden att granska för att kunna ge ett samlat yttrande om SKB:s kostnadsberäkning.

3.2.2 Tidigare granskningar av EEF

SSM:s tidigare granskningar av EEF har huvudsakligen tagit stöd från Konjunkturinstitutet (KI), både i samband med att SKB har inkommit med nya kostnadsberäkningar och däremellan då mer djuplodande analyser gjorts inom olika områden såsom datahantering och statistiska metodval. I tillägg till KI:s arbete gav SSM under 2015 ett uppdrag till John Hassler och Per Krusell, båda professorer i nationalekonomi verksamma vid Institutet för internationell ekonomi vid Stockholms universitet, att genomföra en oberoende utvärdering av olika prognosmodeller för EEF.

Fokusområdena för granskningsarbetet har förändrats över tid i takt med att SKB:s arbete på området har utvecklats, mycket som en direkt följd av de synpunkter som framförts av SSM och KI. De initiala granskningarna kom framförallt att handla om de brister som fanns i SKB:s hantering av data och dokumentation av prognosmetodik, och till följd av de synpunkter som lämnats har underlaget i senare Plan-rapporter förbättrats. I takt med att SKB:s dokumentation förbättrats har senare granskningar kunnat fördjupas till en mer givande diskussion om prognosmetodik och antaganden.

Inför Plan 2016 fastställde SSM, utifrån de synpunkter som framförts i KI:s granskningar, riktlinjer för hur SKB bör ta fram prognoser givet den prognosmetod som SKB valt. Detta gav ett ramverk för hur myndigheten ansåg att SKB skulle ta fram prognoser givet den prognosmetod som SKB använder. I samband med förslaget på avgifter och säkerheter för 2018–2020 gav SSM till KI i uppdrag att göra alternativa prognoser utifrån dessa riktlinjer eftersom SKB valt att inte följa dem i Plan 2016. Detta var första gången som SSM gjort en annan bedömning av industrins kostnadsunderlag med avseende på EEF, vilket resulterade i att kärnavfallsavgifter och säkerheter för perioden 2018 - 2020 baserades på en av SKB reviderad kostnadsberäkning som beaktade SSM:s riktlinjer. Sammantaget ledde överprövningen av underlaget till att de förväntade framtida kostnaderna som kärnavfallsavgifterna baserades på ökade med 7,4 miljarder kronor jämfört med SKB:s ursprungliga beräkning.

3.2.3 SKB:s arbete med EEF i Plan 2019

Den ansats och beräkningsmetod som SKB använder i Plan 2019 är i allt väsentligt oförändrad jämfört med Plan 2016. Prognoser för EEF uttryckt som årliga indexserier tas fram genom statistiska prognosmodeller för respektive EEF separat, så kallad univariat tidsserieanalys. Dessa prognosticerade indexserier används sedan av SKB för att göra en uppräknings av underlagskalkylerna för att beakta de förväntade relativprisförändringarna på insatsfaktorer i kärnavfallsprogrammet.

Ett par förändringar har skett vad gäller de historiska data som används för att skatta prognosmodellerna för EEF2 (enhetsarbetskostnad i byggsektorn) och EEF4 (byggmaterialpriser).

Vad gäller EEF2 är detta en reaktion på de synpunkter som lämnades av SSM på SKB:s arbete med prognoserna i Plan 2016, då SKB valde att utesluta officiell statistik och att ersätta dessa med prognosticerade värden, vilket kritiserades av SSM och KI. SKB har inför Plan 2019 följt SSM:s rekommendation och istället låtit Statistiska Centralbyrån (SCB) ta fram en ny indexserie för EEF2. I detta arbete har även justeringar gjorts till EEF4 för att i den mån det är möjligt utesluta lönekostnader som tidigare inkluderades.

I det redovisade underlaget i Plan 2019 presenteras två uppsättningar prognosmodeller för EEF och till dem två tillhörande kostnadsberäkningar. Dels presenteras en kostnadsberäkning utifrån de prognoser som SKB menar ska ligga till grund för kärnavfallsavgifter och säkerheter. Prognoserna som ligger till grund för denna kostnadsberäkning beaktar inte fullt ut de riktlinjer som SSM tidigare tagit fram för EEF, och kostnadsberäkningen uppgår totalt till 110,0 miljarder kronor (odiskonterat i prisnivå 2019). I tillägg till denna redovisar SKB även en alternativ kostnadsberäkning, vilken bygger på alternativa prognosmodeller för EEF som tagits fram av SKB för att fullt ut uppfylla SSM:s riktlinjer för EEF. Denna alternativa kostnadsberäkning uppgår till totalt 116,4 miljarder kronor (odiskonterat i prisnivå 2019).

3.2.4 Riksgäldens granskning av EEF i Plan 2019

Riksgälden följer i stora drag den metodansats som använts av SSM och KI i tidigare granskningar, där SKB:s prognosmodeller granskas med avseende på metodval och antaganden som får stor konsekvens för prognoser på längre sikt. Riksgäldens granskning tar utgångspunkt i de riktlinjer som togs fram av SSM inför Plan 2016.

Granskningen utgörs av tre huvudsakliga delar, där den första består i att kvalitetssäkra dataserier som används och de prognosberäkningar som SKB gjort. Vidare redogörs för de metodfrågor och antaganden som är av störst vikt för prognoser på längre sikt och som ligger till grund för SKB:s prognosmodeller för samtliga EEF. Slutligen tas benchmarkmodeller för respektive EEF fram i enlighet med de riktlinjer som SSM tagit fram, dels för att se om SKB:s prognosmodeller uppfyller riktlinjerna och dels för att utreda känsligheten i de bedömda kostnaderna givet olika modellval. En detaljerad redogörelse av granskningen återfinns i *Bilaga 1: Granskning av EEF*.

3.2.5 Slutsatser

Med grund i den genomförda granskningen bedömer Riksgälden att SKB:s grundkostnader ska ökas med 6,3 miljarder kronor jämfört med de grundkostnader som SKB menar bör ligga till grund för kärnavfallsavgifter och säkerheter. Denna justering är en konsekvens av att prognosmodellerna för EEF skattas på det sätt som Riksgälden i denna granskning bedömer vara ändamålsenligt. Den beräkning som Riksgälden genomför av kärnavfallsavgifter och säkerhetsbelopp kommer således att baseras på den alternativa grundkostnadsberäkning (116,4 miljarder kronor) som SKB tagit fram i tillägg till de grundkostnader som SKB menar ska ligga till grund för kärnavfallsavgifter och säkerheter (110,0 miljarder kronor).

Osäkerheten kring SKB:s prognoser för EEF är stor. Detta är dels en följd av att prognoshorisonten är mycket lång, dels av att dataserierna är volatila, vilket är källor till osäkerhet som inte går att reducera oaktat vem som gör prognoser eller vilken metod som används. Givet modellval kan denna osäkerhet illustreras med konfidensintervall kring prognoserna, vilket SKB också gör. Därtill finns dock även en annan viktig källa till osäkerhet - nämligen de antaganden som görs för att komma fram till en modellspecifikation. Granskningen visar att denna modellosäkerhet för många EEF är stor och de antaganden som SKB gör, framförallt om stationäritet, är långt från självklara. SKB bör i framtida

arbete göra känslighetsanalyser för att visa vad olika modellval leder till för konsekvenser för de förväntade kostnaderna.

SKB:s arbete med EEF fokuserar huvudsakligen på den statistiska metoden och att försöka hitta den tidsseriemodell som bäst passar historisk data. Medan detta förstås är en viktig aspekt av prognosarbetet menar Riksgälden att en viktigare aspekt är att säkerställa att data som används är representativ för kärnavfallsprogrammet. Detta gäller speciellt de EEF-serier som är produktivitetjusterade. Det finns anledning att tro att kärnavfallsprogrammet inte fullt ut kommer att kunna tillgodogöra sig samma produktivetsförbättringar som gäller för hela branschaggregat, vilket är det implicita antagandet idag. På detta område förväntar sig Riksgälden att SKB inför kommande kostnadsberäkning transparent redovisar de implicita produktivetsantaganden som ligger till grund för prognoserna av de produktivitetjusterade EEF-serierna, en känslighetsanalys av hur varierande produktivetsantaganden påverkar prognosbanan och den förväntade kostnadsutvecklingen i kärnavfallsprogrammet samt att SKB tydligt motiverar de produktivetsantaganden som görs.

Vad gäller metodval drar SKB slutsatsen att univariat tidsserieanalys är den mest ändamålsenliga metoden för att göra långsiktiga prognoser av relativpriser, till skillnad från andra ansatser som exempelvis modellbaserade prognoser. Detta arbetssätt skiljer sig från andra prognosinstitut, exempelvis KI, använder modellbaserad scenarioanalys för länge prognoshorisonter. Riksgälden ställer sig frågande till att SKB så snabbt avfärdar andra metoder och menar alltså att SKB:s metod borde prövas mot andra vanligt förekommande metoder som används för långsiktiga scenarier.

3.3 Osäkerhetsanalysen

Som en del av underlaget till Plan 2019 har SKB lämnat in en osäkerhetsanalys för de återstående kostnaderna för kärnavfallsprogrammet. I detta avsnitt sammanfattas Riksgäldens bedömning av SKB:s osäkerhetsanalys i Plan 2019. Granskningen omfattar de områden av osäkerhetsanalysen som anses särskilt kritiska för analysens resultat och som tidigare varit föremål för granskning av SSM. För närmare detaljer hänvisas till *Bilaga 2: Granskning av osäkerhetsanalysen i Plan 2019*.

3.3.1 Vad är osäkerhetsanalysen och vilken roll har den?

Osäkerhetsanalysen, som är en del av kostnadsunderlaget som SKB lämnat in (Plan 2019), används för två huvudsakliga ändamål. För det första beräknas det påslag som behövs från att gå från SKB:s deterministiska ingenjörskalkyl till de förväntade kostnaderna (se figur 3). De förväntade kostnaderna används sedan som underlag för beräkning av kärnavfallsavgifter, finansieringsbelopp och kompletteringsbelopp. För det andra kvantifierar osäkerhetsanalysen en fördelning över återstående kostnader för respektive reaktorinnehavare. Fördelningen är SKB:s bedömning av risken på skuldsidan i en reaktorinnehavares balansräkning.

Osäkerhetsanalysen består av två delar i kombination: en tillämpning av den så kallade *successiva principen* och en stokastisk beräkningsmodell. Den successiva principen (även kallad *successivprincipen* eller *Lichtenbergsmetoden*) utvecklades på 1970-talet av Steen Lichtenberg vid Danmarks Tekniska Högskola. Metoden används för att bedöma framtida kostnader och osäkerheter för ett projekt. Successiv kalkylering är en etablerad metod i projektsammanhang och används bland annat i Sverige av Trafikverket. I Norge används metoden regelmässigt för riskanalyser vid investeringar i transportinfrastruktur.

Centralt för arbetet är en arbetsgrupp, av SKB kallad *analysgrupp*, som enligt metoden ska bestå av personer med olika kompetenser och vara heterogent sammansatt vad gäller ålder, befattning, osv. Analysgruppen leds av en moderator som har till uppgift att säkerställa att arbetet sker på ett metodmässigt korrekt sätt samt att arbetets mål uppnås. En av arbetsgruppens roller är att inventera *generella osäkerheter*. I SKB:s analysgrupp sker inventering genom diskussioner (eller brainstorming). Förslag på uppdelning presenteras sedan för analysgruppen, där diskussion om eventuella förändringar sker. Totalt används i denna analys 84 osäkerhetsfaktorer, varav 48 är objektspecifika och 36 är generella. I osäkerhetsanalysen i Plan 2016 användes totalt 99 variationer. Minskningen med 15 variationer förklaras av att fyra variationer utgått och tio variationer har slagits ihop till tre. Dessutom har kalkylstrukturen förändrats så att antalet objektvariationer minskat från 52 till 48. Variationerna i osäkerhetsanalysen i Plan 2019 kan i praktiken ses som oberoende, förutom en enstaka korrelation mellan variationen *marknadssituation vid upphandling av entreprenader för avveckling av kärnkraftverk* (nr. 113) och *tillgång till kompetens vid avveckling av kärnkraftverk* (nr. 405) som har en korrelationsfaktor på 0,5.

SKB har även definierat *fasta förutsättningar* som har till syfte att avgränsa analysen. Analysgruppen ska inte ta upp osäkerheter som faller utanför de ramar som de fasta förutsättningarna ger. Genom att använda fasta förutsättningar blir faktorer som skulle kunna tolkas som osäkerheter inte kvantifierade och ingår således inte i underlaget för beräkning av avgifter och säkerhetsbelopp. Ett exempel på en fast förutsättning är att osäkerhetsanalysen enbart ska omfatta risker kopplat omhändertagandet av radioaktiva restprodukter härrörande från kärnkraftverk belägna inom Sveriges gränser. Totalt används samma 10 fasta förutsättningar i osäkerhetsanalysen i Plan 2019 som i osäkerhetsanalysen i Plan 2016⁹.

Analysgruppen har också som roll att värdera de identifierade osäkerheterna. Värderingen sker genom en trepunktsskattning, där ett låg-värde, ett mest troligt-värde och ett hög-värde bedöms för varje osäkerhet. Bedömningarna är analysgruppens subjektiva värderingar, dock givetvis baserat på den erfarenhet och bakgrund som varje deltagare har.

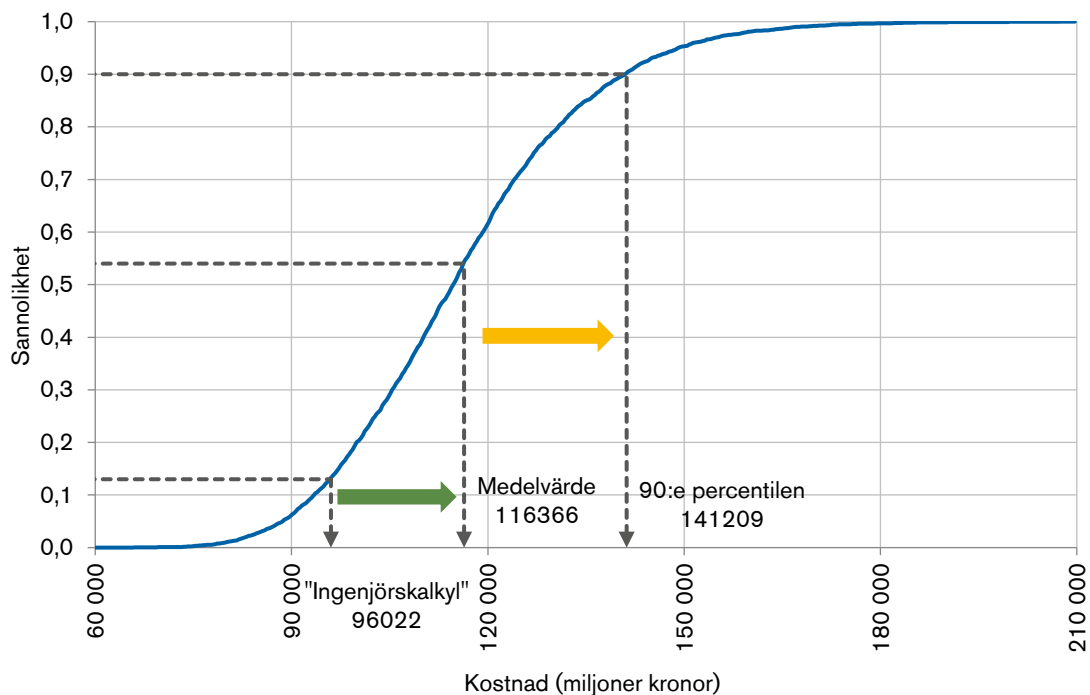
Den probabilistiska modellen ska beräkna fördelningsfunktioner för alla variationer baserat på analysgruppens bedömningar och därefter göra Monte Carlo-simuleringar för att skapa en sannolikhetsfördelning för de totala kostnaderna. Beräkningarna i osäkerhetsanalysen görs i en Excelmodell utvecklad av SKB med tillhörande underlagsfiler. Excelmodellen kan inte utföra beräkningar på tidsfördelade kostnader, vilket innebär att effekten av respektive variations hög- och lågvärde på grundkalkylen först måste summeras. Summeringen görs i ett stort antal excelflikar i fristående filer som sedan kopieras in som inputvärden i Excelmodellen. I den stokastiska adderingen antas varje variation vara en stokastisk variabel och utfallet för varje stokastisk variabel bestäms av ett slumptal. Då utfall för alla stokastiska variabler har erhållits summeras utfallen för respektive objekt. Summeringen upprepas 5 000 gånger för att erhålla en kostnadsfördelning.

3.3.2 Osäkerhetsanalysen resultat i Plan 2019

Utfallet av Monte Carlo-simuleringen kan uttryckas som en kumulativ fördelningsfunktion (S-kurva), se utfallet från osäkerhetsmodellen i figur 3 nedan.

⁹ SKB redovisade 11 fasta förutsättningar i Plan 2016 men den som avsåg *prisnivå för kostnaderna* ansågs av SSM i praktiken inte vara en fast förutsättning.

Figur 3. Osäkerhetsanalysens resultat illustrerat som en S-kurva (miljoner kronor)



Källa: Egna beräkningar med data från SKB.

Skillnaden mellan den så kallade *ingenjörskalkylen*¹⁰ och medelvärdet av utfallet i osäkerhetsmodellen benämns *osäkerhetspåslag* av SKB (grön pil i figur 3). Osäkerhetspåslaget är alltså ett tillägg till underlagskalkylerna för att erhålla förväntade kostnader (grundkostnader). Som figuren ovan visar blir medelvärdet av simuleringarna 116 miljarder kronor, vilket innebär ett osäkerhetspåslag på 20 miljarder kronor. Relativt ingenjörskalkylen blir påslaget 21 procent, vilket i stort sett är oförändrat med osäkerhetsanalysen i föregående kostnadsredovisning, Plan 2016¹¹. Skillnaden mellan medelvärdet och 90:e percentilen (den gula pilen i figur 3) utgjorde underlag för kompletteringsbeloppet enligt den tidigare finansieringslagstiftningen.

De förväntade kostnaderna i osäkerhetsanalysen uttrycks som en summa över alla år som kalkylen avser, fram till år 2080. Av 5 § finansieringslagen framgår dock att grundkostnader avser årliga förväntade kostnader, vilket också krävs för att Riksgälden ska kunna beräkna avgifter och säkerhetsbelopp. Fördelningen genomförs med en metod som SKB kallar *stretchning*. Metoden innebär att det odiskonterade osäkerhetspåslaget läggs på med ett fast årligt belopp för de återstående kostnaderna från 2024. Därefter har kostnaderna "sträckts ut" i tiden så att nuvärdet av kostnaderna (beräknat med en diskonteringsräntekurva från 2018-12-31 och enligt den metod som användes i myndighetens föregående avgiftsförslag) i den utsträckta kurvan överensstämmer med resultatet i simuleringen (SKB, 2019c). Med denna metod erhålls årliga förväntade sträckta

¹⁰ Ingenjörskalkylen består i praktiken av många underlagskalkyler, rivningsstudier, avvecklingsstudier, etc. baserade på ingenjörsmässiga antaganden om volymer och priser. Ingenjörskalkylen avser här kostnader uppräknade med historiska och framtida bedömningar av pris- och löneförändringar avseende programmets insatsfaktorer (exklusive "externa intäkter").

¹¹ Den gröna pilen i figur 3 är underlag för kompletteringsbeloppet enligt föregående upplaga av lagstiftningen.

kostnader, nu fram till 2080, som överensstämmer med medelvärdet av det odiskonterade och diskonterade beloppet i osäkerhetsanalysen.

3.3.3 Riksgäldens synpunkter

Beräknad risk och kostnadsfördelning

I SSM:s förslag till kärnavfallsavgifter och säkerhetsbelopp för 2018-2020 bedömdes att en relativ standardavvikelse på 13 procent är orimligt låg (SSM, 2017a). Bedömningen grundades delvis på slutsatser från Norges Tekniska och Naturvetenskapliga Universitet (NTNU), som anlätts av SSM för dess specialistkunskap inom osäkerhetsanalyser för stora infrastrukturprojekt. Genom empiriska undersökningar och vissa antaganden om mognadsgrad utifrån projektets karaktär (extremt lång tidshorisont och hög teknisk komplexitet), visade NTNU att standardavvikelsen i programmet borde vara närmare 20-25 procent (NTNU, 2017). År 2011 beställde SSM ett utlåtande av osäkerhetsanalysen i Plan 2010 av upphovsmannen till den successiva principen, Sten Lichtenberg, tillsammans med Lorens Borg (Lichtenberg & Partners, 2011). Enligt utlåtandet har stora anläggnings- och infrastrukturprojekt utan större inslag av forskning och utveckling typiskt en standardavvikelse i området 20-25 procent, vilket alltså borde ses som ett minimum för kärnavfallsprogrammet. Lichtenbergs bedömning var således att den totala risken i programmet troligen var underskattad.

Formen på kostnadsfördelning i figur 3 är delvis ett resultat av vilken fördelning som antas representera analysgruppens bedömningar. I detta syfte använder SKB Beta-fördelningen, vilken är en förhållandevis flexibel sannolikhetsfördelning i bemärkelsen att den kan anta många olika former beroende på hur den parametersätts. Enligt SKB har Beta-fördelningen valts delvis eftersom den har ändligt intervall (även för att den genom varierande parameterintervall kan hantera en hög snedfördelning mellan min och max relativt det troliga värdet från grundkalkylen). Att anta att kostnaderna har en undre gräns anses rimligt, men Riksgälden anser inte det en självklarhet att kostnaderna ska antas ha en övre gräns. Kärnavfallsprogrammet är förknippat med stora osäkerheter avseende omfattning, duration och genomförande. Analysen bör därmed inte utgå ifrån, utan närmare analys, att det finns ett tak på slutkostnaden, även om sannolikheten för extremt höga kostnadsutfall är låg. Därtill har SKB schablonmässigt parametersatt de Beta-fördelningar som används i analysen på ett sätt som exkluderar mer extrema utfall¹². Det är Riksgäldens upfattning att valet av Beta-fördelningen och de parametrar som valts för fördelningens form förtjänar en mer noggrann analys och motivering för att kunna sägas representera analysgruppens värderingar av osäkerheten.

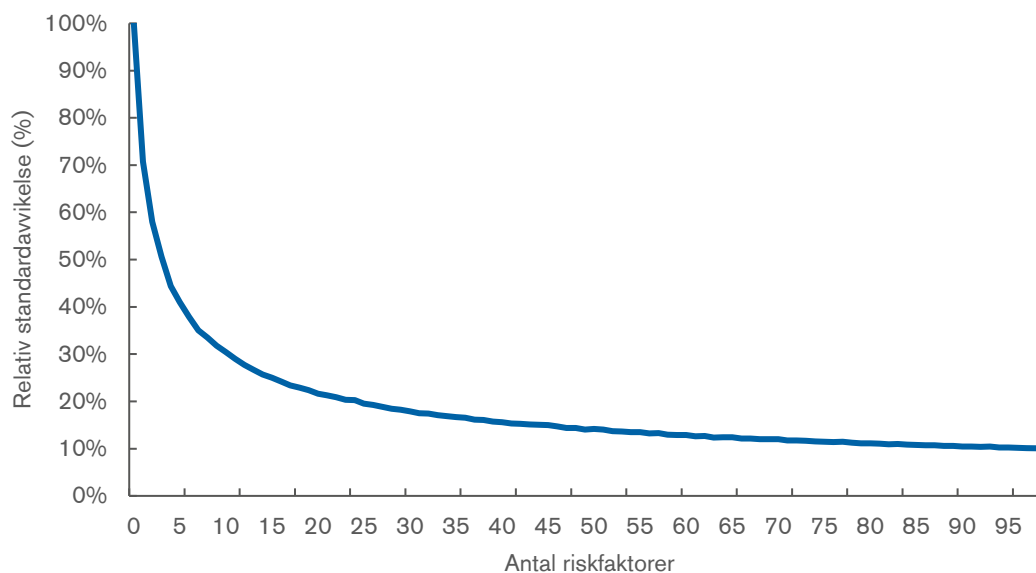
Antal variationer och samvariation

I utlåtandet från 2010 beskrev Lichtenberg och Borg att ett för stort antal variationer ger svårigheter att modellera inbördes samvariationer och leder därmed till att den totala risken i projektet underskattas. I SSM:s förslag till kärnavfallsavgifter och säkerhetsbelopp för 2018-2020 framfördes att den totala osäkerheten i programmet troligen är underskattad eftersom ett stort antal variationer används med ingen eller mycket låg inbördes samvariation. Vid ett möte med SKB den 25 januari 2019 framförde Riksgälden vidare att antalet variationer i kommande osäkerhetsanalys bör minskas genom sammanslagning (Riksgälden, 2019).

¹² Mer specifikt har SKB antagit att de två parametrar som styr Beta-fördelningens form ska summera till 10, utan att ange närmare skäl för denna bedömning.

Fenomenet med för många variationer kan principiellt illustreras i diagram 5 nedan. Diagrammet visar hur den totala beräknade standardavvikelsen i ett projekt påverkas om en given osäkerhetsfaktor delas in i flera ömsesidigt okorrelerade osäkerhetsfaktorer med bibehållen total spridning. Beräkningarna bygger på PERT-fördelningar och 10 000 simuleringar.

Diagram 5. Standardavvikelse som funktion av antalet oberoende riskfaktorer



Källa: egna beräkningar.

Som framgår ovan avtar den beräknade standardavvikelsen snabbt och redan efter en indelning av den ursprungliga variationen i fyra oberoende variationer har standardavvikelsen halverats, jämfört med om osäkerheten hade modellerats med en variation.

För att få en mer rättvisande bild av osäkerheterna är det därför av stor vikt att de samband som finns mellan variationer identifieras och hanteras på ett korrekt sätt i osäkerhetsanalysen. Problemet kan principiellt hanteras på två sätt beroende på hur starkt variationerna bedöms samvariera; dels finns det variationer som förefaller reflektera samma underliggande osäkerhetsfaktor och därför skulle kunna slås samman (motsvarande fullständig korrelation), dels finns det ytterligare variationer som bör antas vara korrelerade i viss grad. Exempelvis ställer sig Riksgälden frågande till att objektvariationerna 601, 701, 801 och 901 (avvecklingsförberedelser och avställningsaktiviteter) antas vara helt oberoende av varandra i analysen, vilket SSM även påtalade i granskningen av osäkerhetsanalysen i Plan 2016 (SSM, 2017b). Tvärtom finns det anledning att förvänta sig att stora delar av avvecklingsarbetet påverkas av samma riskfaktorer. Variationerna hanteras dessutom gemensamt av analysgruppen då bedömningar på hög- och lågvärde görs. Givet att riskbilderna huvudsakligen delas mellan kärnkraftverken, med några undantag för platsspecifika faktorer och när i tiden som arbetet planeras genomföras, borde ett mer rimligt antagande vara att variationerna är starkt korrelerade (eller till och med kan slås ihop).

Ovan är bara exempel på variationer som Riksgälden menar bör kunna slås ihop. Generellt krävs dock att SKB i långt större utsträckning reducerar antalet riskfaktorer än vad som gjorts i arbetet

mellan Plan 2016 och Plan 2019 för att ge någon meningsfull effekt på sannolikhetsfördelningen av de totala kostnaderna.

Tillämpning av metoden för successiv kalkylering

I vissa avseende avviker SKB:s tillämpning av successiv kalkylering från metodens ursprungliga utformning. Exempelvis görs analysgruppens värderingar i Plan 2019 vid 90:e respektive 10:e percentilen. I osäkerhetsanalysen i Plan 2016 och tidigare Plan-rapporter gjorde analysgruppen bedömningar vid 99:e respektive 1:e percentilen. Förändringen har implementeras till följd av synpunkter lämnade av SSM i föregående förslag till avgifter och säkerhetsbelopp. SSM gjorde med stöd av NTNU bedömningen att det är svårare för personer att göra bedömningar vid sannolikheten 1:100 än vid 1:10. Förklaringen ligger i "mindset" hos personerna som gör värderingen. Personer kan ha erfarenhet av tio projekt, men ytterst få har erfarenhet av hundra, vilket gör det svårt att förstå innebörden av en sådan extrem händelse som representeras av 99:e percentilen.

Enligt Lichtenberg är det även viktigt med bredd vad gäller kompetens och bakgrund i analysgruppens sammansättning. Om flertalet medlemmar direkt eller indirekt känner lojalitet mot kärnkraftssektorn kan de omedvetet vara optimistiska i sina bedömningar. I osäkerhetsanalysen i plan 2019 framgår av underlaget att sju av elva medlemmar har direkt koppling till kärnkraftssektorn genom sitt arbete på SKB, Vattenfall eller Barsebäck. I tillägg leds analysgruppen av en moderator som är projektledare för utarbetande av kostnadsberäkningen. Moderatoren har en mycket viktig uppgift i sin roll att säkerställa att arbetet sker på ett metodmässigt korrekt sätt. Det går därför inte att utesluta att medlemmarnas bakgrund medför en grad av bias i bedömningarna och osäkerheter, även om det sker omedvetet.

Ytterligare ett problem med tillämpningen av den successiva principen i osäkerhetsanalysen i Plan 2019 är den höga detaljeringsgraden i analysen. Analysgruppen gör bedömningar på specifika objektosäkerheter, som exempelvis osäkerheten i investeringskostnader för stam- och deponeringstunnlar för slutförvaret för använt kärnbränsle. Även bedömningar av konsekvenser av generella osäkerheter får anses vara mycket specifika, exempelvis andel förkastade kapselpositioner som underlag för storlek och utformning av kärnbränsleförvarets bergutrymme. En risk med för hög detaljeringsgrad är att det ger falsk bild av exakthet, ett problem som beskrivs i en artikel från 2014 om applicering av osäkerhetsanalyser i bedömning av projektkostnader (Johansen, et al., 2014). Författarna hävdar att om målet är att ge en korrekt bild av osäkerheten i ett projekt så bör analysen hållas på en relativt hög nivå. En annan utmaning är att bibehålla samband mellan osäkerhetsfaktorer då antalet variationer är hög. Risken med att samvariation inte modelleras mellan osäkerhetsfaktorer är att det uppstår en diversifieringseffekt vilket i sin tur gör att den totala risken i projektet underskattas, som beskrivits tidigare.

Fasta förutsättningar

SSM har tidigare haft synpunkter på användandet av fasta förutsättningar. I osäkerhetsanalysen för Plan 2019 har motiveringen för vissa antaganden utvecklats och förtydligats av SKB, vilket underlättat myndighetens granskning av underlaget. Riksgälden bedömer att det är rimligt att avgränsa analysen men att det då måste finnas tydliga ramar för vad som styr begränsningen så att antaganden blir transparenta och konsekventa. Vilka typer av osäkerheter som ska ingå i osäkerhetsanalysen, med andra ord vilka ramar som ska styra begränsningen, kräver noggranna överväganden. För att värdera SKB:s fasta förutsättningar har tre kriterier använts.

För det första bör hänsyn tas till de lagar och förordningar som styr tillståndshavarnas skyldigheter avseende omfattningen på kostnadsberäkningarna. Omfattningen regleras i huvudsak av finansieringslagen och finansieringsförordningen. Vad som avses med allmänna skyldigheter för tillståndshavarna definieras i lagen (1984:3) om kärnteknisk verksamhet (kärntekniklagen). Exempelvis upphör enligt 11 § finansieringslagen reaktorinnehavarens skyldigheter att betala kärnavfallsavgift och ställa säkerhet när reaktorinnehavaren har fullgjort samtliga sina skyldigheter enligt 10 § kärntekniklagen eller har fått dispens från dem. I praktiken innebär detta till dess att allt kärnämne och kärnavfall placerats i ett slutförvar och slutligt förslutits – då övergår ansvaret till staten. Det är därmed rimligt att anta att *ingen förlängd övervakning* bör vara en fast förutsättning i analysen. Även atomansvarighetslagen (1968:45) styr omfattningen, exempelvis vad gäller tillståndshavarnas skyldigheter vid kärnteknisk olycka.

För det andra bör beslutet om vad som bör utgöra en osäkerhetsfaktor ta hänsyn till om det är möjligt att kvantitativt uppskatta osäkerheten. Med andra ord, är det möjligt att ta fram ett trovärdigt kostnadsunderlag för aktiviteterna som osäkerhetsfaktorn avser? Exempelvis är det för den fasta förutsättningen *KBS-3-metoden* svårt för SKB eller annan aktör att ställa kostnadsunderlaget som ligger till grund för metoden mot en bedömning av andra alternativ, som djupa borrhål eller transmutation. Det råder dessutom oenighet om dessa metoder är genomförbara överhuvudtaget.

Slutligen bör osäkerhetsfaktorer även ha en faktisk effekt på underlaget för beräkning av kärnavfallsavgifter och säkerhetsbelopp för att de ska vara meningsfulla att modellera. Kärnavfallsavgifter beräknas på medelvärdet av simuleringarna. Osäkerheterna bör därmed ha en medelvärdeshöjande effekt. Exempelvis kan de fasta förutsättningarna *reaktorhaveri* och *KBS-3-metoden* anses vara osäkerheter av typen låg sannolikhet och hög konsekvens.

Mot bakgrund av ovanstående resonemang bedömer Riksgälden att SKB:s fasta förutsättningar kan godtas. Närmre kommentarer finns i *Bilaga 2: Granskning av osäkerhetsanalysen i Plan 2019*. I bedömningen har Riksgälden konsulterat SSM som lämnat utlåtande avseende tekniska och säkerhetsmässiga aspekter för två av de fasta förutsättningarna (SSM, 2020b).

Simulering på summerade värden

Ett generellt problem med att simulera på summerade variationer är svårigheterna att fånga tidsvariationernas effekt på grundkalkylen på ett korrekt sätt. I analysen används totalt ett tiotal variationer som innehåller någon form av tidskomponent, dvs. att variationerna medför en justering av objektkostnaderna de verkar på, antingen bakåt eller framåt i tiden. I beräkningssteget då variationernas hög- och lågvärdena summeras så försvinner information om när i tiden eventuella förseningar och tidigareläggningar sker för tidsvariationerna. Detta beror på att varje hög- och lågvärde uttrycks som summor och inte som kassaflöden. Efter simuleringen går det därför aldrig för ett givet scenario att spåra vilka tidseffekt som utfallet av en tidsvariation haft på kostnaderna eller att utvärdera vilka orsaker som ligger bakom tidsförskjutningen eller tidigareläggningen.

Metoden som SKB valt för att transformera underlaget till årliga värden, stretchning, har inte förutsättningar att åtgärda grundproblemet, dvs. att modellen inte kan hantera Monte Carlo-simuleringar på fördelningar över tid. Metoden har även andra brister. Till att börja med har SKB, utan närmare motivering, undantagit de tre första åren vilket innebär ett implicit antagande om att dessa år är "riskfria". För resterande år har det totala osäkerhetspåslaget fördelats ut med ett (i absoluta termer) lika stort påslag varje år, innebärande ett implicit antagande om att osäkerheten mätt i kronor är lika stort för kärnavfallsprogrammet oaktat de underliggande kostnaderna i

ingenjörskalkylen. I relativa termer innebär detta att risken, mätt som procentuell andel av underliggande kostnader, är lägre för de år där SKB förväntar sig höga kostnader. Eftersom sträckningen påverkar alla objekt med samma faktor så finns det dessutom inget direkt samband mellan hur många år kalkylen förlängs, i det här fallet tio år, och vilken effekt tidsvariationerna har på kalkylen.

Ett ytterligare problem är att vid tillfället då stretchningen genomförs är den diskonteringsräntan som används som underlag för beräkning av kärnavfallsavgifter och säkerhetsbelopp okänd, både vad gäller metod och marknadsdata. I praktiken kommer diskonteringsräntekurvan som används i myndighetens beräkningar baseras på marknadsdata vid en tidpunkt mer än ett år efter det underlag som används för uppbyggnad SKB:s diskonteringsräntekurva i sträckningen. Vid stora marknadssvängningar, alternativt metodförändringar i uppbyggnaden av kurvan, kommer målsökningen i stretchningen inte att vara en matematiskt giltig lösning.

3.3.4 Slutsatser

I vissa avseenden har osäkerhetsanalysen i Plan 2019 förbättrats jämförts med tidigare år. Antalet riskfaktorer är något färre, SKB:s beskrivning av fasta förutsättningar är tydligare och expertgruppens bedömningar av hög- och lågvärden i trepunktskattningarna görs nu vid 90:e respektive 10:e percentilen. Åtgärderna har förenklat myndighetens granskning av underlaget och är troligen även en förklaring till att den totala risken, mätt som standardavvikelse relativt medelvärdet, har ökat något från 13 procent i den förra kostnadsberäkningen till 16 procent i den nu aktuella. Trots förbättringarna kvarstår flera brister i osäkerhetsanalysen.

För de första är detaljeringsgraden i analysen alltför hög. Den höga detaljeringsgraden medför att analysarbetet blir mycket omfattande och svåröverblickbart, och kan ge en falsk bild av exakthet. Att beräkningsmodellen sammanlagt består av hundratals Excellikar med en hög grad av manuellt arbete adderar också en lager av komplexitet som försvårar arbetet med kvalitetssäkring och analys. Dessutom används för många variationer med för låg eller ingen inbördes samvariation, vilket gör att det uppstår en diversifieringseffekt som bidrar till att hålla nere standardavvikelsen.

För det andra innebär analysgruppens sammansättning, där majoriteten av medlemmarna och moderatören har koppling till kärnkraftsindustrin, en risk för bias i bedömningarna. För det tredje krävs det mer analys avseende rimligheten i egenskaperna och formen på den resulterande kostnadsfördelningen. För det fjärde saknar osäkerhetsmodellen tekniska förutsättningar att simulera tidsfördelade osäkerheter, vilket bland annat medför att tidsförskjutningar inte simuleras ändamålsenligt.

Sammantaget är Riksgäldens bedömning att ovanstående brister leder till att den totala risken i kostnaderna troligen är underskattad. Detta bekräftas av indikativa jämförelser med spridningen i kostnader för andra stora infrastrukturprojekt.

SKB:s kostnadsberäkning och osäkerhetsanalys är ett viktigt underlag för beräkningar av kärnavfallsavgifter och säkerhetsbelopp. Av den anledningen, och mot bakgrund av myndighetens granskning, bedömer Riksgälden att SKB behöver genomföra följande åtgärder i arbetet med Plan 2022:

- Analysgruppens sammansättning bör ses över så att

- en högre andel av gruppen består av personer som inte har direkt koppling till kärnavfallsprogrammet eller kärnkraftsindustri och
- heterogeniteten i gruppen ökar.
- Utveckla alternativa metoder eller tillvägagångssätt för att skapa årliga kassaflöden för de förväntade kostnaderna som beaktar de påpekade svagheter med den nuvarande *stretching*-metoden.
- Utredda och motivera vilken fördelningsfunktion som är bäst lämpad för att representera analysgruppens bedömningar och hur denna fördelningsfunktion ska parametersättas för att skapa realistiska scenarier som även beaktar mer extrema utfall.¹³
- Antalet variationer i analysen bör reduceras i betydligt större utsträckning än vad som gjorts mellan Plan 2016 och Plan 2019.

3.4 Prognoser för elproduktion

Som en del av underlaget till Plan 2019 har reaktorinnehavarna lämnat in prognoser för elproduktion under reaktorernas återstående drifttid. I detta avsnitt sammanfattas Riksgäldens granskning av reaktorinnehavarnas elprognoser och en bedömning om dessa bör användas som underlag för beräkning av kärnavfallsavgifter. För närmare detaljer hänvisas till *Bilaga 3: Granskning av prognoser för elproduktionen vid de svenska kärnkraftverken 2021-2035*.

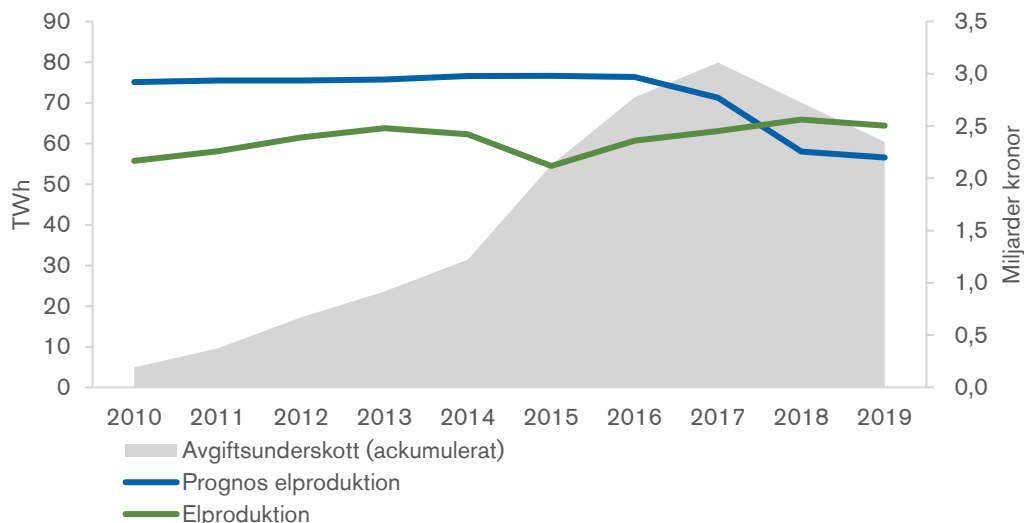
3.4.1 Hur används elprognoser och varför behövs väntevärdesriktiga prognoser?

För en reaktorinnehavare som innehar minst en kärnkraftsreaktor i drift ska kärnavfallsavgiften betalas som kronor per levererad kilowattimme elström till elnätet. Enligt 3 § finansieringsförordningen ska kärnavfallsavgifter beräknas på *förväntade* volymer elström. Inbetalningarna beslutas i efterhand baserat på faktiskt levererad elström. Framtida avgiftsinbetalningarna till kärnavfallsfonden är således produkten av kärnavfallsavgiften och levererad elström. Om prognosen för elproduktionen är högre än utfallet får det som konsekvens att kärnavfallsavgifterna blir lägre än vad som krävs för att systemet ska balansera. Det motsatta gäller om prognoserna för leverans av elström är lägre än faktiskt levererad elström.

Under perioden 2010 till 2019 uppgick de ackumulerade uteblivna avgiftsintäkterna till ca 2,3 miljarder kronor till följd av att elproduktionen överskattats vid avgiftsberäkningarna, se diagram 6 nedan. Lägre inbetalningar än förväntat är en bidragande orsak till varför SSM succesivt föreslagit höjningar av kärnavfallsavgiften till regeringen. Att avgiftsunderskottet minskat under senare år är delvis en konsekvens av att kärnavfallsavgifter beräknats baserat på myndighetens elprognoser, och inte reaktorinnehavarnas.

¹³ Utöver svaret på Riksgäldens begäran om kompletterande information i januari 2020 (SKB, 2020a).

Diagram 6. Ackumulerat avgiftsunderskott

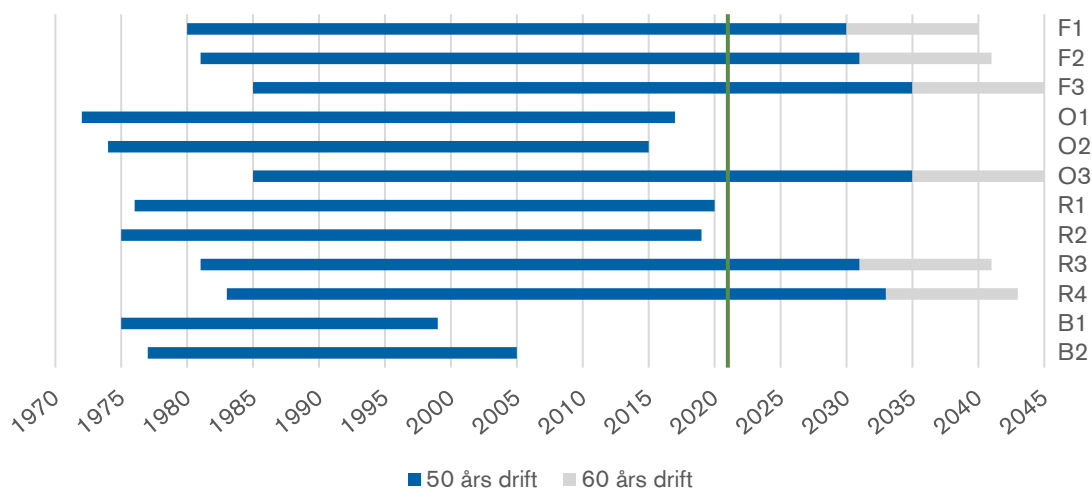


Källa: egna beräkningar

Den elproduktion som förväntas produceras från en reaktor beror på dels återstående drifttid, dels den produktionsnivå som upprätthålls under drifttiden. Reaktoreernas återstående drifttid vid beräkning av kärnavfallsavgifter och säkerhetsbelopp är reglerad i 4 § finansieringsförordningen: Varje reaktor ska anses ha en total drifttid om 50 år eller en återstående drifttid om minst sex år (den s.k. sexårs-regeln), om det inte finns skäl att anta att drifttiden kan komma att upphöra dessförinnan.

I diagram 7 nedan framgår förväntad och uppnådd total drifttid för varje reaktor, dels enligt de förutsättningar som följer av förordningen (50 års drift), dels enligt reaktorbolagens egna planer (60 års drift). Den vertikala gröna linjen anger startpunkten för nästa avgiftsperiod, dvs. 2021.

Diagram 7. Återstående drifttid för 50- och 60-årsscenario



Källa: SKB och egna beräkningar

Diagrammet visar att den återstående drifttiden är relativt kort innan reaktorerna når 50 års drift. Dessutom kommer sex av tolv reaktorer vara avställda vid början av nästa avgiftsperiod, utan att ha uppnått en ålder om 50 år. Det återstår med andra ord inte så många år för att bygga upp fonden under reaktorernas aktiva tid och en betydande andel av kostnaderna uppstår efter att reaktorerna slutat producera el. Därför är det viktigt att kärnavfallsavgifter beräknas på en väntevärdesriktig bedömning av framtida elproduktion.

3.4.2 Reaktorinnehavarnas elprognoser i Plan 2019

Genom SKB har reaktorinnehavarna sedan kostnadsberäkningen 1989 (Plan 89) lämnat uppgifter till myndigheterna om planerad elleverans. Reaktorinnehavarna har genom SKB (i Plan 2019) även inkommit med underlag för planerad elproduktion för reaktorerna för reaktorernas återstående drifttid enligt finansieringsförordningen, dvs. från 2021 till 2035. Under den perioden kommer som mest sex reaktorer vara i drift och den förväntade elproduktionen enligt reaktorinnehavarna är totalt 657 TWh (SKB, 2019d).

Underlaget bygger på bedömningar gjorda av reaktorinnehavarna (SKB, 2019e), oberoende av varandra. För Forsmark och Ringhals består bedömningarna av en kombination av kortsiktiga (fem år) produktionsplaner och långsiktiga strategiska mål. Oskarshamn använder ett produktionsplaneringsverktyg med inputparametrar som exempelvis maximal produktion, kylvattenspåverkan, periodisk provning, revisionsavställning, etc. I beräkningarna görs ett antal antaganden avseende exempelvis erfarenheten hos personalen och komplexiteten i revisionsarbetet. För samtliga reaktorinnehavare görs inga antaganden om framtida effekthöjningar.

I sammanhanget bör noteras att reaktorinnehavarna inte alltid haft samma metod för att göra prognoser. Under merparten av perioden innan 2001 utgick prognoserna från ett antagande om en framtida tillgänglighetsfaktor (vanligtvis omkring 80 procent). Bedömningen byggde på historisk utnyttjandegrad i reaktorerna och behov av förväntade framtida renoveringsarbeten samt eventuella framtida störningar i driften.

3.4.3 Riksgäldens metod för granskning av reaktorinnehavarnas elprognoser

Som konstaterats ovan har reaktorinnehavarna under en lång tid överskattat produktionen i de svenska kärnkraftverken. En överskattning av produktionen har gett lägre inbetalningar och därmed ett underskott i kärnavfallsfinansieringssystemet. Riksgälden har därför genomfört en granskning av reaktorinnehavarnas elprognoser för att bedöma om de kan utgöra underlag för beräkning av kärnavfallsavgifter.

Tekniska och ingenjörsmässiga antaganden utgör grunden för tillståndshavarnas prognoser och dessa är svåra för Riksgälden att uttala sig om. Riksgäldens gör därför en prognosutvärdering, uppdelad i två steg. Första steget är att analysera hur väl reaktorinnehavarnas tidigare prognoser står sig mot faktiskt utfall. I analysen beräknas medelfel, för att ge indikationer om tidigare prognoser systematiskt över- eller underskattas, samt medelabsolutfel, för att bedöma den övergripande träffsäkerheten i prognoserna. I sammanhanget är måtten ointressanta om det inte finns en konkurrerande prognosmodell att jämföra med. Det finns inte några andra i dag redan existerande prognosmodeller som är lämpliga att använda för jämförelser. Energimyndigheten gör förvisso långsiktiga scenarier för kärnkraftsel, men dessa bedöms inte vara lämpliga för att granska

reaktorinnehavarnas årliga prognoser per reaktor¹⁴. Därför jämförs utfallet med en prognosmodell som Riksgälden tagit fram, som beskrivs närmare i följande avsnitt.

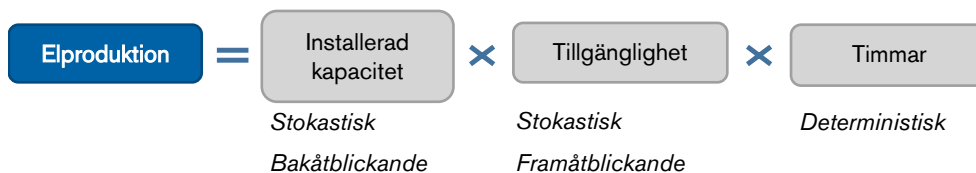
Riksgäldens prognosmetod implementerades först 2017, alltså finns endast tre datapunkter med prognoser (2017-2019). Analys av få datapunkter kan innebära att slumpen påverkar resultaten i hög utstäckning. För att utvärdera Riksgäldens prognoser görs istället så kallad backtesting, vilket innebär att modellen testats för att se hur väl den hade presterat under en viss tidsperiod som redan inträffat.

I ett andra steg granskas vissa centrala underliggande antaganden i reaktorinnehavarnas prognoser för att få en bredare bild av rimligheten i prognoserna.

3.4.4 Riksgäldens modell för elprognoser

Den förväntade återstående elproduktionen för reaktorer i drift bestäms av en metod utvecklad i samband med SSM:s förslag till kärnavfallsavgifter och säkerhetsbelopp för 2018-2020. Modellen utvecklades tillsammans med konsulter från Palisade Corporation i Excel med riskanalys-verktyget Palisade @Risk. Syftet med prognosmetoden är att beräkna årlig förväntad elproduktion och variation kring medelvärde av produktionen för varje aktiv reaktor. Principen är att en reaktors årliga elproduktion kan estimeras med produkten av reaktorns installerade kapacitet, tillgängligheten på el och antal kalendertimmar under det aktuella året, se figur 4 nedan. Den installerade kapaciteten och tillgängligheten på el betraktas båda som osäkerhetsfaktorer.

Figur 4. Beräkning av framtida elproduktion med Riksgäldens modell



Källa: Riksgälden.

För en reaktors installerade kapacitet (reference unit power) används den definition som används av International Atomic Energy Agency (IAEA, 2005). Riksgäldens estimering av installerade kapacitet beräknas i kombination av expertutlåtande och stokastisk analys. I första steget ombeds experter på reaktordrift¹⁵ från SSM att göra en trepunktsskattning av troligt värde, lågvärde samt högvärde för genomsnittlig installerade kapaciteten (i MW). Bedömningar görs för varje år och reaktor för hela prognosperioden. Konfidensintervall för hög- och lågvärden sätts till 1:10, vilket innebär att det är 10 procent sannolikhet att utfallet inte överstiger lågvärdet och 90 procent sannolikhet att utfallet inte överstiger högvärdet. Bedömningar diskuteras i grupp innan de fastställs. De tre parametrarna låg-,

¹⁴ Energimyndigheten gör prognoser av tillförsel av kärnkraftsel på lång sikt. Prognoserna bygger på en modell som optimerar energibehovet i olika sektorer så att den totala kostnaden för att tillhandahålla energiefterfrågan minimeras. Energimyndighetens långtidsscenarioer för elproduktion är dock inte heller lämpliga i syfte att jämföras mot reaktorinnehavarnas elprognoser. För det första används samma antagande för tillgänglighet för samtliga reaktorer i drift. Detta förefaller olämpligt då historiska produktionsdata visar att tillgängligheten varier kraftigt mellan olika reaktorinnehavarna och inte minst mellan olika reaktorer. För det andra antas utbyggnad av ny kärnkraft om modellen tillåter det, vilket direkt motsäger de förutsättningar som ges av finansieringsförordningen avseende återstående drifttid.

¹⁵ Anläggningsansvariga (tre stycken) på myndighetens avdelning för Kärnkraftssäkerhet.

hög- och troligt värde används för att beräkna parametrarna till fördelningsfunktioner för osäkerhetsfaktorn. För detta syfte används PERT-funktionen (Project Evaluation and Review Technique). PERT-fördelningen är en specialform av Beta-fördelningen och har liksom Beta-fördelningen slutna intervall och är vanligt förekommande i sammanhang där inhämta av data från experter görs (engelska "expert elicitation").

Den andra osäkerhetsfaktorn, tillgänglighet på el, likställs i den här metoden med en reaktors kapacitetsfaktor (load factor) som definieras av IAEA. Load factor beräknas för varje reaktor och tidigare driftår genom att dela den uppnådda årliga elproduktionen med den totala kapaciteten för samma år. Data för historisk produktion och installerad kapacitet hämtas från IAEA:s databas PRIS (Power Reactor Information System) (IAEA, 2020). Vid beräkning av historiska serier för tillgängligheter exkluderas en reaktors fem första driftår. De första åren består med hög sannolikhet av provdrift och viss inkörning och representerar därför med hög sannolikhet inte reaktorns tillgänglighet på längre sikt. Vidare har ingen hänsyn tagits till en reaktors driftläge, dvs. provdrift eller rutinmässig drift. Om en reaktor levererar energi så uppstår också restprodukter som måste omhändertas och som tillståndshavaren är skyldig att finansiera.

Prognoser för tillgänglighet kan genereras med en "dragning med återläggning"-teknik (resample with replacement) utifrån tidigare beräknade historiska tillgänglighetsnivåer. I praktiken innebär tekniken att fördelningar skapas genom att plocka tal från de historiska tidsserierna, med lika stor sannolikhet varje gång, och med möjlighet till återupprepning av samma dragning.

Antalet tillgängliga timmar för ett produktionsår är deterministiskt och beräknas som 8 760 (365*24) för ett normalår och 8 784 (366*24) för ett skottår. Antal tillgängliga timmar under reaktorns slutår beräknas utifrån dess planerade drifttid enligt regleringen i finansieringsförordningen. Eftersom drifttiden är reglerad i förordningen behandlas den som ett fast antagande i beräkningarna. Genom att stokastiskt skapa fördelningsfunktioner för respektive parameter kan årliga fördelningar över framtida elproduktion göras för varje reaktor. Utifrån dessa fördelningar kan sedan väntevärden och variation för varje år och scenario beräknas.

3.4.5 Jämförelse mellan Riksgäldens prognoser och reaktorinnehavarnas prognoser

Givet tidigare beskrivna metod och antagande så kan prognosfel för respektive modell och reaktor beräknas, vilket redovisas i tabell 5 nedan. Utfallsdata för elproduktion fram till 2018 hämtas från PRIS-databasen. Utfall för elproduktion för 2019 kommer från SKB (SKB, 2019f). I beräkningarna har Barsebäck uteslutits eftersom reaktorinnehavaren inte har någon reaktor i drift och därmed inte kommer att få en rörlig avgift baserad på förväntad elproduktion.

Tabell 5. Prognosfel (TWh)

		F1	F2	F3	O1	O2	O3	R1	R2	R3	R4
MF	Reaktorinnehavare	-0,1	-0,6	-1,0	-1,2	-1,2	-1,0	-0,6	-2,0	-0,4	0,0
	Riksgälden	0,5	0,8	-0,3	-0,3	-0,3	0,4	0,7	-0,8	0,4	0,6
MAF	Reaktorinnehavare	0,2	0,6	1,1	1,2	1,3	1,0	0,6	2,6	0,5	0,3
	Riksgälden	0,7	0,9	0,9	0,9	0,7	0,5	0,9	1,9	0,5	0,6

Källa: egna beräkningar

Medelfelet (MF) visar hur mycket prognoserna i genomsnitt avviker från utfallet och ger därmed en

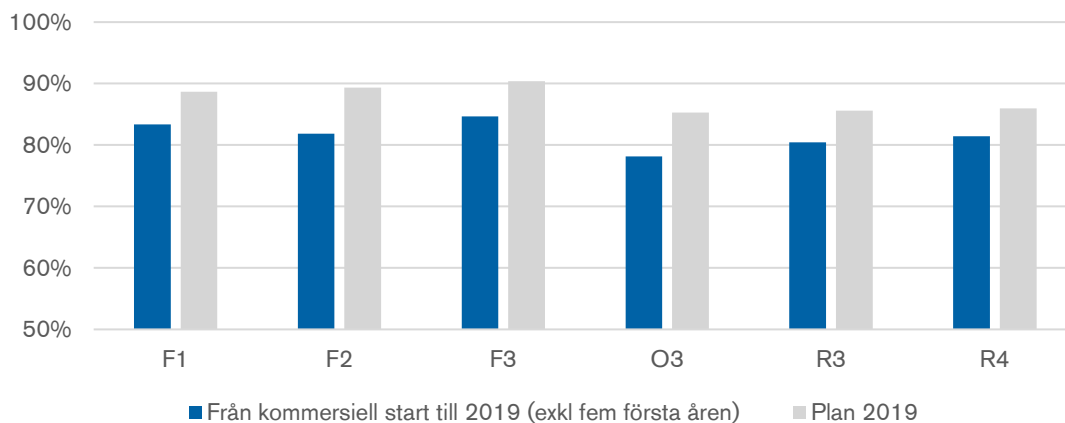
indikation på om reaktorinnehavaren systematiskt över- eller underskattat utfallen. Resultaten indikerar att reaktorinnehavarna för alla reaktorer förutom R4 överskattat sina prognoser och att det därmed finns en bias i prognoserna. Riksgäldens prognosmodell ger en blandning av över- och underprognoser mellan reaktorerna.

Eftersom över- och underskattningar kan ta ut varandra och generera ett litet medelfel är det inte användbart för att bedöma prognosprecisionen. För det ändamålet är medelabsolutfelet (MAF) mer relevant. Medelabsolutfelet tar genomsnittet av det absoluta prognosfelet, dvs. det tar inte hänsyn till om felet är negativa eller positiva. Beräkningarna av medelfel visar att reaktorinnehavarnas prognoser är närmare utfallen för F1, F2, R1, och R4. Samtidigt är myndighetens prognosmodell närmare utfallen för F3, O1, O2, O3, R2 och R3.

3.4.6 Reaktorinnehavarnas tillgänglighetsantaganden

Andra steget i Riksgäldens granskning av reaktorinnehavarnas elprognoser är att undersöka prognosernas tillgänglighetsantaganden. Diagram 8 visar den tillgänglighet som uppnåtts för respektive reaktor under dess livstid sedan kommersiell start, samt den tillgänglighet som förutsetts i underlaget för Plan 2019. Likt i underlaget för backtesting, har de fem första åren tagits bort och precis som i prognosutvärderingen används load factor som mått på tillgänglighet (IAEA, 2005). O1, O2 samt R1 och R2 redovisas inte eftersom dessa inte är i drift efter 2020.

Diagram 8. Reaktorernas tillgänglighet jämfört med antagen tillgänglighet i Plan 2019 (för perioden 2021-2035)



Källa: IAEA PRIS, SKB och egna beräkningar.

Av diagrammet framgår att nivån på tillgänglighet som antas gälla i Plan 2019 är högre än vad som uppnåtts historiskt för samtliga reaktorer. I genomsnitt förutsätts tillgängligheten vara 6 procentenheter högre. Störst språng i tillgänglighet antas F2 göra, från 82 procent till 89 procent följt av O3, från 78 procent till 85 procent. Jämfört med underlaget i Plan 2016 är antagna tillgänglighetsnivåer i stort sett samma, även om bortfallet av de äldre reaktorerna gör att det genomsnittliga tillgänglighetssprånget har blivit lägre denna gång.

3.4.7 Slutsatser

Ett rimligt antagande är att en reaktorinnehavare, i egenskap av sin roll som producent, bör ha goda förutsättningar att göra en väntevärdesriktig bedömning av framtida elleverans. Riksgälden granskning av reaktorinnehavarnas tidigare prognoser visar att så inte alltid är fallet.

Jämförelse mellan reaktorinnehavarnas och Riksgäldens prognoser genom backtesting indikerar att reaktorinnehavarna systematiskt överskattat sin framtida produktion. Riksgäldens prognosmodell gör ingen entydig över- eller underskattning av produktionen i de olika reaktorerna. Träffsäkerheten i Riksgäldens prognoser är dessutom något bättre än industrins prognoser. Vissa antaganden som gjorts för att möjliggöra backtesting är till nackdel för Riksgäldens modell, exempelvis att det antas råda okunskap om eventuell effekt upp- och nedgradering som infaller nära inpå tidpunkten då prognosen görs. Tillgänglighetsnivån som antas gälla i reaktorinnehavarnas prognoser för 2021-2035 är betydligt högre än vad som uppnåtts historiskt för samtliga reaktorer. Även om de äldre reaktorerna som historiskt haft låg tillgänglighet kommer att ställas av motiverar det inte ett så pass stort språng i tillgänglighet. Med Riksgäldens prognosmodell kommer framtida förändringar i tillgänglighetsnivå istället successivt att vägas in i framtida prognoser i takt med att ny utfallsdata inkluderas i beräkningarna. Om tillgänglighetsnivån förbättras under kommande avgiftsperiod, likt vad tillståndshavarna förväntar sig, kommer prognoserna vid nästkommande avgiftsförslag att revideras uppåt¹⁶.

Sammantaget bedömer därmed Riksgälden att reaktorinnehavarnas prognoser inte bör användas som underlag för beräkning av kärnavfallsavgifter. Beräkningarna bör istället, likt föregående avgiftsförslag, göras med Riksgäldens prognosmodell. Med Riksgäldens prognosmodell blir den totala förväntade återstående elproduktionen under perioden 2021-2035 613 TWh, vilket är ca 7 procent lägre än reaktorinnehavarnas prognoser.

¹⁶ En sådan effekt kan redan noteras i föreliggande prognos, som är högre än den prognos som gjordes vid föregående avgiftsberäkning till följd av att reaktorerna har haft bättre tillgänglighet under perioden 2017-2019.

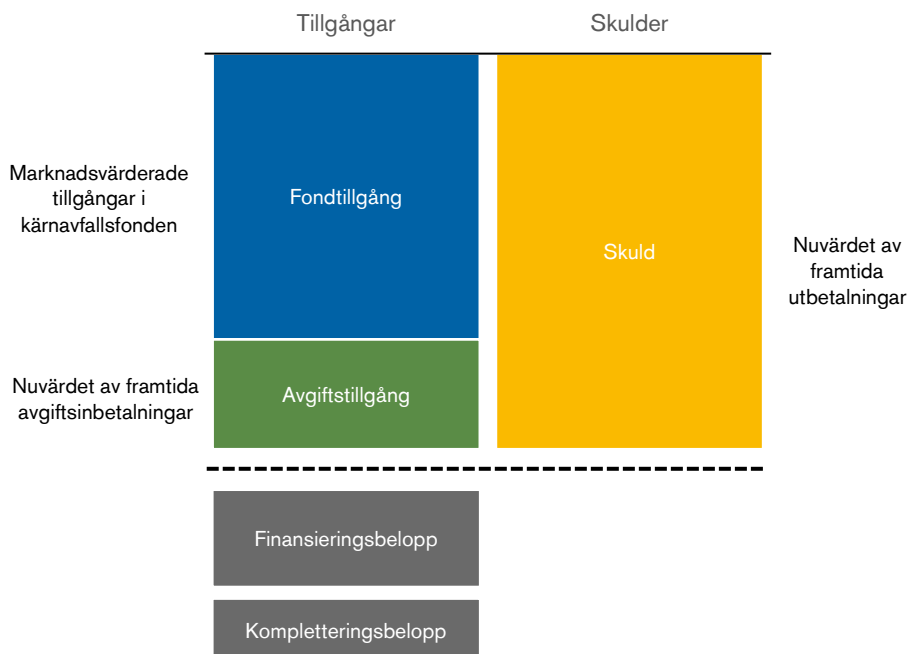
4 Principer för beräkningarna

Beräkning av avgifter och finansieringsbelopp är en deterministisk beräkning och följer huvudsakligen samma metod som användes vid föregående avgiftsförslag. Utgångspunkten är att vid början av nästa avgiftsperiod så ska en reaktorinnehavares framtida inbetalningar till kärnavfallsfonden tillsammans med marknadsvärdet av dess andel av kärnavfallsfonden vara lika stor som dess framtida utbetalningar ur fonden. För att genomföra beräkningarna behöver antaganden och prognoser göras på upp till 60 års sikt, varför bedömningarna oundvikligen är förknippade med stor osäkerhet. För finansiella variabler utgår beräkningarna dessutom från en ögonblicksbild av marknadsläget vid tillfället för beräkningarna. Förutom bedömningen av programmets kostnader har diskonteringsräntekurvan stor inverkan på nivåer av kärnavfallsavgifter och finansieringsbelopp. Även bedömningar av förväntad elproduktion och statens kostnader i programmet har en effekt på avgiftsnivåerna. Som tidigare nämnts gör Riksgälden i detta förslag inte en ny beräkning av kompletteringsbeloppet.

4.1 Balansräkning för en reaktorinnehavare

Utgångspunkten i Riksgäldens beräkningar av kärnavfallsavgifter är att nuvärdet av en reaktorinnehavares skuld ska balanseras av nuvärdet av reaktorinnehavarens tillgångar vid början av nästa avgiftsperiod. Värderingstidpunkten för reaktorinnehavarens tillgångar och skulder blir därmed ett framtida datum, januari 2021. För att genomföra värdering vid en framtida tidpunkt behöver prognoser för innevarande år göras för reaktorinnehavarens kassaflöden. De huvudsakliga komponenterna i beräkningarna av kärnavfallsavgifter och säkerhetsbelopp kan därmed för en reaktorinnehavare illustreras i en principiell balansräkning, se figur 5 nedan.

Figur 5. Principiell balansräkning för en reaktorinnehavare



En reaktorinnehavares skuld utgörs av det diskonterade värdet av de kostnader som anges i 4 § finansieringslagen, dvs. de utbetalningarna som förväntas av reaktorinnehavarens andel av kostnaderna för kärnavfallsprogrammet samt dess andel av merkostnaderna. En reaktorinnehavares tillgångar utgörs dels av fondtillgång, dels av avgiftstillgång. Fondtillgången består av de marknadsvärderade tillgångarna i reaktorinnehavarens andel av kärnavfallsfonden vid avgiftsperiodens början. Avgiftstillgången består av reaktorinnehavarens framtida diskonterade avgiftsinbetalningar till kärnavfallsfonden. En närmare beskrivning av balansräkningens komponenter görs nedan.

4.1.1 Fondtillgång

Fondtillgången består av de marknadsvärderade tillgångarna i reaktorinnehavarens andel av kärnavfallsfonden vid avgiftsperiodens början. Kärnavfallsfondens kapital förvaltas i två portföljer, BAS-portföljen och LÅNG-portföljen. BAS-portföljen investerar i svenska statspapper och säkerställda obligationer. LÅNG-portföljen investerar i företagsobligationer samt svenska och globala aktier. Reaktorbolagens ägande av andelar i respektive portfölj beslutas av Kärnavfallsfondens styrelse, baserat på en långsiktig placeringsstrategi. Reaktorbolagens andelar i portföljerna måste även efterfölja reglerna i förordningen (2017:1180) om förvaltningen av kärnavfallsfondens medel (förvaltningsförordningen).

Fondens marknadsvärde justeras för innevarande år med förväntade in- och utbetalningar samt förväntad avkastning, för att erhålla ett fondsaldo per sista december 2020. För bedömning av förväntad avkastning för helåret 2020 har en bedömning gjorts av Kammarkollegiet i mitten av mars

innevarande år. Kammarkollegiet bedömer i mars 2020 helårs-avkastningen för BAS-portföljen till -0,23 procent och i LÅNG-portföljen till -12,8 procent.

4.1.2 Framtida utbetalningar

En reaktorinnehavares framtida förväntade utbetalningar ur kärnavfallsfonden kan delas in i tre huvudkomponenter. Den första komponenten består av kostnader för aktiviteter som SKB har till uppdrag av reaktorinnehavarna att genomföra, dvs. hantering och slutförvaring av kärntekniska restprodukter. SKB benämner dessa "samkostnader" eftersom kostnaderna delas gemensamt mellan de olika reaktorinnehavarna. Den andra komponenten består av kostnader som är förknippade med aktiviteter för rivning och avveckling av reaktorinnehavarens kärnkraftverk. Reaktorinnehavaren planerar och genomför dessa aktiviteter på egen hand och i underlaget benämns de som "särkostnader". Genom sin roll att utarbeta ett gemensamt kostnadsunderlag så sammanställer SKB de båda komponenterna i Plan 2019, i vad som kallas "den återstående grundkostnaden"¹⁷. Grundkostnaderna står tillsammans för ca 95 procent av de totala kostnaderna. Kostnadsunderlaget sträcker sig från 2021 till dess att programmet förväntas vara avslutat, 2080.

SKB presenterar i Plan 2019 två alternativ för återstående grundkostnad, en som utgår från SKB:s metod för beräkning av reala pris- och löneförändringar och en som utgår från SSM:s riktlinjer för reala pris- och löneförändringar. Efter en granskning av underlaget bedömer Riksgälden att det kostnadsunderlag som benämns "återstående grundkostnad alt. EEF" ska ligga till grund för beräkningarna¹⁸. Kostnader som underlag för beräkning av finansieringsbelopp utgår från "återstående grundkostnad för FB alt. EEF", dvs. den kalkyl som bygger på att driften av reaktorerna avbryts från och med början av nästa avgiftsperiod (2021).

Den tredje komponenten i framtida utbetalningar består av de så kallade merkostnaderna. Med merkostnader menas myndigheternas (samt vissa kommuners och regioners) årliga förväntade kostnader för verksamhet de har till uppdrag att utföra enligt i 4 § 4-9 finansieringslagen. För SSM avses kostnader för avvecklingstillsyn vid rivning kärntekniska anläggningar, övervakning och kontroll av slutförvar, arbete med och information till allmänheten avseende slutförvarsfrågor samt det utvecklings- och forskningsarbete som krävs för att kunna utföra dessa uppgifter. För Kärnavfallsfonden avses kostnader för förvaltning av kapitalet. För Riksgälden avses kostnader för prövning av frågor enligt finansieringslagen. För kommuner och regioner avses kostnader för granskning av slutförvarsansökningar som prövas av mark och miljödomstolen samt information till allmänheten avseende slutförvarsfrågor. I tabell 6 framgår merkostnaderna per respektive reaktorinnehavare. Merkostnaderna har minskat något från tidigare avgiftsberäkning (merkostnaderna beräknades då till 6,8 miljarder kronor för kärnavfallsavgift och 6,6 miljarder kronor för finansieringsbelopp). Merkostnaderna står för resterande 5 procent av de totala kostnaderna.¹⁹

¹⁷ Se avsnitt 2.3 för mer information om SKB:s process med att ta fram den återstående grundkostnaden

¹⁸ Se avsnitt 3.2 samt *Bilaga 1: Granskning av EEF* för redogörelse av Riksgäldens granskning av EEF

¹⁹ Se *Bilaga 4: Beräkning av merkostnader* för mer information om merkostnadsberäkningen.

Tabell 6. Merkostnader per reaktorinnehavare, odiskonterad summa för perioden 2021-2080 (miljoner kronor, 2019-års penningvärde)

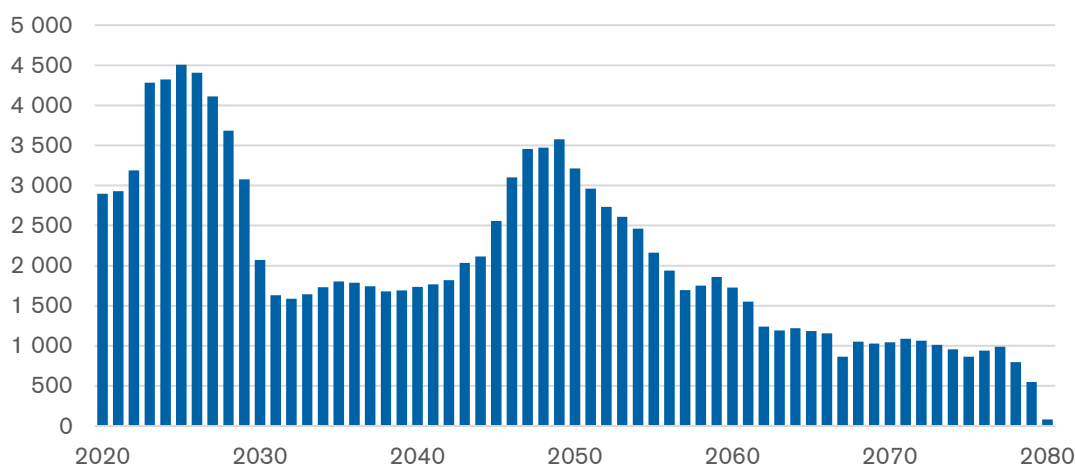
Reaktorinnehavare	För kärnavfallsavgift	För finansieringsbelopp
Forsmarks Kraftgrupp AB	2 128	1 922
OKG AB	1 295	1 210
Ringhals AB	2 160	2 054
Barsebäck kraft AB	545	572
Summa	6 128	5 758

Källa: SSM, Kärnavfallsfonden, Kärnavfallsrådet och egna beräkningar

För att räkna om marknadsvärdet på tillgångarna i kärnavfallsfonden från januari 2020 till januari 2021, så reduceras fondvärdet med en prognos på förväntade utbetalningar under innevarande år. Förväntade utbetalningar till tillståndshavare bedöms baserat på beslutade utbetalningsplaner. Utbetalningsplanerna fördelas sedan ut på reaktorinnehavarna baserat på förväntade utbetalningar enligt Plan 2019 för 2021. Förväntade merkostnader under 2020 bestäms i huvudsak av regeringens beslut om beviljade medel för innevarande år.

I diagram 9 nedan framgår de totala (dvs. grundkostnader och merkostnader) årliga reala förväntade utbetalningarna för alla reaktorinnehavare samlat fram till 2080. Utbetalningarna räknas även upp med förväntad inflation under 2020, vilket bestäms utifrån Konjunkturinstitutets prognos från april samma år. De förväntade utbetalningarna för grundkostnaderna följer av SKB:s metod "stretching".

Diagram 9. Förväntade utbetalningar för samtliga reaktorinnehavare (miljoner kronor)



Prisnivå januari 2019

Källa: SKB och egna beräkningar

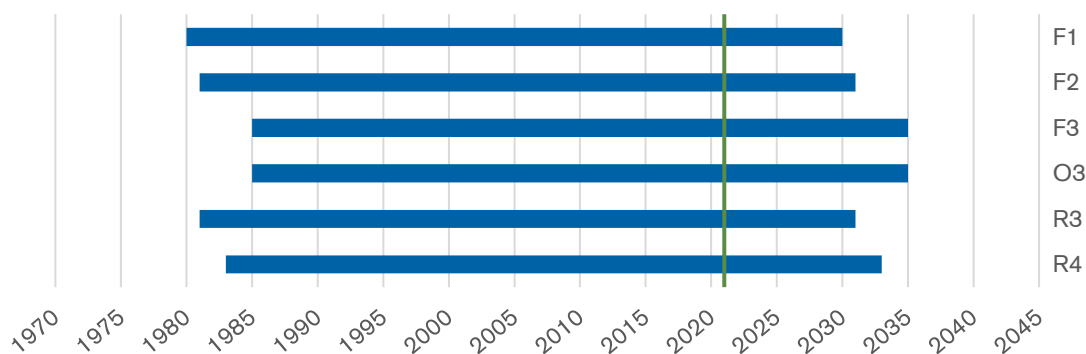
4.1.3 Framtida inbetalningar

De nuvärdesberäknade framtida inbetalningarna från en reaktorinnehavare till kärnavfallsfonden består i praktiken av differensen mellan nuvärdet av reaktorinnehavarens framtida utbetalningar och reaktorinnehavarens andel av de marknadsvärderade tillgångarna i kärnavfallsfonden. För en reaktorinnehavare med avställda reaktorer, dvs. BKAB, räknas avgiftstillgången om till ett årligt belopp fördelat på tre år. För reaktorinnehavare med en eller fler reaktorer i drift fördelas

avgiftstillgången ut på summan av den återstående förväntade elproduktionen för dess reaktorer. Det finns totalt tolv kärnkraftsreaktorer i Sverige, fördelade på fyra kärnkraftverk: Forsmark, Oskarshamn, Ringhals och Barsebäck. Av dessa tolv reaktorer kommer hälften att vara i drift från 2021. Forsmark kommer ha tre reaktorer i drift (F1, F2, F3), Ringhals två (R3 och R4) och Oskarshamn en (O3). Oskarshamn stängde två reaktorer 2015 och 2017 och Ringhals har sedan tidigare stängt R2 vid årsskiftet 2019 och beslutat om stängning av R1 vid årsskiftet 2020. Barsebäck stängde sina två reaktorer (B1 och B2) 1999 respektive 2005.

Reaktorernas drifttider bestäms av 4 § finansieringsförordningen som säger att varje kärnkraftsreaktor som inte är permanent avstängd ska antas ha en total drifttid om 50 år eller åtminstone en återstående drifttid om sex år. Om det finns särskilda skäl att anta att driften kan komma att upphöra vid en tidigare tidpunkt, ska den förväntade drifttiden istället bestämmas utifrån den tidpunkten. I diagram 10 nedan visas uppnådd drifttid från kommersiell start och återstående drifttid för de sex reaktorer som förväntas vara kvar i drift från och med 2021 (grön vertikal linje).

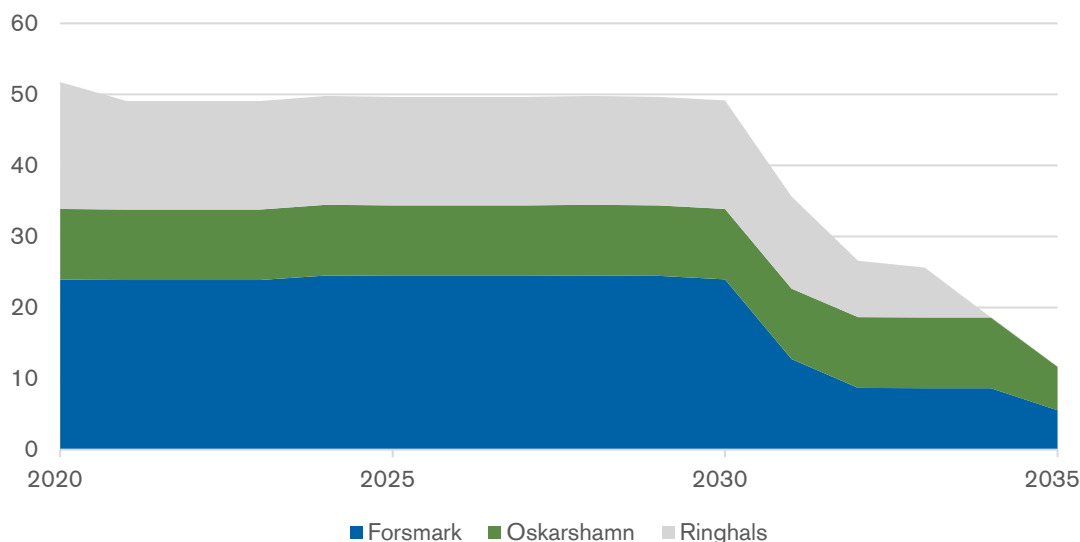
Diagram 10. Drifttid för reaktorer



Källa: egna beräkningar.

Reaktorinnehavarna har i underlaget till Plan 2019 inkommit med prognoser på elproduktion för förväntad återstående drifttid. Baserat på granskning av underlaget bedömer Riksgälden att reaktorinnehavarnas underlag för planerad elproduktion inte ska användas som underlag för beräkning av kärnavfallsavgifter och säkerhetsbelopp. Framtida elproduktion baseras istället på Riksgäldens prognosmodell. Samma prognosmodell användes även vid SSM:s förslag till kärnavfallsavgifter och säkerhetsbelopp för 2018-2020. Metoden bygger på att varje reaktors framtida elproduktion beräknas genom en kombination av historisk tillgänglighetsgrad och expertutlåtande på framtida installerad effekt. Med metoden återfås en total återstående elproduktion på totalt 613 TWh för perioden 2021-2035. För en närmare beskrivning av modellen och Riksgäldens granskning av reaktorinnehavarnas elprognoser hänvisas till avsnitt 3.4 eller *Bilaga 3: Granskning av prognoser för elproduktion vid de svenska kärnkraftverken 2021-2035*. I diagram 11 nedan visas respektive reaktorinnehavares totala årliga förväntade återstående elproduktion med Riksgäldens prognoser.

Diagram 11. Återstående elproduktion per reaktorinnehavare (TWh)



Källa: egna beräkningar.

Riksgäldens bedömning av förväntad elproduktion är lägre än den som reaktorinnehavarna redovisar i Plan 2019. Lägre elproduktion innebär färre radioaktiva restprodukter som bas för kostnadsberäkningarna. Därför behöver grundkostnaderna justeras med en kostnad som motsvarar skillnaden i förväntade restprodukter. I detta syfte har SKB tillhandahållit en tabell som ger en skattning av minskningen av grundkostnaden vid en minskning av elproduktionen i TWh för olika diskonteringsräntor, för de två reaktor-typerna (BWR och PWR). Riksgälden har använt tabellen för att beräkna minskning av grundkostnaderna för respektive tillståndshavare, vilken totalt uppgår till ca 400 miljoner kronor.

4.1.4 Kärnavfallsavgifter och säkerhetsbelopp

Kärnavfallsavgiften ska enligt 7 § finansieringslagen beräknas så att det diskonterade värdet av de förväntade inbetalningarna tillsammans med reaktorinnehavarens andel av kärnavfallsfonden motsvarar det diskonterade värdet av reaktorinnehavarens grundkostnader och merkostnader. Således blir kärnavfallsavgiften en deterministisk beräkning av den avgift som krävs för att avgiftstillgången tillsammans med de marknadsvärderade tillgångarna i kärnavfallsfonden balansera de framtida förväntade utbetalningarna från fonden. För en reaktorinnehavare som har tillstånd för en eller flera kärnkraftsreaktorer som inte är permanent avstängda ska avgiften anges i kronor per levererad kilowattimme el och bestämmas utifrån den mängd el som reaktorinnehavaren kan antas leverera under återstående drifttid. Det återstående finansieringsbehovet fördelas alltså ut på återstående förväntad elproduktion för reaktorinnehavarens samtliga reaktorer. För reaktorinnehavare som inte har reaktorer i drift ska avgiften anges som ett årligt belopp i kronor, med en betalningsperiod om tre år.

Finansieringsbeloppet ska enligt 5 c § finansieringslagen beräknas som skillnaden mellan å ena sidan de förväntade återstående grundkostnaderna och merkostnaderna för de restprodukter som uppkommit då beräkningen görs, å andra sidan reaktorinnehavarens andel i kärnavfallsfonden.

Finansieringsbeloppet bestäms därmed deterministiskt som skillnaden mellan förväntade återstående kostnader under förutsättningen att ingen ytterligare elproduktion sker och de marknadsvärderade tillgångarna i kärnavfallsfonden. Skulden som underlag för beräkning av finansieringsbeloppet är i och med det något lägre än den skuld som används som underlag för beräkning av kärnavfallsavgifter.

4.2 Diskontering av kassaflöden

Grundprincipen vid beräkningarna är att kärnavfallsavgifterna ska sättas så att en reaktorinnehavares tillgångar förväntas räcka för att finansiera reaktorinnehavarens del av omhändertagandet av kärntekniska restprodukter. Under förutsättning att diskonteringsräntan motsvarar Kärnavfallsfondens förväntade avkastning uppnås det om en reaktorinnehavares avgift, i enlighet med 7 § finansieringslagen, bestäms så att det diskonterade värdet av de förväntade avgifterna tillsammans med reaktorinnehavares andel i kärnavfallsfonden motsvarar det diskonterade värdet av reaktorinnehavarens grundkostnader och merkostnader.

Riksgäldens diskonterings- och inflationskurva hämtas från IT-systemet GLASS, som tillhandahålls av Ortec Finance. GLASS och har många olika beräkningsfunktioner som används av kunder från olika branscher, bland annat försäkringsbolag, pensionsfonder, statsägda förmögenhetsfonder och fondförvaltare. Vid föregående avgiftsförslag beräknades kurvorna av Nordea.

4.2.1 Diskonteringsräntekurvans uppbyggnad

I 7 § finansieringslagen anges att diskonteringsräntan ska motsvara den förväntade avkastningen i kärnavfallsfonden. I finansieringsförordningen preciseras det som att diskontering ska ske med en riskfri diskonteringsräntekurva med tillägg av 0,75 procentenheter.

Den riskfria diskonteringsräntekurvan beräknas enligt reglerna för tjänstepensionsbolag som anges i Finansinspektionens föreskrifter FFFS 2019:21. Kurvan utgörs för löptider upp till 10 år av nollkupongräntor för ränteswappar med ett avdrag på 0,15 procentenheter. För löptider över 20 år baseras diskonteringsräntekurvan på en långsiktig terminsränta (Ultimate Forward Rate, UFR). För löptider från 11 till och med 20 år används en sammanvägning av terminsräntor för ränteswappar och UFR med successivt högre vikt för UFR.

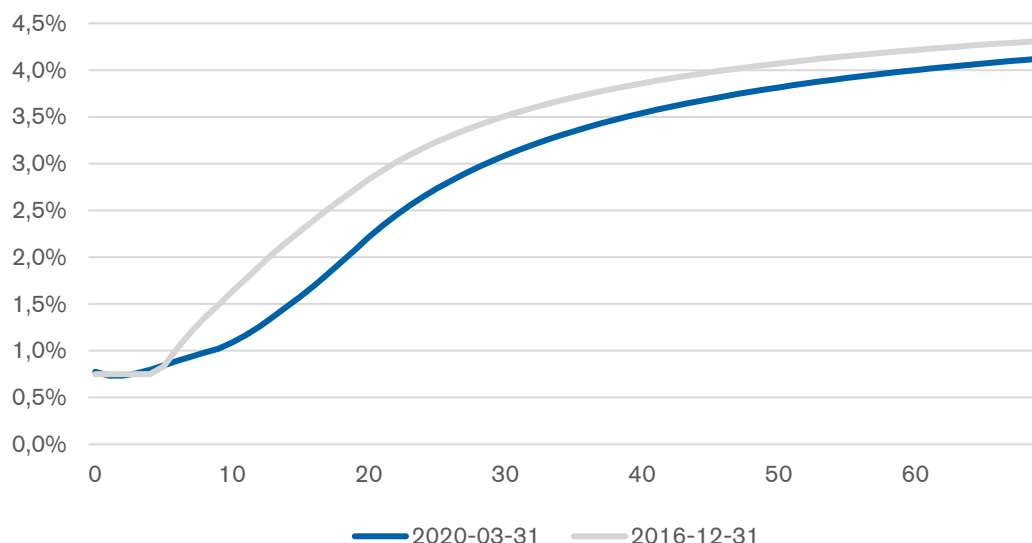
Finansinspektionens revidering av föreskriften i december 2019 innebär att beräkningsmetoderna i huvudsak är desamma som i föregående avgiftsförslag men med två skillnader. För det första har avdraget från swapräntan reducerats från 0,35 till 0,15 procentenheter, vilket leder till att diskonteringsräntekurvan blir något högre. För det andra har det så kallade räntegolvet tagits bort, dvs. att räntor som efter avdrag blev negativa sattes till noll.

UFR beräknas av European Insurance and Occupational Pensions Authority (EIOPA) som förväntad inflation plus genomsnittet av årliga korta realräntor sedan 1961. För 2020 uppgår beräknad UFR för Sverige till 3,55 procent. EIOPA har dock beslutat att UFR inte får sänkas med mer än 0,15 procentenheter per år och den UFR som gäller 2020 är därmed 3,75 procent (EIOPA, 2019). Enligt Finansinspektionens föreskrifter får dock svenska tjänstepensionsbolag under en övergångsperiod använda en metod enligt vilken den långsiktiga terminsräntan successivt fasas in mot EIOPA:s UFR för att inte få en alltför kraftig momentan förändring av diskonteringskurvan till följd av den nya regleringen. Enligt denna metod ligger UFR kvar på 4,2 procent för 2020 och 2021, varefter den successivt viktas mot EIOPA:s beslutade nivå under följande fem år för att vara fullt ut implementerad till 2026. Eftersom värderingstidspunkten infaller innan viktningsmekanismen får

effekt (från 2022) tillämpar Riksgälden i denna avgiftsberäkning en UFR på 4,2 procent i enlighet med Finansinspektionens föreskrifter.

Diskonteringsräntekurvorna från sista mars 2020 samt diskonteringsräntekurvan från sista december 2016 visas i diagram 12 nedan.

Diagram 12. Nominella diskonteringsräntekurvor 2020-03-31 och 2016-12-31



Källa: Ortec GLASS och Nordea

4.2.2 Inflation och inflationskurvans uppbyggnad

De framtida kassaflödena för utbetalningarna är reala, dvs. de har inte räknats upp med den förväntade inflationen mätt som konsumentprisindex, medan diskonteringsräntekurvan är nominell, dvs. inkluderar framtida förväntad inflation. I förra avgiftsförslaget diskonterades de reala kassaflödena med en real diskonteringsräntekurva som beräknades genom att dra bort den förväntade inflationen enligt följande ekvation:

$$r_t^{real} = \frac{1 + r_t^{nominell}}{1 + \pi_t} - 1$$

Där r_t^{real} är den reala diskonteringsräntan, $r_t^{nominell}$ den nominella diskonteringsräntan och π_t inflationen, samtliga för löptid t .

I detta avgiftsförslag räknas i stället de reala kassaflödena om till nominella på följande sätt:

$$Kassaflöde_t^{Nominellt} = Kassaflöde_t^{Realt} \cdot (1 + \pi_t)$$

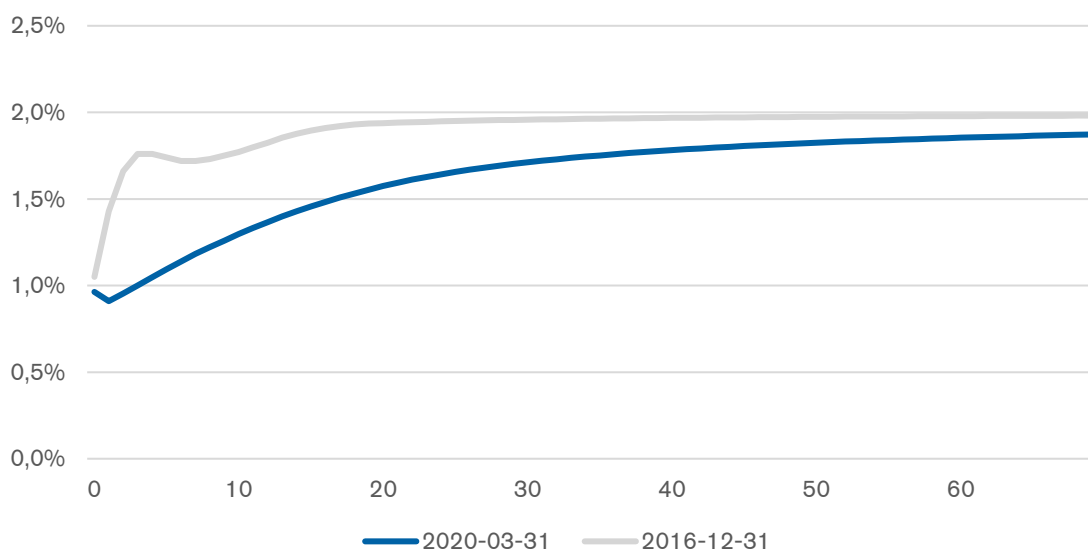
Där t är det år kassaflödet antas inträffa och π_t inflationen för motsvarande löptid.

När de nominella kassaflödena diskonteras med den nominella diskonteringsräntekurvan blir de nuvärdesberäknade kostnaderna, dvs. skulderna i tillståndshavarens balansräkning, exakt lika stora som om de reala kassaflödena hade diskonterats med en real diskonteringsräntekurva. Motivet för att ändra beräkningen från reala till nominella storheter är att efterleva bestämmelserna i 3 §

finansieringsförordningen, nämligen att grundkostnader och merkostnader ska räknas om från fast till löpande penningvärde baserat på en inflationskurva.

Inflationskurvan beräknas enligt samma principer som den nominella riskfria diskonteringsräntekurvan. Inflationen för löptider upp till 10 år utgörs av skillnaden i förväntad avkastning för nominella och reala statsobligationer, den s.k. Break Even-Inflationen (BEI). Den långsiktiga årliga inflationen (terminsinflationen) förväntas bli 2,0 procent, enligt Riksbankens inflationsmål och används för löptider över 20 år. För löptider från 11 till 20 år beräknas den förväntade terminsinflationen genom en sammanvägning av terminsinflation enligt BEI och den långsiktiga terminsinflationen på motsvarande sätt som vid beräkning av den riskfria diskonteringsräntekurvan. Inflationskurvan per sista mars 2020 och sista december 2016 framgår av diagram 13 nedan.

Diagram 13. Inflationskurvor 2020-03-31 och 2016-12-31



Källa: Ortec GLASS och Nordea.

5 Kärnavfallsavgifter och finansieringsbelopp

I detta avsnitt framgår Riksgäldens förslag på kärnavfallsavgifter och finansieringsbelopp för respektive tillståndshavare. Finansieringssystemets ställning och principerna för beräkningen redovisas, vartefter förändringarna gentemot nuvarande avgifter och säkerheter förklaras. Vidare presenteras balansräkningar och beräkningar av avgifter och finansieringsbelopp för respektive tillståndshavare, följt av en känslighetsanalys för hur avgifter och finansieringsbelopp påverkas av de viktigaste inputparametrarna i beräkningen.

5.1 Förslag till kärnavfallsavgifter och finansieringsbelopp för 2021

Kärnavfallsavgifter och finansieringsbelopp beräknas för respektive tillståndshavare enligt de principer som beskrivits i föregående kapitel, vilket för finansieringssystemet som helhet resulterar i följande balansräkning och förväntade utveckling över tid.

Diagram 14. Finansieringssystemets förväntade balansräkning 2020-12-31

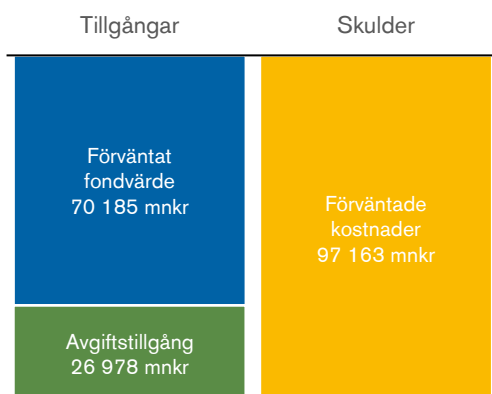
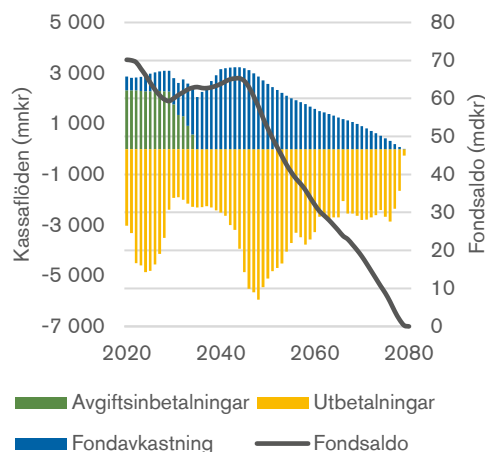


Diagram 15. Finansieringssystemets förväntade kassaflöden och fondsaldo över tid



Källa: egna beräkningar.

Nuvärdet av de återstående förväntade kostnaderna för samtliga tillståndshavares åtaganden beräknas till 97,2 miljarder kronor medan fondens värde förväntas uppgå till 70,2 miljarder kronor. Följaktligen uppstår ett återstående finansieringsbehov om 27,0 miljarder kronor som behöver finansieras med kärnavfallsavgifter.

Tabell 7. Förslag på kärnavfallsavgifter och finansieringsbelopp för 2021

Tillståndshavare	Kärnavfallsavgift	Finansieringsbelopp
Forsmark Kraftgrupp AB	3,4 öre/kWh (3,3 öre/kWh)	7 518 mnkr (8 528 mnkr)
OKG AB	6,3 öre/kWh (6,4 öre/kWh)	7 770 mnkr (8 771 mnkr)
Ringhals AB	5,4 öre/kWh (5,2 öre/kWh)	8 297 mnkr (10 264 mnkr)
Barsebäck Kraft AB	54 mnkr/år (543 mnkr/år)	185 mnkr (1 591 mnkr)

Not: Nuvarande avgifter och finansieringsbelopp för perioden 2018-2020 inom parentes.

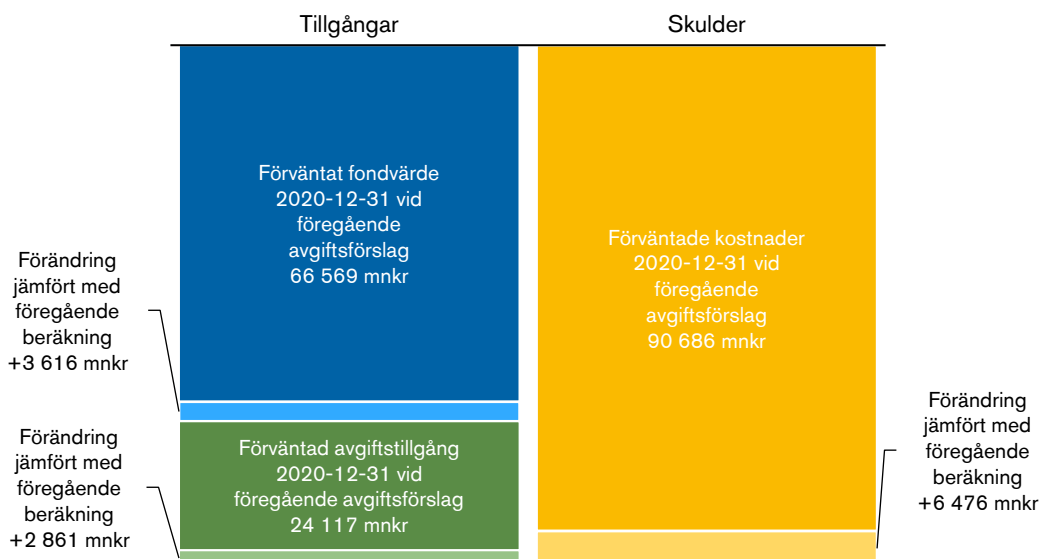
Som framgår ovan är skillnaderna mot nuvarande avgiftsnivåer förhållandevis små för tillståndshavare som har reaktorer i drift medan Barsebäcks fasta årliga avgift sjunker med 90 procent. Detta har sin förklaring i att avgiften för en tillståndshavare utan aktiv elproduktion ska betala in hela det återstående finansieringsbehovet över de kommande tre åren, vilket betyder att den förväntade avgiften för nästkommande avgiftsperiod alltid är noll för Barsebäck. Att Barsebäck inte får en nollavgift förklaras av att finansieringsbehovet ökat sedan föregående avgiftsberäkning.

Finansieringsbeloppen sjunker från nuvarande nivåer för samtliga tillståndshavare vilket också är förväntat. I takt med att avgifter betalas in och fonden byggs upp mot full finansiering av de förväntade återstående kostnaderna kommer finansieringsbehovet (avgiftstillgången) successivt att minska i storlek för att gå mot noll när elproduktionen upphör.

5.2 Förklaring av förändringar av avgifter och finansieringsbelopp

För att förklara förändringen i de föreslagna kärnavfallsavgifterna gentemot nuvarande nivåer redovisas den aggregerade balansräkning som prognosticerades för utgången av 2020 vid föregående förslag på avgifter och säkerheter för 2018-2020, jämte de förändringar som skett jämfört med den aktuella beräkningen för perioden 2021-2023. Detta görs genom att rulla fram finansieringssystemets balansräkning från det föregående avgiftsförslaget i tre år med de indata och antaganden som användes i beräkningen av avgifter för perioden 2018-2020. På så sätt kan vi analysera hur komponenterna i balansräkningen utvecklats jämfört med vad som förväntades vid föregående avgiftsförslag, vilket även kan förklara eventuella skillnader i avgifter och säkerheter.

Diagram 16. Förändring av den totala balansräkningen 2020-12-31 gentemot prognosen vid föregående avgiftsberäkning



Källa: egna beräkningar.

Som framgår av diagrammet ovan har samtliga komponenter i balansräkningen förändrats relativt kraftigt jämfört med förväntansbilden vid föregående avgiftsförslag, samtidigt som skillnaderna i kärnavfallsavgifterna är små för tillståndshavare med aktiv elproduktion. Detta förklaras dels av hur de olika delarna i balansräkningen har förändrats relativt varandra, dels av förändringar i den förväntade återstående elproduktionen samt skillnader i diskonteringskurvan.

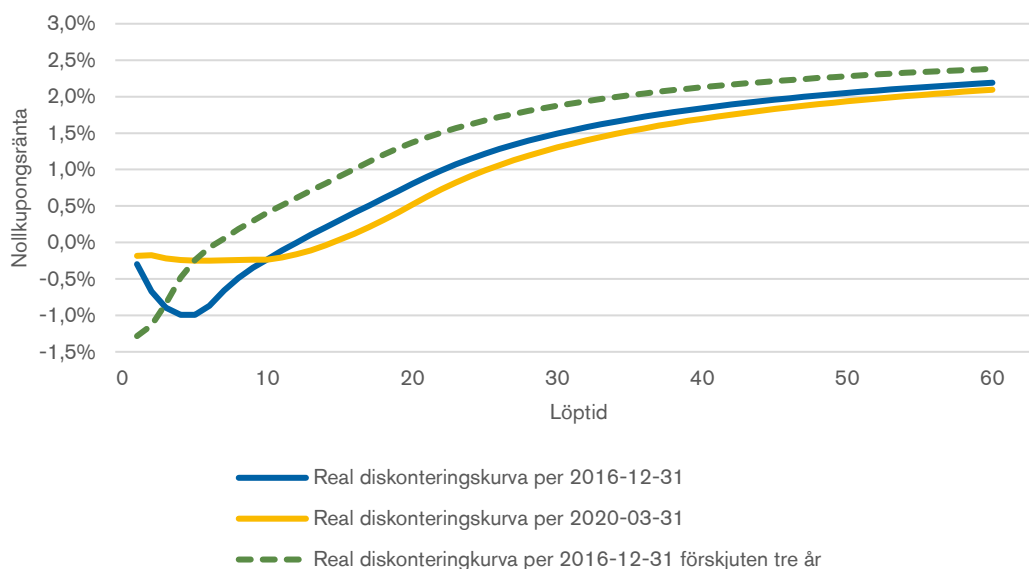
Bedömningen av det förväntade fondvärdet vid utgången av december 2020 ökar med 3 616 miljoner kronor jämfört med prognosen vid föregående avgiftsförslag. Detta förklaras dels av att den realiserade elproduktionen 2017-2019 varit ca 11 procent högre än prognos för tillståndshavarna aggregerat²⁰. Detta innebär att högre avgifter än vad som förväntades har betalats in till kärnavfallsfonden under perioden 2017-2019 medan de prognosticerade inbetalningarna för 2020 är i linje med tidigare prognos. Vidare har utbetalningarna 2017-2019 sammantaget varit en tredjedel lägre än vad som förväntades vid föregående avgiftsberäkning, vilket beror på lägre än förväntade utfall för både grundkostnader och merkostnader. Samtidigt har fonden under perioden 2017-2019 avkastat bättre än förväntat med en ackumulerad avkastning om 8,5 procent för fonden som helhet²¹ vilket kan jämföras med 2,3 procent om fonden avkastat enligt diskonteringskurvan vid föregående avgiftsförslag. Denna överavkastning förväntas dock till stor del motverkas av den prognosticerade negativa avkastningen för kärnavfallsfonden under 2020. Sammantaget bidrar alla

²⁰ Forsmark 8,0 procent, Oskarshamn 6,6 procent och Ringhals 15,3 procent bättre än prognos för perioden 2017-2019.

²¹ Tillståndshavare äger varierande andelar av BAS- respektive LÅNG-portföljen vilket gör att den realiserande avkastningen för varje individuell tillståndshavare skiljer från fondens totala avkastning.

dessas faktorer till att öka fondvärdet jämfört med vad som förväntades vid den föregående avgiftsberäkningen.

Diagram 17. Förändringar av real diskonteringskurva jämfört med föregående avgiftsförslag



Källa: Nordea, Ortec GLASS, egna beräkningar.

Bedömningen av (nuvärdet av) de återstående förväntade kostnaderna för 2021 och framåt har ökat med 6 476 miljoner kronor jämfört med vad som förväntades vid föregående avgiftsförslag, vilket motsvarar en ökning om 7,1 procent. Ökningen förklaras dels av en real ökning om 1,7 procent i bedömningen av återstående förväntade kostnader, där grundkostnaderna ökat med 2,1 procent medan merkostnaderna sjunkit med 4,6 procent jämfört med vad som prognosticerades vid föregående avgiftsförslag. Att de nuvärdesberäknade återstående kostnaderna ökar betydligt mer än de reala kostnaderna förklaras av en i genomsnitt lägre real diskonteringskurva jämfört med vad som förväntades vid föregående avgiftsförslag²². Att bedömningen av de reala förväntade framtida kostnaderna har ökat samtidigt som utfallet för de senaste tre åren varit lägre än förväntat vittnar om en förskjutning i tid av kostnaderna för kärnavfallsprogrammet.

Nettoeffekten av att de förväntade kostnaderna ökar mer än fondvärdet är att det återstående finansieringsbehovet (avgiftstillgången) för finansieringssystemet som helhet ökar med 2 861 miljoner kronor jämfört med prognos. Givet oförändrad elproduktion hade detta inneburit behov av höjda avgifter. Emellertid förväntas den återstående elproduktionen från 2021 och framåt öka med 2,1 procent jämfört med prognosen som gjordes vid föregående avgiftsberäkning. Detta är framförallt en konsekvens av att ny utfallsdata, med högre realiserad elproduktion, får genomslag i Riksgäldens bedömning av den framtida tillgängligheten i reaktorerna. SSM:s bedömning av framtida installerad effekt i reaktorerna har även justerats upp något jämfört med föregående period. Till detta tillkommer diskonteringseffekter till följd av en ny diskonteringskurva (se återigen ovan

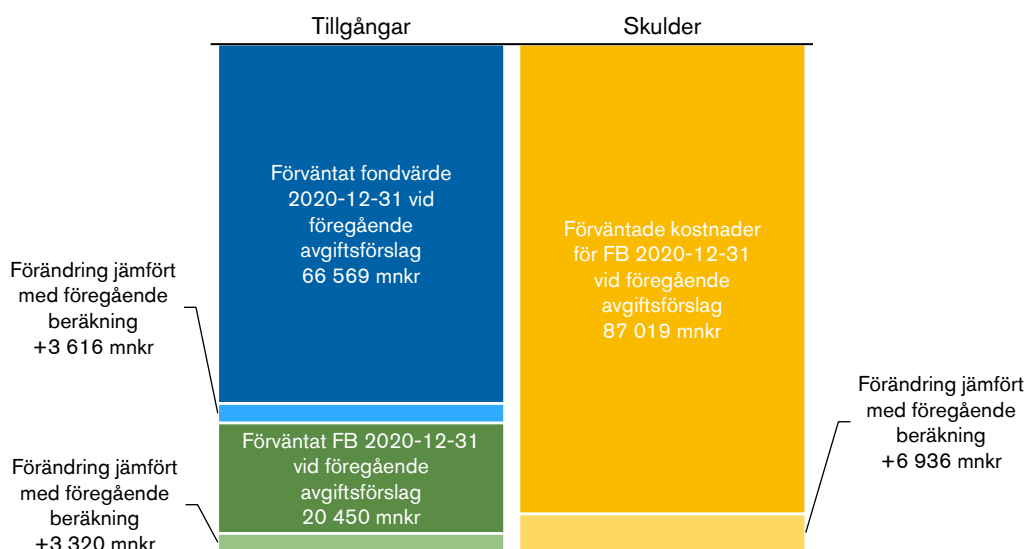
²² Illustreras av den streckade gröna räntekurvan i diagrammet som beräknats genom att den förväntade terminsavkastningen förskjutits i 3 år från föregående avgiftsförslag och räknats om till en ny nollkupongskurva.

diagram 17) som innebär att *nuvärdet* av den återstående elproduktionen ökar med 9,3 procent jämfört med prognos. Värdet av den högre förväntade elproduktionen har en dämpande effekt vilket förklarar varför avgifterna inte behöver höjas nämnvärt trots att finansieringsbehovet ökat relativt kraftigt.

Avgiften för Barsebäck skiljer sig från tillståndshavare med reaktorer i drift i det att den sätts till den fasta avgift i kronor som krävs för att under den kommande treåriga avgiftsperioden stänga finansieringsgapet och göra Barsebäcks åtaganden fullt finansierade. Givet att finansieringsbehovet inte ökar så kommer Barsebäck vid nästa avgiftsförslag att få nollavgift, även om föreliggande avgiftsberäkning illustrerar ett sannolikt scenario där avgiftsbehovet även fortsättningsvis kommer att variera över tid på grund av förändringar i kostnadsutvecklingen, fondens avkastning och utvecklingen på räntemarknaderna som gör att diskonteringskurvan varierar över tid.

Vad gäller finansieringsbeloppen sjunker de jämfört med nuvarande nivåer men ökar relativt kraftigt jämfört med de finansieringsbelopp som prognosticerades vid föregående avgiftsberäkning. Som redan noterats är det förväntade scenariot att finansieringsbeloppen sjunker över tid, i takt med att perioden för avgiftsinbetalningar upphör och att fonden går mot full finansiering av de förväntade åtagandena. Nuvärdet av de förväntade kostnaderna för finansieringsbeloppen med 6,9 miljarder kronor samtidigt som fondvärdet bara ökar med 3,6 miljarder kronor, vilket innebär att finansieringsbeloppen aggregerat ökat med 3,3 miljarder kronor jämfört med vad som förväntades vid föregående avgiftsberäkning.

Diagram 18. Förändring av balansräkning 2020-12-31 gentemot prognosen vid föregående beräkning av finansieringsbelopp



Källa: egna beräkningar.

Sammantaget är det alltså förändringar i ett flertal parametrar som förklarar att avgifterna kan hållas på en relativt konstant nivå. Balansräkningen har ökat i omslutning jämfört med vad som förväntades

vid föregående avgiftsberäkning: värdet av både de förväntade framtida kostnaderna och fondvärdet ökat, där kostnaderna i nuvärdestermener ökat snabbare än fondvärdet. Detta förklaras delvis av en real ökning av kostnaderna i kärnavfallsprogrammet men framförallt av diskonteringseffekter som beror av förändringar i räntekurvan men även att kostnaderna förflyttats i tid vilket påverkar nuvärdesberäkningen. En elproduktion som reviderats upp tillsammans med diskonteringseffekter även på tillgångssidan har en dämpad effekt på avgifterna.

Många av de inputparametrar som har stor effekt på avgiftsberäkningen är för närvarande volatila på grund av det rådande marknadsläget till följd av Covid-19-pandemin, vilket innebär att avgiftsberäkningarna är förknippade med större osäkerhet än normalt. I följande avsnitt genomförs därför känslighetsanalyser med avseende på de viktigaste inputparametrarna och hur en variation av dem skulle påverka nivån på kärnavfallsavgifter och säkerheter.

5.3 Forsmarks Kraftgrupp AB

Diagram 19. Forsmark – förväntad balansräkning 2020-12-31

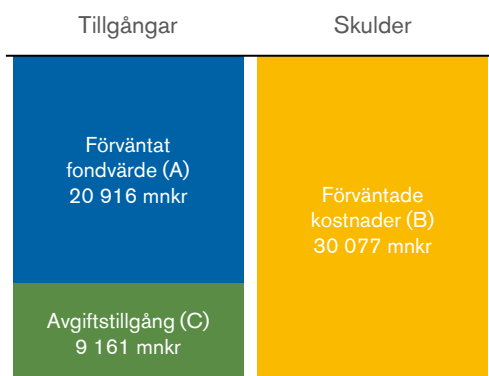
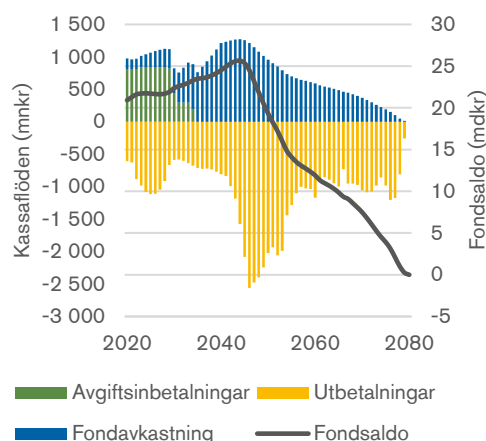


Diagram 20. Forsmark - förväntade kassaflöden och fondsaldo över tid



Tabell 8. Kärnavfallsavgift, finansieringsbelopp och skillnad mot föregående beräkning

Komponenter i beräkningen	2020-12-31	2017-12-31	Förändring (%)
Förväntat fondvärde (A)	20 916 mnkr	19 057 mnkr	10 %
Förväntade kostnader ¹	40 779 mnkr	40 027 mnkr	2 %
Diskonterade förväntade kostnader (B)	30 077 mnkr	29 182 mnkr	3 %
Avgiftstillgång (C = B - A)	9 161 mnkr	10 125 mnkr	-10 %
Förväntad återstående elproduktion	287 TWh	346 TWh	-17 %
Diskonterad förväntad elproduktion (D)	269 TWh	306 TWh	-12 %
Kärnavfallsavgift (= C / D)	3,4 öre/kWh	3,3 öre/kWh	3 %
Förväntade kostnader för finansieringsbelopp ^{1,2}	37 303 mnkr	36 150 mnkr	3 %
Diskonterade förväntade kostnader för finansieringsbelopp (E)	28 434 mnkr	27 585 mnkr	3 %
Finansieringsbelopp (= E - A)	7 518 mnkr	8 528 mnkr	-12 %

Not: ¹ Kostnader i prisnivå vid värderingstillfället. ² Finansieringsbeloppet beaktar till skillnad från kärnavfallsavgifter enbart kostnader för redan upparbetat avfall vid värderingsdagen.

Källa: SKB och egna beräkningar.

5.3.1 Känslighetsanalys – Forsmark Kraftgrupp AB

Förväntad avkastning

Den förväntade avkastningen stressas ± 100 baspunkter genom att förändra avkastningen lika för alla löptider, det vill säga ett parallellt skift av hela diskonteringskurvan från 2021 och alla år framåt.

Tabell 9. Forsmark - känslighet för antaganden om förväntad avkastning

Skillnad jämfört med diskonteringskurva	-1,00 %	-0,50 %	-0,25 %	0,00 %	0,25 %	0,50 %	1,00 %
Avgift (öre/KWh)	5,8	4,6	4,0	3,4	2,9	2,4	1,4
Finanseringsbelopp (mnkr)	14 310	10 659	9 030	7 518	6 113	4 805	2 454

Fondvärde vid värderingsdag

I skrivande stund är marknaderna mycket volatila, vilket gör beräkningarna mer känsliga än vanligt för prognosen av fondvärdets utveckling under innevarande år. Fondavkastningen under 2020 stressas med ± 15 procent jämfört med den avkastningsprognos som Kammarkollegiet gjort för helåret 2020.

Tabell 10. Forsmark - känslighet för prognos av fondvärdet fram till värderingsdagen

Skillnad jämfört med prognos	-15 %	-10 %	-5 %	0 %	5 %	10 %	15 %
Avgift (öre/KWh)	4,6	4,2	3,8	3,4	3,0	2,6	2,2
Finanseringsbelopp (mnkr)	10 655	9 610	8 564	7 518	6 472	5 426	4 381

Förväntad elproduktion

Den förväntade elproduktionen stressas med ± 15 procent för alla år jämfört med Riksgäldens prognos.

Tabell 11. Forsmark - känslighet för prognosticerad elproduktion

Skillnad jämfört med prognos	-15 %	-10 %	-5 %	0 %	5 %	10 %	15 %
Avgift (öre/KWh)	4,0	3,8	3,6	3,4	3,2	3,1	3,0
Finanseringsbelopp (mnkr)	7 518	7 518	7 518	7 518	7 518	7 518	7 518

Förväntade kostnader

De förväntade grundkostnaderna stressas med -20 procent till +40 procent för alla år jämfört med prognos²³.

Tabell 12. Forsmark - känslighet för prognosticerade grundkostnader

Skillnad jämfört med prognos	-20 %	-10 %	0 %	10 %	20 %	30 %	40 %
Avgift (öre/KWh)	1,3	2,3	3,4	4,5	5,5	6,6	7,7
Finanseringsbelopp (mnkr)	2 126	4 822	7 518	10 214	12 910	15 605	18 301

²³ Att känslighetsanalysen är asymmetrisk reflekterar högerskevheten i kostnadsfördelningen, dvs. att det bedöms som mer sannolikt att kostnadsutfallet blir högre än lägre jämfört med förväntansbilden.

5.4 OKG AB

Diagram 21. OKG – förväntad balansräkning 2020-12-31

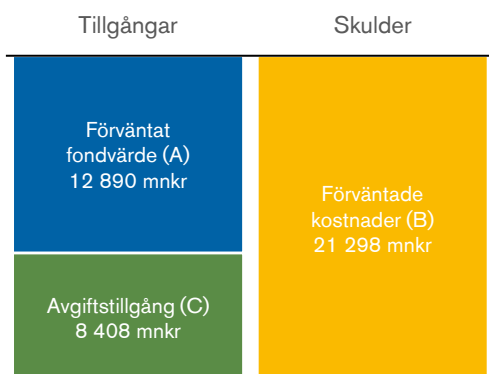
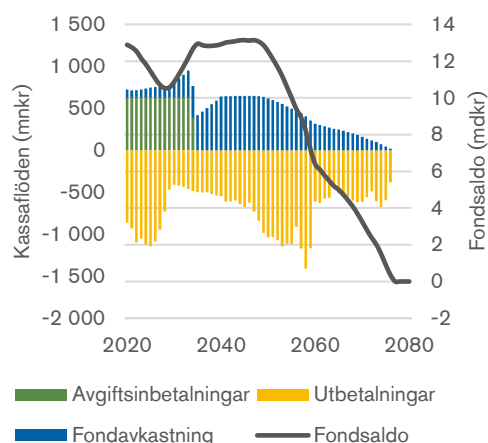


Diagram 22. OKG - förväntade kassaflöden och fondsaldo över tid



Tabell 13. Kärnavfallsavgift, finansieringsbelopp och skillnad mot föregående beräkning

Komponenter i beräkningen	2020-12-31	2017-12-31	Differens (%)
Förväntat fondvärde (A)	12 890 mnkr	12 900 mnkr	0 %
Förväntade kostnader ¹	27 213 mnkr	28 435 mnkr	-4 %
Diskonterade förväntade kostnader (B)	21 298 mnkr	22 414 mnkr	-5 %
Avgiftstillgång (C = B - A)	8 408 mnkr	9 514 mnkr	-12 %
Förväntad återstående elproduktion	145 TWh	174 TWh	-16 %
Diskonterad förväntad elproduktion (D)	134 TWh	149 TWh	-10 %
Kärnavfallsavgift (= C / D)	6,3 öre/kWh	6,4 öre/kWh	-2 %
Förväntade kostnader för finansieringsbelopp ²	25 773 mnkr	26 569 mnkr	-3 %
Diskonterade förväntade kostnader för finansieringsbelopp (E)	20 660 mnkr	21 671 mnkr	-5 %
Finansieringsbelopp (= E - A)	7 770 mnkr	8 771 mnkr	-11 %

Not: ¹ Kostnader i prisnivå vid värderingstillfället. ² Finansieringsbeloppet beaktar till skillnad från kärnavfallsavgifter enbart kostnader för redan upparbetat avfall vid värderingsdagen.

Källa: SKB och egna beräkningar.

5.4.1 Känslighetsanalys – OKG AB

Förväntad avkastning

Den förväntade avkastningen stressas ± 100 baspunkter genom att förändra avkastningen lika för alla löptider, det vill säga ett parallellt skift av hela diskonteringskurvan från 2021 och alla år framåt.

Tabell 14. OKG - känslighet för antaganden om förväntad avkastning

Skillnad jämfört med diskonteringskurva	-1,00 %	-0,50 %	-0,25 %	0,00 %	0,25 %	0,50 %	1,00 %
Avgift (öre/KWh)	8,9	7,5	6,9	6,3	5,7	5,1	4,1
Finanseringsbelopp (mnkr)	11 895	9 682	8 692	7 770	6 911	6 110	4 663

Fondvärde vid värderingsdag

I skrivande stund är marknaderna mycket volatila, vilket gör beräkningarna mer känsliga än vanligt för prognosen av fondvärdets utveckling under innevarande år. Fondavkastningen under 2020 stressas med ± 15 procent jämfört med den prognos som Kammarkollegiet gjort för helåret 2020.

Tabell 15. OKG - känslighet för prognos av fondvärdet fram till värderingsdagen

Skillnad jämfört med prognos	-15 %	-10 %	-5 %	0 %	5 %	10 %	15 %
Avgift (öre/KWh)	7,7	7,2	6,8	6,3	5,8	5,3	4,8
Finanseringsbelopp (mnkr)	9 703	9 059	8 414	7 770	7 125	6 481	5 836

Förväntad elproduktion

Den förväntade elproduktionen stressas med ± 15 procent för alla år jämfört med Riksgäldens prognos.

Tabell 16. OKG - känslighet för prognosticerad elproduktion

Skillnad jämfört med prognos	-15 %	-10 %	-5 %	0 %	5 %	10 %	15 %
Avgift (öre/KWh)	7,4	7,0	6,6	6,3	6,0	5,7	5,5
Finanseringsbelopp (mnkr)	7 770	7 770	7 770	7 770	7 770	7 770	7 770

Förväntade kostnader

De förväntade grundkostnaderna stressas med -20 procent till +40 procent för alla år jämfört med prognos.

Tabell 17. OKG - känslighet för prognosticerade grundkostnader

Skillnad jämfört med prognos	-20 %	-10 %	0 %	10 %	20 %	30 %	40 %
Avgift (öre/KWh)	3,2	4,8	6,3	7,8	9,3	10,9	12,4
Finanseringsbelopp (mnkr)	3 828	5 799	7 770	9 741	11 712	13 683	15 654

5.5 Ringhals AB

Diagram 23. Ringhals – förväntad balansräkning 2020-12-31

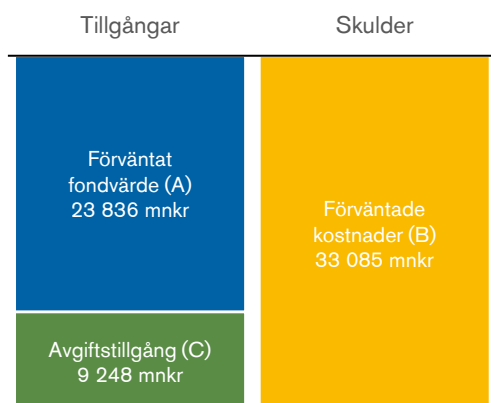
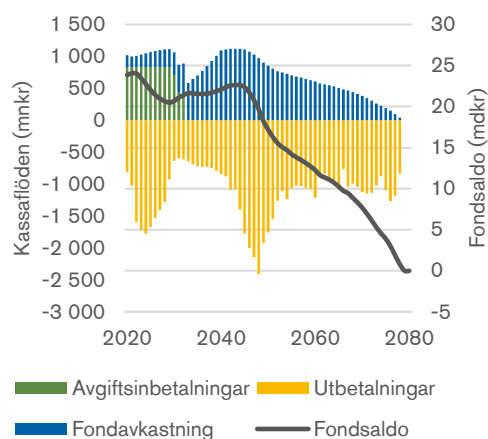


Diagram 24. Ringhals – förväntade kassaflöden och fondsaldon över tid



Tabell 18. Kärnavfallsavgift, finansieringsbelopp och skillnad mot föregående beräkning

Komponenter i beräkningen	2020-12-31	2017-12-31	Differens (%)
Förväntat fondvärde (A)	23 836 mnkr	20 814 mnkr	15 %
Förväntade kostnader ¹	42 993 mnkr	42 014 mnkr	2 %
Diskonterade förväntade kostnader (B)	33 085 mnkr	32 308 mnkr	2 %
Avgiftstillgång (C = B - A)	9 248 mnkr	11 494 mnkr	-20 %
Förväntad återstående elproduktion	181 TWh	246 TWh	-27 %
Diskonterad förväntad elproduktion (D)	170 TWh	221 TWh	-23 %
Kärnavfallsavgift (= C / D)	5,4 öre/kWh	5,2 öre/kWh	5 %
Förväntade kostnader för finansieringsbelopp ²	40 817 mnkr	38 846 mnkr	5 %
Diskonterade förväntade kostnader för finansieringsbelopp (E)	32 134 mnkr	31 078 mnkr	3 %
Finansieringsbelopp (= E - A)	8 297 mnkr	10 264 mnkr	-19 %

Not: ¹ Kostnader i prisnivå vid värderingstillfället. ² Finansieringsbeloppet beaktar till skillnad från kärnavfallsavgifter enbart kostnader för redan upparbetat avfall vid värderingsdagen.

Källa: SKB och egna beräkningar.

5.5.1 Känslighetsanalys – Ringhals AB

Förväntad avkastning

Den förväntade avkastningen stressas ± 100 baspunkter genom att förändra avkastningen lika för alla löptider, det vill säga ett parallellt skift av hela diskonteringskurvan från 2021 och alla år framåt.

Tabell 19. Ringhals - känslighet för antaganden om förväntad avkastning

Skillnad jämfört med diskonteringskurva	-1,00 %	-0,50 %	-0,25 %	0,00 %	0,25 %	0,50 %	1,00 %
Avgift (öre/KWh)	9,1	7,2	6,3	5,4	4,6	3,9	2,4
Finanseringsbelopp (mnkr)	15 106	11 449	9 815	8 297	6 885	5 569	3 196

Fondvärde vid värderingsdag

I skrivande stund är marknaderna mycket volatila, vilket gör beräkningarna mer känsliga än vanligt för prognosen av fondvärdets utveckling under innevarande år. Fondavkastningen under 2020 stressas med ± 15 procent jämfört med den prognos som Kammarkollegiet gjort för helåret 2020.

Tabell 20. Ringhals - känslighet för prognos av fondvärdet fram till värderingsdagen

Skillnad jämfört med prognos	-15 %	-10 %	-5 %	0 %	5 %	10 %	15 %
Avgift (öre/KWh)	7,5	6,8	6,1	5,4	4,7	4,0	3,3
Finanseringsbelopp (mnkr)	11 873	10 681	9 489	8 297	7 106	5 914	4 722

Förväntad elproduktion

Den förväntade elproduktionen stressas med ± 15 procent för alla år jämfört med Riksgäldens prognos.

Tabell 21. Ringhals - känslighet för prognosticerad elproduktion

Skillnad jämfört med prognos	-15 %	-10 %	-5 %	0 %	5 %	10 %	15 %
Avgift (öre/KWh)	6,4	6,0	5,7	5,4	5,2	4,9	4,7
Finanseringsbelopp (mnkr)	8 297	8 297	8 297	8 297	8 297	8 297	8 297

Förväntade kostnader

De förväntade grundkostnaderna stressas med -20 procent till +40 procent för alla år jämfört med prognos.

Tabell 22. Ringhals - känslighet för prognosticerade kostnader

Skillnad jämfört med prognos	-20 %	-10 %	0 %	10 %	20 %	30 %	40 %
Avgift (öre/KWh)	1,7	3,6	5,4	7,3	9,2	11,0	12,9
Finanseringsbelopp (mnkr)	2 187	5 242	8 297	11 353	14 408	17 463	20 519

5.6 Barsebäck Kraft AB

Diagram 25. Barsebäck - förväntad balansräkning 2020-12-31

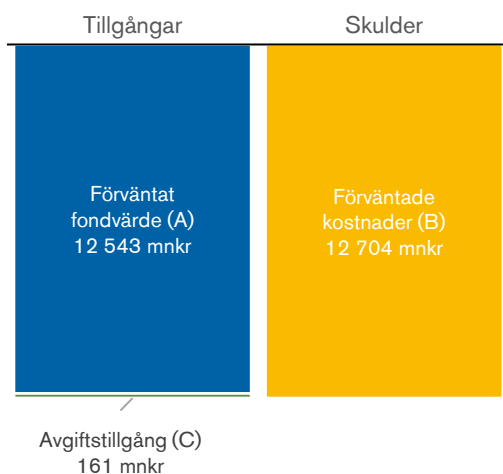
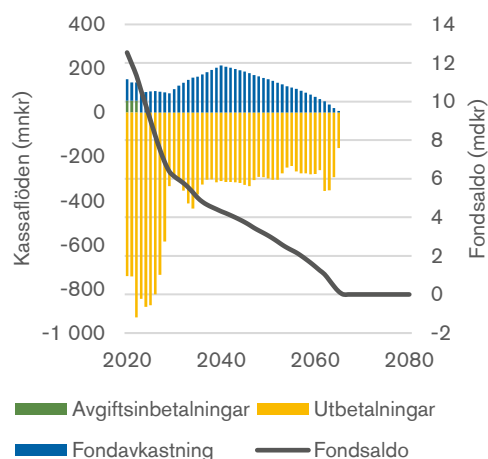


Diagram 26. Barsebäck – förväntade kassaflöden och fondsaldo över tid



Tabell 23. Kärnavfallsavgift, finansieringsbelopp och skillnad mot föregående beräkning

Komponenter i beräkningen	2020-12-31	2017-12-31	Differens (%)
Förväntat fondvärde (A)	12 543 mnkr	12 152 mnkr	3 %
Förväntade kostnader ¹	14 173 mnkr	15 482 mnkr	-8 %
Diskonterade förväntade kostnader (B)	12 704 mnkr	13 756 mnkr	-8 %
Avgiftstillgång (C = B - A)	161 mnkr	1 604 mnkr	-90 %
Förväntad återstående elproduktion	0 TWh	0 TWh	e.t.
Diskonterad förväntad elproduktion (D)	0 TWh	0 TWh	e.t.
Kärnavfallsavgift³	54 mnkr/år	543 mnkr/år	-90 %
Förväntade kostnader för finansieringsbelopp ²	14 203 mnkr	15 431 mnkr	-8 %
Diskonterade förväntade kostnader för finansieringsbelopp (E)	12 728 mnkr	13 743 mnkr	-7 %
Finansieringsbelopp (= E - A)	185 mnkr	1 591 mnkr	-88 %

Not: ¹ Kostnader i prisnivå vid värderingstillfället. ² Finansieringsbeloppet beaktar till skillnad från kärnavfallsavgifter enbart kostnader för redan upparbetat avfall vid värderingsdagen. ³ Barsebäck har inga reaktorer i drift och betalar därför en fast årlig kärnavfallsavgift baserat på en treårig inbetalningstid.
Källa: SKB och egna beräkningar.

5.6.1 Känslighetsanalys – Barsebäck Kraft AB

Förväntad avkastning

Den förväntade avkastningen stressas ± 100 baspunkter genom att förändra avkastningen lika för alla löptider, det vill säga ett parallellt skift av hela diskonteringskurvan från 2021 och alla år framåt.

Tabell 24. Barsebäck - känslighet för antaganden om förväntad avkastning

Skillnad jämfört med diskonteringskurva	-1,00 %	-0,50 %	-0,25 %	0,00 %	0,25 %	0,50 %	1,00 %
Avgift (mkr/år)	652	339	193	54	0	0	0
Finanseringsbelopp (mnkr)	1 995	1 037	599	185	0	0	0

Fondvärde vid värderingsdag

I skrivande stund är marknaderna mycket volatila, vilket gör beräkningarna mer känsliga än vanligt för prognosen av fondvärdets utveckling under innevarande år. Fondavkastningen under 2020 stressas med ± 15 procent jämfört med den prognos som Kammarkollegiet gjort för helåret 2020.

Tabell 25. Barsebäck - känslighet för prognos av fondvärdet fram till värderingsdagen

Skillnad jämfört med prognos	-15 %	-10 %	-5 %	0 %	5 %	10 %	15 %
Avgift (mnkr/år)	691	479	267	54	0	0	0
Finanseringsbelopp (mnkr)	2 066	1 439	812	185	0	0	0

Förväntad elproduktion

Barsebäck har inga reaktorer i drift och betalar istället en fast årlig avgift.

Tabell 26. Barsebäck - känslighet för prognosticerad elproduktion

Skillnad jämfört med prognos	-15 %	-10 %	-5 %	0 %	5 %	10 %	15 %
Avgift (mnkr/år)	54	54	54	54	54	54	54
Finanseringsbelopp (mnkr)	185	185	185	185	185	185	185

Förväntade kostnader

De förväntade grundkostnaderna stressas med -20 procent till +40 procent för alla år jämfört med prognos.

Tabell 27. Barsebäck - känslighet för prognosticerade kostnader

Skillnad jämfört med prognos	-20 %	-10 %	0 %	10 %	20 %	30 %	40 %
Avgift (mnkr/år)	0	0	54	468	882	1 296	1 710
Finanseringsbelopp (mnkr)	0	0	185	1 409	2 633	3 857	5 080

Ordlista

Asset Liability Management (ALM): Den modell och analysmetod Riksgälden avser att beräkna kompletteringsbelopp med. Metoden innebär att både skuld- och tillgångssidan hos en reaktorinnehavare analyseras samtidigt.

Avgiftstillgång: Nuvärdet av de framtida avgiftsinbetalningarna för en reaktorinnehavare.

Barsebäck Kraft AB (BKAB): Reaktorinnehavare med två permanent avstängda kärnkraftreaktorer (B1 och B2).

BAS-portfölj: Den portfölj i kärnavfallsfonden där svenska statspapper och bostadsobligationer förvaltas.

Break Even-Inflation (BEI): Skillnaden i avkastning för nominella och reala statsobligationer med samma löptid.

BWR: Kokvattenreaktor. I Sverige är samtliga reaktorer förutom reaktor R2, R3 och R4 av denna reaktortyp.

Central anläggning för mellanlagring och inkapsling av använt kärnbränsle (Clink): Planerad anläggning för att kapsla in det använda kärnbränslet i kopparkapslar. Planeras att drivas som en integrerad anläggning med redan befintlig anläggningen för mellanlagring av använt kärnbränsle (Clab).

Centralt mellanlager för använt kärnbränsle (Clab): Befintligt mellanlager för använt kärnbränsle lokaliserat vid kärnkraftverket i Oskarshamn.

Externa ekonomiska faktorer (EEF): SKB:s metod för att prognostisera reala löne- och prisutvecklingar för olika insatsfaktorer i det svenska kärnavfallsprogrammet.

Finansieringsbelopp: Ett belopp som motsvarar skillnaden mellan en reaktorinnehavares återstående kostnader och de medel som redan har fonderats i kärnavfallsfonden. Reaktorinnehavarna är skyldiga att ställa säkerheter till Kärnavfallsfonden motsvarande finansieringsbeloppet.

Finansieringsförordningen: Förordning (2017:1179) om finansiering av kärntekniska restprodukter.

Finansieringslagen: Lag (2006:647) om finansiering av kärntekniska restprodukter.

Finansieringssystemets balansräkning: En principiell illustration hur nuvärdet av en reaktorinnehavares skuld balanseras av dess tillgångar.

Forsmarks Kraftgrupp AB (FKA): Reaktorinnehavare med tre kärnkraftreaktorer i drift (F1, F2, och F3).

Fud-program: Forskning-, utveckling- och demonstrationsprogram reaktorinnehavarna lämnar in via SKB vart tredje år. Senaste programmet (Fud-program 2019) lämnades in till SSM den 30 september 2019.

Förvaltningsförordningen: Förordning (2017:1180) om förvaltningen av kärnavfallsfondens medel.

Grundkostnad: De förväntade framtida kostnaderna som redovisas av SKB i Plan-rapporten.

Kalkyl 25: En kalkyl som SKB använder för att fördela samkostnader mellan reaktorinnehavarna.

Kalkyl 50: SKB:s kostnadsberäkning som ligger till grund för kärnavfallsavgifter och kompletteringsbelopp.

Kalkyl dec 2020: SKB:s kostnadsberäkning som ligger till grund för finansieringsbelopp.

Kompletteringsbelopp: Ett belopp som tillsammans med finansieringsbeloppet och reaktorinnehavarnas andel i kärnavfallsfonden gör att reaktorinnehavaren med hög sannolikhet kan fullgöra sina skyldigheter. Reaktorinnehavarna är skyldiga att ställa säkerheter till Kärnavfallsfonden motsvarande kompletteringsbeloppet.

Kärnavfallsavgift: Den avgift som reaktorinnehavarna är skyldig att betala till kärnavfallsfonden per levererad kilowattimme el. BKAB (som har samtliga reaktorer permanent avställda) betalar en fast årlig avgift till kärnavfallsfonden.

Kärnavfallsfonden: Den fond reaktorinnehavarna betalar in kärnavfallsavgifter och ställer säkerheter till. Tillgångarna i fonden förvaltas av en statlig myndighet med samma namn, Kärnavfallsfonden.

Kärnavfallsprogrammet: Det svenska programmet för avveckling och rivning av samtliga kärnkraftreaktorer samt hantering och slutförvaring av kärnavfall och använt kärnbränsle.

Kärnbränsleförvaret (SFK): Planerad slutförvarsanläggning, 470 meter under marknivån, för använt kärnbränsle vid Forsmark i Östhammars kommun. Slutförvaret planeras bestå av ett stort antal deponeringstunnlar med borrade deponeringshål i botten på tunnarna. Anläggningen dimensioneras för en total mängd använt kärnbränsle motsvarande cirka 6 000 kapslar.

Kärntekniklagen: Lag (1984:3) om kärnteknisk verksamhet.

LÅNG-portföljen: Den del i kärnavfallsfonden där företagsobligationer samt svenska och globala aktier förvaltas.

Merkostnad: Berörda myndigheters (samt i vissa fall kommunernas och regionernas) förväntade kostnader för verksamhet de har till uppdrag att utföra enligt i 4 § 4-9 finansieringslagen.

m/s Sigrid: SKB:s befintliga fartyg som används för transporter av kärnavfall och använt kärnbränsle.

OKG AB (OKG): Reaktorinnehavare med en kärnkraftreaktor i drift (O3) och två permanent avstängda kärnkraftreaktorer (O1 och O2).

Plan-rapport: Den kostnadsberäkning, för de återstående kostnaderna för omhändertagande av kärntekniska restprodukter, som reaktorinnehavarna är skyldiga att vart tredje år upprätta och ge in till Riksgälden.

PWR: Tryckvattenreaktor. I Sverige är reaktor R2, R3 och R4 av denna reaktortyp.

Reaktorinnehavare: Den som, enligt kärntekniklagen, har tillstånd till en kärnteknisk verksamhet som ger eller har gett upphov till restprodukter och har tillstånd att inneha eller driva en eller flera

kärnkraftsreaktorer som inte permanent har stängts av före den 1 januari 1975. FKA, OKG, RAB och BKAB är reaktorinnehavare.

Referenskalkyl: Den första kalkyl SKB upprättar. Kalkylen utgår från det scenario SKB redovisar i Fud-programmet.

Restprodukt: Använt kärnbränsle eller annat kärnämne som inte ska användas på nytt och kärnavfall som uppkommer vid en kärnteknisk anläggning efter det att anläggningen är permanent avstängd.

Ringhals AB (RAB): Reaktorinnehavare med tre kärnkraftreaktorer i drift (R1, R3 och R4) och en permanent avstängd kärnkraftreaktor (R2).

Samkostnad: De kostnader som är gemensamma för reaktorinnehavarna (exempelvis byggnation av kärnbränsleförvaret och inkapslingsanläggningen). Samkostnaderna fördelas mellan reaktorinnehavarna av SKB.

Skuld i finansieringssystemet: Nuvärdet av de återstående kostnaderna för en reaktorinnehavare.

Slutförvaret för kortlivat radioaktivt avfall (SFR): Befintligt slutförvar, placerat under Östersjön med cirka 60 meter bergtäckning, lokaliserat vid Forsmarks kärnkraftverk. I dag slutförvaras endast driftsavfall i SFR. SKB har ansökt om att få bygga ut anläggningen för att ge plats för ytterligare kortlivat avfall från både drift och rivning.

Slutförvaret för långlivat avfall (SFL): Planerat slutförvar för långlivat avfall. Lokaliseringen av förvaret är ännu inte beslutad. Slutförvaret planeras att driftsättas runt 2045.

Stretchnings-metoden: SKB:s egenutvecklade metod för att tidsfördela det osäkerhetspåslag SKB:s stokastiska beräkningsmodell ger.

Svensk Kärnbränslehantering (SKB): Det bolag som reaktorinnehavarna givit uppdraget för genomförandet av hantering och slutförvaring av kärnavfallet och det använda kärnbränslet. Bolaget har även givits ansvaret för att vart tredje år redovisa Fud-programmet och Plan-rapporten.

Särkostnad: De kostnader som är unika för respektive reaktorinnehavare (i huvudsak avveckling av kärnkraftreaktorerna).

Tillgång i finansieringssystemet: En reaktorinnehavares marknadsvärderade tillgångarna i kärnavfallsfonden och nuvärdet av dess framtida avgiftsinbetalningar.

Ultimate Forward Rate (UFR): Den långsiktiga terminsränta som beräknas av European Insurance and Occupational Pensions Authority (EIOPA).

Referenser

EIOPA, 2019. *EIOPA publishes the calculation of the Ultimate Forward Rate for 2020*. [Online]
Tillgänglig via: https://www.eiopa.europa.eu/content/eiopa-publishes-calculation-ultimate-forward-rate-2020_en
[Hämtad 19 05 2020].

IAEA, 2005. *Technical Reports Series No.428*. [Online]
Tillgänglig via: http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/TRS428_web.pdf
[Hämtad 19 05 2020].

IAEA, 2020. *The Database on Nuclear Power Reactors*. [Online]
Tillgänglig via: <https://www.iaea.org/pris/>
[Hämtad 09 05 2020].

Johansen, A., Sandvin, B., Torp, O. & Øklan, A., 2014. Uncertainty analysis – 5 challenges with today's practice. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 119(ISSN 1877-0428), pp. 591-600.

Jäderholm, B. & Nilsson, J.-E., 2020. *Kartläggning och analys av kostnadspåverkande faktorer i stora infrastrukturprojekt*, RG 2018/1069: Riksgäldskontoret.

Lichtenberg & Partners, 2011. *Granskning av SKB:s användning av den successivakalkylmetoden*, SSM2011-153-28: Strålsäkerhetsmyndigheten.

Miljö- och energidepartementet, 2017a. *Uppdrag till Strålsäkerhetsmyndigheten att förbereda och genomföra överföring av uppgifter till Riksgäldskontoret*, M2017/02088/Ke : 2017-08-31.

Miljö- och energidepartementet, 2017b. *Kärnavfallsavgifter samt finansierings- och kompletteringsbelopp för 2018-2020*, M2017/02543/Ke: 2017-12-21.

NTNU, 2017. *Alternative scenarier til kostnads- og usikkerhetsanalyse - Sluttlagringen for svensk kjernekraftavfall 2013*, SSM2015-3606-6: Norges Tekniske og Naturvitenskapelige Universitet (NTNU).

Riksgälden, 2019. *Inför Plan 2019*, 2019-01-25: Riksgäldskontoret.

SKB, 2019a. *Fud-program 2019*, ISSN 1104-8395: Svensk Kärnbränslehantering AB.

SKB, 2019b. *Plan 2019 - Underlagspärm*, 2019-09-30: Svensk Kärnbränslehantering AB.

SKB, 2019c. *1879093 - SKBs svar på Riksgäldens begäran om kompletterande information och underlag för Plan 2019 avseende punkt 7*, 2019-11-12: Svensk Kärnbränslehantering AB.

SKB, 2019d. *1878552 - 4a-Framtida elproduktion 50+6år*, 2019-10-29: Svensk Kärnbränslehantering AB.

SKB, 2019e. *Bilaga till SKB:s svar på Riksgäldens begäran om kompletterande information och underlag för Plan 2019 avseende punkt 4c*, 2019-10-30: Svensk Kärnbränslehantering AB.

SKB, 2019f. 1878280 - SKBs svar på Riksgäldens begäran om kompletterande information och underlag för Plan 2019, 2019-10-29: Svensk Kärnbränslehantering AB.

SKB, 2020a. 1885040 - SKBs svar på Riksgäldens begäran om kompletterande information och underlag för Plan 2, 2020-01-21: Svensk Kärnbränslehantering AB.

SSM, 2017a. Förslag på kärnavfallsavgifter, finansierings- och kompletteringsbelopp för 2018–2020, SSM2016-5513-66: Strålsäkerhetsmyndigheten.

SSM, 2017b. Granskning av SKB:s osäkerhetsanalys för kostnader i finansieringssystemet för kärnkraftens radioaktiva restprodukter, SSM2015-3606-7: Strålsäkerhetsmyndigheten.

SSM, 2020a. Återkoppling till Riksgäldskontoret avseende vissa antaganden i scenariot Kalkyl 50 i SKB:s kostnadsberäkningar i Plan 2019, SSM2020-162-3: Strålsäkerhetsmyndigheten.

SSM, 2020b. Återkoppling avseende fasta förutsättningar i Plan 2019, SSM2020-162-2: Strålsäkerhetsmyndigheten.

Bilaga 1: Granskning av EEF

Se separat fil

Bilaga 2: Granskning av osäkerhetsanalysen i Plan 2019

Se separat fil

Bilaga 3: Granskning av prognoser för elproduktionen vid de svenska kärnkraftverken 2021-2035

Se separat fil

Bilaga 4: Beräkning av merkostnader

Se separat fil

Riksgälden arbetar för att statens finanser hanteras effektivt och att det finansiella systemet är stabilt. Riksgälden spelar därmed en viktig roll både på finansmarknaden och i samhällsekonomin.

Bilaga 1: Granskning av SKB:s prognoser för externa ekonomiska faktorer i Plan 2019

Sammanfattning

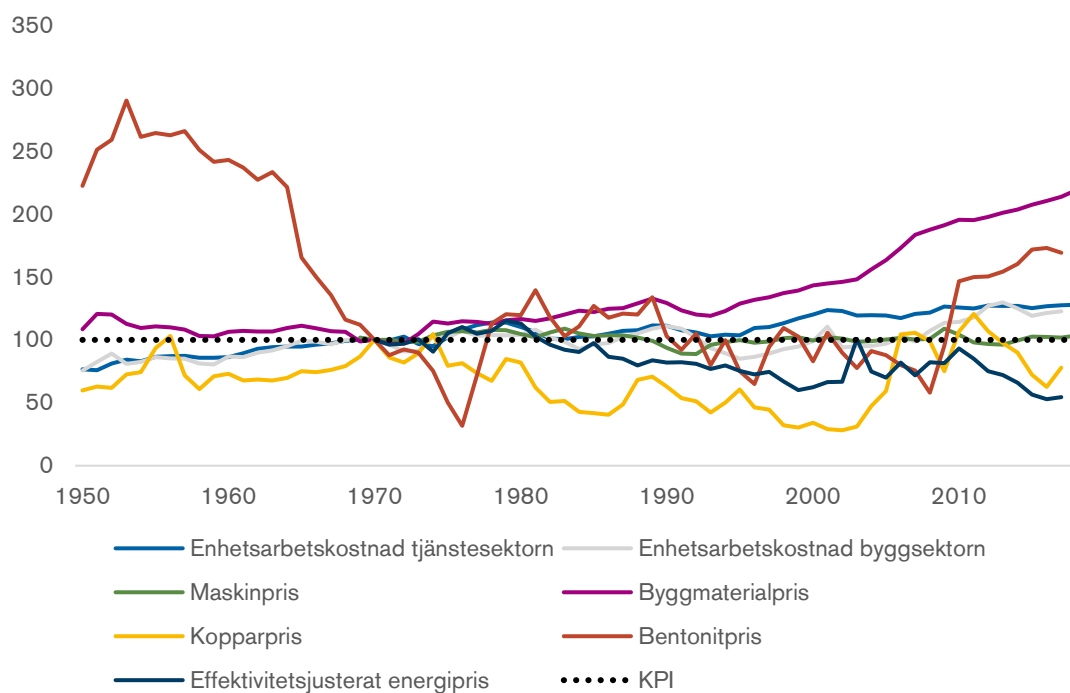
- Riksgälden bedömer att den kostnadsberäkning som Svensk Kärnbränslehantering (SKB) menar ska ligga till grund för kärnavfallsavgifter och säkerheter, i vilken grundkostnaderna uppgår till 110,0 miljarder kr, inte kan användas för detta ändamål. Riksgälden bedömer i stället att SKB:s alternativa kostnadsberäkning, som uppgår till 116,4 miljarder kr, ska användas vid beräkning av kärnavfallsavgifter och säkerheter. Detta innebär att de förväntade (odiskonterade) kostnaderna ökar med 6,3 miljarder kronor.
- Det finns stora osäkerheter kring prognoserna för Externa Ekonomiska Faktorer (EEF). Dels är flera av dataserierna volatila, dels är prognoshorisonten mycket lång, vilket sammantaget begränsar precisionen som kan erhållas (oavsett prognosmakarens förmåga). Dessutom finns osäkerheter gällande val av prognosmodell och de antaganden som behöver göras givet den metod som SKB valt, framförallt vad beträffar stationaritet. SKB bör i framtida arbete med EEF genomföra känslighetsanalyser för olika modell- och parametervals påverkan för bedömningen av de återstående kostnaderna i kärnavfallsprogrammet.
- SKB:s prognosarbete fokuserar huvudsakligen på statistiska frågor och parameterestimering givet den valda metoden (tidsserieanalys). Dessa frågor är viktiga givet den ansats som valts, men än viktigare är frågan om huruvida dataserierna som används för att göra prognoserna är representativa för kärnavfallsprogrammet. SKB:s analys av data är selektiv och bör utvidgas till en bredare analys av dataunderlagets representativitet.
- Även om Riksgälden i detta förslag på kärnavfallsavgifter och säkerheter accepterat den metod som SKB valt är det inte uppenbart att denna ansats, univariat tidsserieanalys, är den mest ändamålsenliga för prognoser på lång sikt. SKB avfärdar utan vidare utredning andra möjliga metoder, såsom strukturella modeller eller modellbaserad scenarioanalys, trots att sådana metoder används av andra prognosinstitut såsom exempelvis Konjunkturinstitutet. Ett viktigt framtida arbete är att jämföra resultaten av SKB:s prognoser mot andra möjliga ansatser. Utöver detta behöver frågan om användandet av produktivitetsjusterade data utredas, där SKB i framtida arbete med EEF behöver redovisa produktivitetsantaganden på ett mer transparent sätt och tydligt motivera varför kärnavfallsprogrammet kan förväntas uppnå samma produktivitetsutveckling som de förhållandevis breda branschaggregat som används i den statistiska analysen.

Bakgrund

SKB:s kostnadsberäkning är, enkelt uttryckt, en bedömning av kvantiteter och priser för de insatsfaktorer som behövs för en säker avveckling och rivning av kärntekniska anläggningar samt hantering och slutförvaring av de restprodukter som uppstått (tillsammans "kärnavfallsprogrammet"). Detta innebär att SKB behöver göra en bedömning av vilka insatsfaktorer som krävs i form av arbetskraft, maskiner och andra typer av varor samt deras kvantiteter och priser. Givet en bedömning av dessa kvantiteter, och att dagens priser för dessa kan observeras, kan kostnaderna beräknas för att genomföra kärnavfallsprogrammet till idag gällande priser. I själva verket kommer kärnavfallsprogrammet inte att genomföras idag, utan under flera decennier framöver. Det är därför inte särskilt intressant att veta vad kärnavfallsprogrammets genomförande kostar i dagens prinsnivå om inte denna kan antas bestå över tid. För att göra en bedömning av de förväntade framtida kostnaderna behöver därför antaganden och prognoser göras om framtida priser. Närmare bestämt behöver prognoser göras för hur priser på relevanta insatsfaktorer kommer utvecklas, för varje år från idag till kärnavfallsprogrammets slutdatum.

Enligt förordningen (2017:1179) om finansiering av kärntekniska restprodukter (finansieringsförordningen) ska de förväntade kostnader som SKB inkommer med räknas om från fast till löpande penningvärde baserat på en inflationskurva när kärnavfallsavgifter beräknas. Ett enkelt, men dåligt, antagande skulle vara att priserna på kärnavfallsprogrammet kommer att följa den generella inflationen mätt som konsumentprisindex ("KPI").

Diagram 1. Indexerade historiska relativpriser för insatsfaktorer i kärnavfallsprogrammet



Not: Relativt KPI. Indexering 1970 = 100.
Källa: SKB och egna beräkningar

Historiskt har priserna för insatsfaktorer i kärnavfallsprogrammet avvikit från den generella prisutvecklingen mätt som KPI, vilket inte är förvånande då KPI är baserad på en konsumtionsviktad varukorg som inte har speciellt stark koppling till kärnavfallsprogrammet. Att beakta förväntade förändringar i prisutvecklingen för relevanta insatsfaktorer är därför en förutsättning för att kunna erhålla förväntningsriktiga estimat av kostnaderna i kärnavfallsprogrammet. Dessutom förefaller priserna för några av de viktigaste insatsfaktorerna i kärnavfallsprogrammet trendmässigt öka (relativt KPI) vilket innebär att det är av särskild vikt att beakta dessa för att inte underskatta de framtida kostnader som ligger till grund för beräkningen av kärnavfallsavgifter och säkerheter.

SKB gör, i samband med att kostnadsberäkningar upprättas, en bedömning av den förväntade utvecklingen av relativpriser för insatsfaktorer relevanta för kärnavfallsprogrammet¹. Kärnavfallsprogrammet kommer att kräva arbetskraft från flera olika branscher samt en mängd olika typer av maskiner, material och andra insatsvaror. Det bedöms inte vara praktiskt möjligt att göra prognoser för var och en av alla dessa insatsfaktorer. Därför har SKB valt ut åtta mer aggregerade prisserier, så kallade externa ekonomiska faktorer (EEF) som bedöms vara starkt korrelerade med insatsfaktorerna i kärnavfallsprogrammet och för vilka det går att hitta långa historiska dataserier. För var och en av dessa EEF prognosticeras den årliga förväntade prisutvecklingen från idag till kostnadsberäkningens sista år. Prognoserna används sedan för att justera kostnadsberäkningen för den förväntade relativprisutvecklingen.

Tabell 1. EEF och dess andel av totala kostnader i kärnavfallsprogrammet

EEF	Beskrivning	Andel av totala kostnader i Plan 2019
EEF1	Real enhetsarbetskostnad tjänstebanschen	43 %
EEF2	Real enhetsarbetskostnad byggindustrin	16 %
EEF3	Reala maskinpriser	25 %
EEF4	Reala byggmaterialpriser	7 %
EEF5	Realt pris på koppar (USD)	2 %
EEF6	Realt pris på bentonit (USD)	2 %
EEF7	Reala effektivitetsjusterade energipriser	5 %
EEF8	Real växelkurs SEK/USD	Ej tillämpligt

Not: Andel av kostnader innan justering för EEF-prognoser i 2019 års prisnivå.
EEF8 används för att räkna om EEF5 och EEF6 som uttrycks i USD till SEK.
Källa: SKB och egna beräkningar.

EEF-prognoserna får stor påverkan på bedömningen av de förväntade kostnaderna och är därför ett viktigt område för Riksgälden att granska för att kunna ge ett samlat yttrande om SKB:s kostnadsberäkning.

¹ EEF introducerades av SKB första gången i Plan 2007 och har sedan dess successivt utvecklats och förändrats med avseende på dataunderlag och prognosmetodik i Plan 2010 till Plan 2019.

Tidigare granskningar av EEF

Tidigare granskningar av EEF har huvudsakligen tagit stöd från Konjunkturinstitutet (KI), både i samband med att SKB har inkommit med nya kostnadsberäkningar och däremellan då mer djuplodande analyser gjorts inom olika områden såsom datahantering och statistiska metodval. I tillägg till KI:s arbete gav Strålsäkerhetsmyndigheten (SSM) under 2015 ett uppdrag till John Hassler och Per Krusell, båda professorer i nationalekonomi verksamma vid Institutet för internationell ekonomi vid Stockholms universitet, att genomföra en oberoende utvärdering av olika prognosmodeller för EEF.

Fokusområdena för granskningsarbetet har förändrats över tid i takt med att SKB:s arbete på området har utvecklats, mycket som en direkt följd av de synpunkter som framförts av SSM och KI. De initiala granskningarna kom framförallt att handla om de stora brister som fanns i SKB:s hantering av data och dokumentation av prognosmetodik, och till följd av de synpunkter som lämnats har underlaget i senare Plan-rapporter förbättrats. I takt med att SKB:s dokumentation förbättrats har senare granskningar kunnat fördjupas till en mer givande diskussion om prognosmetodik och antaganden. De tidigare granskningsinsatser som gjorts på EEF-området presenteras summariskt i Appendix II.

Inför Plan 2016 fastställde SSM, utifrån de synpunkter som framförts i KI:s granskningar, riktlinjer för hur SKB bör ta fram prognoser givet den prognosmetod som SKB valt². Detta gav ett ramverk för hur myndigheten ansåg att SKB skulle ta fram prognoser givet den prognosmetod, univariat tidsserieanalys, som SKB använder. I samband med det förslaget på avgifter och säkerheter för 2018-2020 gav SSM till KI i uppdrag att göra alternativa prognoser utifrån dessa riktlinjer eftersom SKB valt att inte följa dem i Plan 2016. Detta var första gången som SSM överprövat industris kostnadsunderlag med avseende på EEF, vilket resulterade i att kärnavfallsavgifter och säkerheter för perioden 2018 - 2020 baserades på en av SKB reviderad kostnadsberäkning som beaktade SSM:s riktlinjer. Sammantaget ledde överprövningen av underlaget till att de förväntade framtida kostnaderna som kärnavfallsavgifterna baserades på ökade med 7,4 miljarder kronor jämfört med SKB:s ursprungliga beräkning.

Omfattning och metod för granskningen

I detta kapitel diskuteras möjliga utgångspunkter för utvärdering och granskning av prognoser i allmänhet, följt av den metod som Riksgälden valt för att granska EEF i Plan 2019. Som vi kommer att se saknas förutsättningar för att kunna använda i andra sammanhang vanligt förekommande prognosutvärderingsmetoder, framförallt på grund av den mycket långa prognoshorisonten. Det är ändå värt att kortfattat gå genom dessa metoder för att förstå varför de inte bedöms vara ändamålsenliga, då dessa överväganden leder fram till den valda metoden.

Bias och precision

En prognos är en utsaga om det värde en viss variabel kommer att anta i framtiden. Prognoser är osäkra och kommer alltid att vara fel i bemärkelsen att det framtida utfallet inte kommer vara exakt det som prognosticerats. Vanligtvis är framförallt två saker av intresse vid utvärdering av prognoser – *bias* och *precision*. Bias innebär att det finns en systematisk snedvridning i prognoserna, där utfallen konsekvent överskattas eller underskattas. Precisionen i prognoserna mäter istället hur träffsäkra

² Strålsäkerhetsmyndigheten (2016), "Riktlinjer för beräkning och granskning av externa ekonomiska faktorer", diarienummer SSM2015-904.

prognoserna är – det vill säga storleken på prognosfelen – oaktat om de innebär överskattningar eller underskattningar.

En grundläggande utgångspunkt i finansieringssystemet är strävan efter att alla ingående parametrar som ligger till grund för beräkning av kärnavfallsavgifter ska vara väntevärdesriktiga.

Väntevärdesriktighet är motsatsen till bias och innebär, något förenklat uttryckt, att underskattningar och överskattningar i genomsnitt tar ut varandra. Givet den mycket långa prognoshorisont som är aktuell för kärnavfallsprogrammet är det inte rimligt att förvänta sig någon större prognosprecision. Vad som däremot kan och bör eftersträvas är att erhålla estimat som inte är systematiskt snedvridna, varken uppåt eller nedåt, och att konfidensintervall som tas fram kring den förväntade prognosen reflekterar den stora osäkerhet som finns i att göra prognoser på mycket lång sikt.

Prognosutvärderingsmetoder som används i andra sammanhang

Givet målet att erhålla prognoser utan bias vore en naturlig utgångspunkt att försöka undersöka om SKB:s prognoser är väntevärdesriktiga. Till att börja med kan konstateras att de prognoser som SKB presenterat i Plan 2019 per definition inte kan utvärderas eftersom vi ännu inte vet vad utfallet kommer bli. Det som kan utvärderas är de prognoser som SKB gjort i tidigare Plan-rapporter där vi nu har utfall att jämföra mot. Detta leder oss till den första övervägda prognosutvärderingsmetoden.

Utvärderingar av faktiska prognoser – "out of sample"

Den mest ärliga prognosutvärderingen är en "out of sample"-jämförelse som går till på följande sätt.

1. Bestäm variabel som ska utvärderas och vilken prognoshorisont som är av intresse på ett entydigt sätt (t ex "årlig KPI-inflation på två års prognoshorisont")
2. Samla in tidigare publicerade prognoser enligt ovan
3. Jämför prognosfelen med ett för syftet lämpligt mått
4. Dra slutsatser om bias och precision från prognoserna
5. Använd dessa slutsatser för en bedömning av de historiska prognosernas kvalitet

Denna metod har fördelen att det inte går att manipulera resultaten, just eftersom prognoserna har publicerats i förväg innan utfallet finns tillgängligt. En prognos vid tidpunkten t med prognoshorisonten $t+h$ har använt endast information tillgänglig vid tiden t . Givet att tillgång finns till en tillräckligt lång historik av gjorda prognoser, tillsammans med faktiska utfall, kan en prognosmakare utvärderas på hur den lyckats tidigare. Denna utvärdering kan göras dels i absoluta mått men också relativt andra prognosmakare som publicerat samma prognoser (om sådana finns)³.

Det finns ett antal svårigheter med att applicera denna metod för att utvärdera SKB:s prognoser. För det första kan bara en absolut jämförelse göras, eftersom inget prognosinstitut löpande publicerar prognoser motsvarande EEF-variablerna⁴ på den prognoshorisont som är intressant för kärnavfallsprogrammet. Även om det kan vara intressant att undersöka bias och precision för SKB:s historiska prognoser saknas alltså andra prognoser att ställa dem mot. Det är därför svårt att förhålla sig till resultaten från en sådan analys – är SKB:s historiska prognoser "bra" eller "dåliga" och i så

³ KI arbetar med prognosutvärdering på detta sätt, se t ex Konjunkturinstitutet (2019b)

⁴ Ett undantag är de prognoser som KI tog fram för EEF1-EEF4 i samband med granskningen av Plan 2016, men det skulle innebära ett mycket begränsat jämförelseunderlag.

fall i förhållande till vad? För det andra är underlaget för en prognosutvärdering knapphändigt för att utvärdera den långsiktiga prognosförmågan. Visserligen har SKB gjort prognoser på EEF sedan Plan 2007, och det finns därför prognoser jämte utfallsdata från fyra tidigare prognostillfällen. Bortsett från svårigheterna att göra tidigare prognoser jämförbara⁵ med de i Plan 2019 är prognoshorisonten som kan utvärderas med tidigare publicerade prognoser alltför kort för en bedömning av den långsiktiga prognosförmågan.

Utvärdering av hypotetiska prognoser – "in sample"

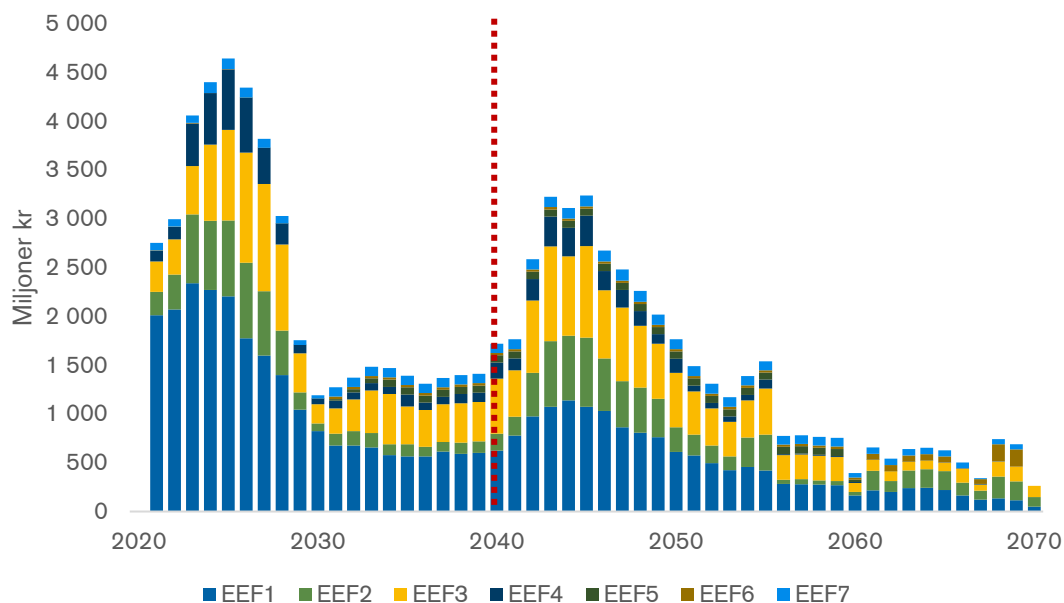
En annan vanligt förekommande utvärderingsmetod är "in sample"-utvärdering. Denna metod används ofta för att göra modellval när man har ett antal möjliga prognosmodeller och vill se vilken som historiskt hade fungerat bäst för att göra prognoser. Metoden går till som följer.

1. Bestäm variabel av intresse och vilken tidshorisont som är av intresse (t ex "årlig KPI-inflation på två års prognoshorisont")
2. Dela in tillgängliga historiska data i träningsdata respektive testdata⁶
3. Använd träningsdata för att estimerar en prognosmodell och generera prognoser för den valda prognoshorisonten
4. Jämför prognosen som gjorts med testdata med ett valt mått för prognosfelen
5. Välj den prognosmodell som presterat bäst historiskt

Denna metod liknar i ett avseende en "out-of-sample" prognosutvärdering. Genom att låtsas att de senaste utfallsdata inte är kända kan vi göra en hypotetisk utvärdering av olika prognosmodeller. Exempelvis, givet att vi står vid tidpunkten 2015 och skattar en prognosmodell baserad all tillgänglig data som då fanns tillgänglig, hur väl hade modellen förutspått inflationstakten 2017? Om uppgiften hade varit att göra prognoser på en kortare tidshorisont, låt oss säga ett par år framåt i tiden, hade denna metod varit potentiellt mycket användbar för att välja mellan olika möjliga prognosmodeller. De modeller som SKB använder hade då kunnat ställas mot andra alternativ för att se hur de hade presterat historiskt. Problemet är dock återigen den långa prognoshorisonten.

⁵ Definitionen av EEF har förändrats över tid och utfallsdata har reviderats, vilket gör att det inte finns något entydigt mått på vilken utfallsdata som kan användas. Dessutom har SKB:s prognosmetod genomgått stora förändringar mellan Plan 2007 och Plan 2016.

⁶ En mer sofistikerad metod är *cross validation*, som bygger på successivt rullande prognoser, vilket ger en mer effektiv användning av träningsdata. Principiellt fungerar den dock på samma sätt. Se t.ex. <https://robjhyndman.com/hyndsight/tscv/>

Diagram 2. EEF-fördelning över tid

Not: Kostnader avser SKB:s kostnadsberäkning Kalkyl 50

Källa: SKB och egna beräkningar

Det genomsnittliga kostnadsviktade utfallsåret för kärnavfallsprogrammet som helhet ligger 19 år fram i tiden (röd streckad linje) och varierar beroende på vilken av insatsfaktorerna vi är intresserade av. För att ta ett par exempel: enhetsarbetskostnaden i tjänstesektorn (EEF1) är en viktig insatsfaktor hela kärnavfallsprogrammet med en viktad utfallstid om 16 år. Bentonit (EEF6) används framförallt i senare delar av kärnavfallsprogrammet och har en viktad utfallstid om 35 år. Utfallsåren varierar men generellt gäller att den relevanta prognoshorizonten är mycket lång för samtliga EEF.

För att använda en "in sample"-utvärdering behöver en prognoshorizont specificeras på vilken prognoserna utvärderas. Det är inte uppenbart hur denna skulle specificeras givet att det intressanta prognosfelet är ett viktat resultat av prognosfelet på kort, medelfristig och lång sikt. Låt oss för enkelhets skull anta att den genomsnittliga utfallshorizonten för kärnavfallsprogrammet som helhet (19 år, motsvarande utfallsår 2040) används. Anta vidare att det åtminstone krävs en lika lång historisk period (19 år) för att skatta en meningsfull modell för utvärdering. Givet att data finns tillgänglig sedan 1950⁷ försvinner då träningsdata minst fram till 1969 för att skatta modellerna. Det sista utfallsåret är 2018, vilket vidare innebär att data minst från 1999 försvinner i testdata. Kvar finns i bästa fall data mellan 1970 och 1999, på vilken rullande prognosutvärderingar potentiellt kan göras. Detta bedöms vara alltför litet underlag, som dessutom innebära att utvärderingen baseras på resultat som inte beaktar prognosförmågan under de senaste åren, vilket kan argumenteras för är den period som är mest representativ för framtiden.

⁷ För EEF3 år 1969 och EEF7 år 1970, vilket innebär ett än mindre dataunderlag.

Riksgäldens metod för granskning av EEF i Plan 2019

Från diskussionen ovan dras slutsatsen att i andra sammanhang vanligt förekommande prognosutvärderingsmetoder inte verkar ge någon större vägledning i att granska de prognoser som SKB gör av EEF, framförallt till följd av den mycket långa prognoshorizonten. Medan de skulle kunna vara potentiellt användbara för att utvärdera prognoserna på kort sikt, upp till några år, är det inte denna horisont som får störst genomslag på de förväntade kostnaderna för kärnavfallsprogrammet.

Givet att varken SKB:s historiska prognoser i tidigare Plan-rapporter (out of sample) eller hypotetiska prognoser (in sample) bedöms vara en lämplig utgångspunkt för granskning återstår metoder som bygger på att granska egenskaperna hos SKB:s prognosmodeller. Genom att undersöka de långsiktiga antaganden som görs med SKB:s prognosmodeller kan slutsatser dras om de är förenliga med vedertagen teori och praxis. Det går inte att leda i bevis att sådana antaganden kommer att leda till bättre eller sämre prognoser än de som SKB tagit fram, men de sätter ett ramverk som beaktar den teori och "best practise" som finns på området givet den metod som SKB valt, och möjliggör en granskning av SKB:s arbete.

Riksgälden följer den ansats som använts av SSM och KI i tidigare granskningar, där SKB:s prognosmodeller granskas med avseende på metodval och antaganden som får stor konsekvens för prognoser på längre sikt. Denna granskning tar sin utgångspunkt i de tidigare granskningar som gjorts av EEF och de riktlinjer som fastställdes av SSM inför Plan 2016.

Granskningen består av tre huvudsakliga delar, där den första består i att kvalitetssäkra de dataserier och prognosberäkningar som SKB gjort. Därefter diskuteras de metodfrågor och antaganden som är av störst vikt för prognoser på längre sikt och som ligger till grund för SKB:s prognosmodeller för samtliga EEF. Slutligen tas benchmarkmodeller för respektive EEF fram i enlighet med de riktlinjer som SSM tagit fram, dels för att se om SKB:s prognosmodeller uppfyller riktlinjerna och dels för att utreda känsligheten i de bedömda kostnaderna givet olika modellval.

Tabell 2. Omfattning och avgränsningar i granskningen av EEF i Plan 2019

Granskningsdel	Beskrivning
Kvalitetssäkring av data och beräkningar	Data kvalitetssäkras genom att återskapa de dataserier som SKB använder från ursprungskällan. En diskussion förs kring kvaliteten på de dataserier som SKB reviderat jämfört med Plan 2016. Beräkningar kvalitetssäkras genom att med ekonometrisk programvara replikera SKB:s beräkningar.
Viktiga metodfrågor i tidsserieanalys	Givet den tidsserieanalytiska ansats SKB valt blir ett fåtal antaganden speciellt viktiga. Dessa diskuteras med avseende på effekter på bedömningen av framtida kostnader.
Utvärdering av SKB:s prognosmodeller	Benchmark-modeller skattas för respektive EEF utifrån de riktlinjer som tagits fram av SSM och jämförs med modellerna som SKB skattat, för att se om de uppfyller riktlinjerna. Känsligheten i olika modellval analyseras.

Kvalitetssäkring av data och replikering av SKB:s beräkningar

I detta kapitel redogörs för den kvalitetssäkring som gjorts av SKB:s underlag för att utesluta fel i datahantering och beräkningar.

Dataserierna

I SSM:s riktlinjer för EEF fastställdes att de utfallsdata som tagits fram och kvalitetssäkrats av KI skulle användas vid framtagning av prognoser för EEF i Plan 2016. SKB har med undantag för EEF2, EEF3 och EEF4 använt det dataunderlag som togs fram av KI och till dessa kedjat på senaste utfallsdata. Riksgälden har kunnat replikera de uppdaterade dataserier som SKB tagit fram genom att gå till ursprungskällan och genomföra samma övning och får för samtliga EEF samma resultat som SKB.

Vad gäller EEF2 och EEF4 har SKB tagit fram nya dataserier som för vissa tidsperioder bygger på ett annat dataunderlag än de som användes i Plan 2016. För EEF3 använder SKB alltjämt dataunderlag som tidigare underkänts i flera tidigare granskningar. Dataunderlaget för dessa tre serier diskuteras nedan.

EEF2

I Plan 2016 genomförde SKB statistiska tester som visade att det fanns ett strukturellt brott i EEF2 kring 2007, vartefter serien ökade betydligt snabbare än den gjort under perioden 1950 – 2007. Den snabbare ökningstakten kunde påvisas till stor del bero på att det byggprisindex som (tillsammans med andra faktorprisindex) används för att fastprisberäkna EEF2 i nationalräkenskaperna hade sett en snabb ökning under samma period. SKB resonerade kring olika anledningar till orsakerna bakom detta, och med stöd av bl.a. Lind (2016) hävdades att den kraftiga ökningen av byggprisindex sannolikt var en effekt av ökade bostadspriser och inte en svag produktivitetsutveckling i byggindustrin. Därför ansågs serien inte på ett tillfredställande sätt mäta den produktivitetsjusterade löneutveckling som är relevant för kärnavfallsprogrammet.

SKB:s sätt att hantera denna osäkerhet gällande kvaliteten på utfallsdata i Plan 2016 var att utesluta utfallsdata för perioden 2007 – 2016, och att ersätta dessa med prognosticerade värden skattade på data fram till 2007. KI och SSM ansåg att denna hantering var oacceptabel, och att prognoserna måste ta utgångspunkt i senaste kända utfallsdata i den officiella statistiken, oaktat de eventuella brister som fanns. SSM:s rekommendation var istället att om data misstänks ha brister bör man med hjälp av SCB försöka utreda frågan och, om så krävs, och är möjligt, förbättra dataunderlaget.

SKB har inför Plan 2019 följt denna rekommendation och gett SCB (2019) ett uppdrag att undersöka möjligheten att exkludera bostadsbyggandet i beräkningarna av enhetsarbetskostnaderna inom bygg. Inom ramen för detta uppdrag har SCB tagit fram en ny indexserie för enhetsarbetskostnader för anläggningsarbeten i byggbranschen (SNI 42 enligt SNI 2007) samt ett något större branschaggregat som även inkluderar SNI 43.1.

Riksgälden har inget att tillföra den analys SCB gjort som får antas vara ett kompetent arbete givet att det är SCB som tar fram statistiken för enhetsarbetskostnader och är expertmyndighet på området. Givet att det i branscherna SNI 41-43 ingår komponenter, såsom bostadsbyggande, som är av mindre relevans för kärnavfallsprogrammet, är det positivt om dessa kan uteslutas om det leder till att få fram en för ändamålet mer representativ dataserie.

Det som potentiellt är problematiskt för prognosändamål är att dataserien enligt den nya branschindelningen bara kan göras för data från år 2000 och framåt. Det innebär att den sammantagna EEF2-serien definitionsmässigt mäter olika branscher – perioden 1993-2000 bygger på data enligt SNI 41-43 medan perioden 2000-2017 bygger på data för SNI 42+43.1. Förvisso fanns denna problematik redan tidigare, då dataserien även består av forskningshistoriska dataserier⁸ som inte är branschindelade enligt SNI-koder. Det blir som alltid en avvägning mellan att å ena sidan ha en så lång dataserie som möjligt för att skatta prognosmodellen och att å andra sidan ha så representativ data som möjligt. Från de jämförelser som SCB gör av tidsserierna framgår att början av tidsserien, från 2000 fram till 2007, utvecklas enhetsarbetskostnaderna relativt jämnt för samtliga branscher innan de börjar stiga i en snabbare (och olikartad) takt. Detta tyder på att den nya branschindelningen som används är, om än inte är exakt densamma, så åtminstone starkt korrelerad med den tidigare för den överlappande perioden 2000-2007. SKB har därtill testat för strukturella brott i den nya EEF2-serien utan att finna något sådant, vilket ger visst stöd för att serierna ur en statistisk synvinkel kommer från samma datagenerande process.

Sammantaget får SKB genom uppdraget till SCB anses ha gjort de analyser som står till buds för att säkerställa att dataserien för EEF2 håller tillräckligt god kvalitet för att användas för prognosändamål.

EEF3

Data för reala maskinpriser som KI tidigare tagit fram avser 1969–2015 och har SCB som källa. Anledningen till att startåret är 1969 är att SCB inte redovisar nominella maskinpriser längre tillbaka i tiden. SKB väljer alltså att länka data bakåt i tiden med hjälp av statistik från databasen Lund University Macroeconomic and Demographic Database (LU-MADD) från 1950-1969, vilken inte mäter samma sak som data som används från 1969 och framåt.

KI har tidigare kritiserat SKB:s sammanlänkning av data, vilken beskrivs utförligt i Konjunkturinstitutet (2011), Konjunkturinstitutet (2013b) och Konjunkturinstitutet (2014), och sammanfattas bara kortfattat nedan.

- Maskinpriser enligt LU-MADD (1950–1969) och SCB (1969–2015) avser inte samma produktkorg
- Data från LU-MADD och från SCB tas fram med olika indexmetoder
- Det finns ingen överlappande data som kan användas för en jämförande analys av data
- Ett statistiskt test för strukturellt brott 1969 visar att det med normala signifikansnivåer går att förkasta hypotesen om att det inte finns ett sådant brott.

Slutsatsen är alltså att prognoser för EEF3 bör baseras på SCB-data från 1969 och inte på den dataserie som SKB tagit fram.

EEF4

Inom ramen för det uppdrag SKB gett till SCB, har även det statistiska underlaget för EEF4 reviderats. Det problem som SKB velat lösa är att utvecklingen för EEF4 enligt tidigare utfallsdata förutom byggmaterialkostnader även innehåller kostnader för transporter, maskiner och arbetskraft. I

⁸ Se Edvinsson (2005)

och med uppdraget till SCB har den del som avser arbetskraft kunnat elimineras från utfallsdata för EEF4.

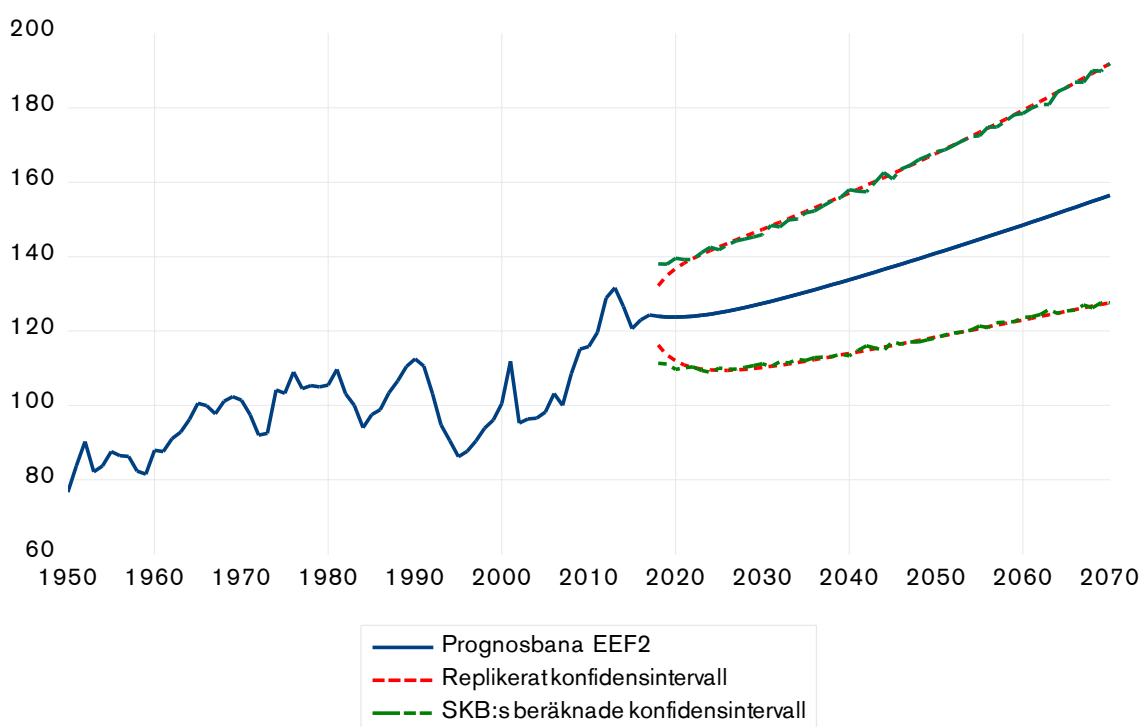
KI har tidigare påpekat att den serie som tidigare använts är olämplig eftersom faktorprisindex för byggnader till stor del utgörs av lönekostnader (vilket ska fångas av EEF2) och att en mer rättvisande serie bör tas fram⁹. Riksgälden konstaterar att den reviderade serie som SKB tagit fram åtminstone delvis adresserar denna problematik genom att exkludera arbetskraft som ska fångas av EEF2. I motsats till vad SKB förväntat sig innebär detta att serien nu har en snabbare ökningstakt, något som SKB uttrycker en avsikt att analysera vidare inför nästkommande Plan-rapport.

Slutsatsen är att det nya underlaget för EEF4 bör ha bättre förutsättningar att mäta byggmaterialkostnader än det index som tidigare använts, då det rensar för lönekostnader som mäts med EEF2.

Beräkningar

I tillägg till att kvalitetsgranska det dataunderlag som SKB tagit fram, har Riksgälden granskat de beräkningar som SKB gjort för att ta fram prognoser. Detta har gjorts genom att med hjälp av programmet Eviews replikera de modeller som SKB specificerar för respektive EEF, och att jämföra den prognosbana och de konfidensintervall som erhålls med de som SKB redovisat i Plan 2019.

Diagram 3. Exempel på replikering av beräkningar – EEF2



Källa: SKB och egna beräkningar.

⁹ Se Konjunkturinstitutet (2014)

För samtliga EEF erhålls prognosbanor som matchar de som SKB redovisat. Även konfidensintervallen matchar i stort sett de som SKB redovisar. De mindre skillnader som finns i konfidensintervallen beror på beräkningsmetoden – SKB simulerar fram konfidensintervall medan Riksgälden använt den analytiska metod som finns tillgänglig som en standardfunktion i programmet Eviews. Här till ska noteras att SKB numera även beaktar osäkerhet i parameterskattningar efter SSM:s påpekanden i granskningen av Plan 2016, vilket är positivt då de ger en mer rättvisande bild av osäkerheten kring den förväntade prognosbanan givet den modell som valts.

Slutsatsen är att beräkningar av prognosmodellerna är korrekt genomförda givet de modellval som SKB gjort.

Viktiga metodfrågor i tidsserieanalys

Givet SKB:s metod, univariat tidsserieanalys, är det framförallt två antaganden som blir viktiga för prognoser på lång sikt. Det första gäller modellens funktionsform vilket bl.a. avgör om (eventuella) trender i data modelleras som linjära eller exponentiella. Det andra är om data är (trend)stationär och kan skattas i nivå eller icke-stationär och behöver skattas i förändringstakt.

I tillägg till antaganden ovan behöver parameterval göras för att modellera infasningen till den långsiktiga trenden eller nivån¹⁰. Hur dessa modelleras får en relativt begränsad effekt givet den långa prognoshorisonten och behandlas därför inte här¹¹.

Funktionsform - linjär eller exponentiell trend

Valet av funktionsform i en tidsseriemodell får konsekvenser för de prognoser som genereras. En prognosmodell med trend som skattas på otransformerad data ger en linjär trend. Om prognosmodellen skattas på logaritmerad data blir trenden, efter att data transformerats tillbaka till sin ursprungliga form, istället exponentiell¹². Utöver dessa två specialfall finns oändligt många val av funktionsform som skulle kunna väljas¹³.

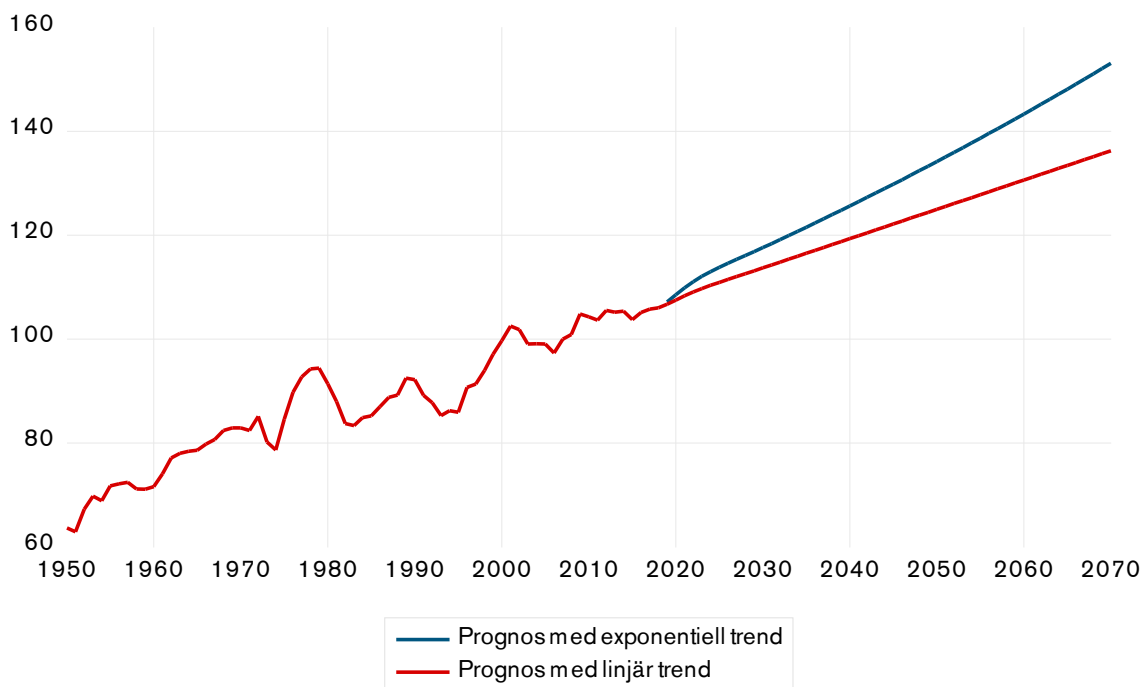
¹⁰ I praktiken innebär detta att modellera ARMA-strukturen på feltermen i den valda modellen, vilket kan göras utifrån ett antal olika kriterier.

¹¹ Däremot inte sagt att en infasningsmekanism är oviktig, och samtliga benchmarkmodeller som tas fram testas för lämplig ARMA-struktur, vilket framgår av nästa kapitel.

¹² Medan den är linjär i logaritmerad form, s.k. *log-linjär* modell.

¹³ Se t.ex. https://en.wikipedia.org/wiki/Power_transform

Diagram 4. Illustration av linjär kontra exponentiell (deterministisk) trend för EEF1



Källa: Egna beräkningar.

Valet av funktionsform kan göras antingen utifrån ekonomisk teori eller utifrån statistiska kriterier. Från ett statistiskt perspektiv görs transformeringar av data t.ex. för att stabilisera variansen i serien. Från ett teoretiskt perspektiv görs en transformering av data t.ex. för att beakta en långsiktig utveckling som är i linje med etablerad teori eller för att ge prognosmodellen vissa restriktioner (till exempel att priser inte kan bli negativa). Att ta den naturliga logaritmen av en dataserie, motsvarande en exponentiell modell, är en särskilt vanlig transformering för makroekonomiska och finansiella data. Det leder till prognoser där den trendmässiga utvecklingen i *procentuella* termer är konstant. Detta kan jämföras med otransformerad data (motsvarande en linjär modell) som leder till prognoser där den långsiktiga utvecklingen i *absoluta* termer är konstant. En positiv linjär trend kommer innebära en successivt sjunkande procentuell förändring som går mot noll. En negativ lutande trend kommer innebära en successivt ökande procentuell negativ förändring, och ett indexvärde som till slut blir negativt.

Praxis i såväl forskarsamhället som bland olika prognosinstitut är att långsiktiga prognoser för makroekonomiska variabler följer en exponentiell bana¹⁴. Detta grundas dels i resultaten från teoretisk och empirisk makroekonomisk forskning och dels i de osannolika egenskaper en linjär modell har för prognosframskrivningar på lång sikt för relativpriser. Frågan om linjär eller exponentiell trend har diskuterats i betydande omfattning i tidigare granskningar, varför dessa bara redogörs för kortfattat här:

¹⁴ KI:s prognosmodeller för olika priser i ekonomin specificeras alltid i termer av procentuell tillväxttakt, vilket motsvarar en långsiktig exponentiell trendutveckling.

- I det makroekonomiska forskarsamhället är det okontroversiella valet att använda sig av en konstant procentuell tillväxt. Att istället välja en linjär modell strider alltså mot konventionella teorier och antaganden. *Hassler och Krusell (2015)*
- Det finns ett antal orimliga egenskaper i långsiktiga prognoser för makroekonomiska variabler som baseras på en linjär modell. Till exempel kommer en prognos med nedåtgående linjär trend alltid att prognosticera ett negativt värde om bara prognosen sträcks ut tillräckligt långt (dvs. negativa priser). I en prognosmodell med en stigande linjär trend kommer prognoserna att innebära att tillväxttakten i procent gradvis konvergerar mot noll oavsett hur hög den procentuella utvecklingstakten varit historiskt. *Konjunkturinstitutet (2014)*
- Det är möjligt att trender i utfallsdata för någon eller några EEF bättre beskrivs som linjär än som exponentiell. Det är värt att notera att den trendmässiga utvecklingen av KPI sedan 1950 bättre beskrivs som linjär än som exponentiell. Men för senare perioder, efter inflationsmålet om 2 % vann trovärdighet, beskrivs utvecklingen bäst som exponentiell. Den historiska utvecklingen av EEF är bland annat en följd av att den penningpolitiska regimen har varierat över tiden, vilket ger ytterligare ett argument för att EEF framöver bör antas följa en exponentiell bana. *Konjunkturinstitutet (2017)*

Den sammantagna bedömningen är att det finns starka skäl att modellera EEF med exponentiell trend (om en trend finns). Riksgäldens slutsats är därför att EEF-modellerna, givet SKB:s metod, bör modelleras med denna utgångspunkt. Detta är i linje med de riktlinjer som SSM tidigare tagit fram¹⁵.

Stationäritet

Tidsseriedata kan vara stationär eller icke-stationär. Om en dataserie är stationär är medelvärdet konstant över tid, serien har en ändlig varians och autokorrelationen är oberoende av tiden¹⁶. Stationäritet är en förutsättning för de tidsseriemodeller som SKB använder, eftersom de parametrar som skattas för medelvärdet och autokorrelationen i dataserien är konstanta över tid. Om medelvärdet eller autokorrelationen i dataserien förändras över tid betyder det att de skattade (konstanta) parametrarna inte är väntevärdesriktiga. Ett vanligt exempel på tidsseriedata som inte är stationär är den som innehåller en trend, vilket är fallet för flera EEF.

Data som inte är stationär i sin ursprungliga form behöver transformeras för att bli stationär, vilket kan göras på två olika sätt. Data kan vara trendstationär, vilket betyder att serien blir stationär genom att subtrahera en deterministisk trendlinje från dataserien. Vissa serier blir dock inte stationära även efter sådan behandling, och behöver då skattas i första differens. Det innebär att seriens förändringstakt prognosticeras istället för seriens nivå.

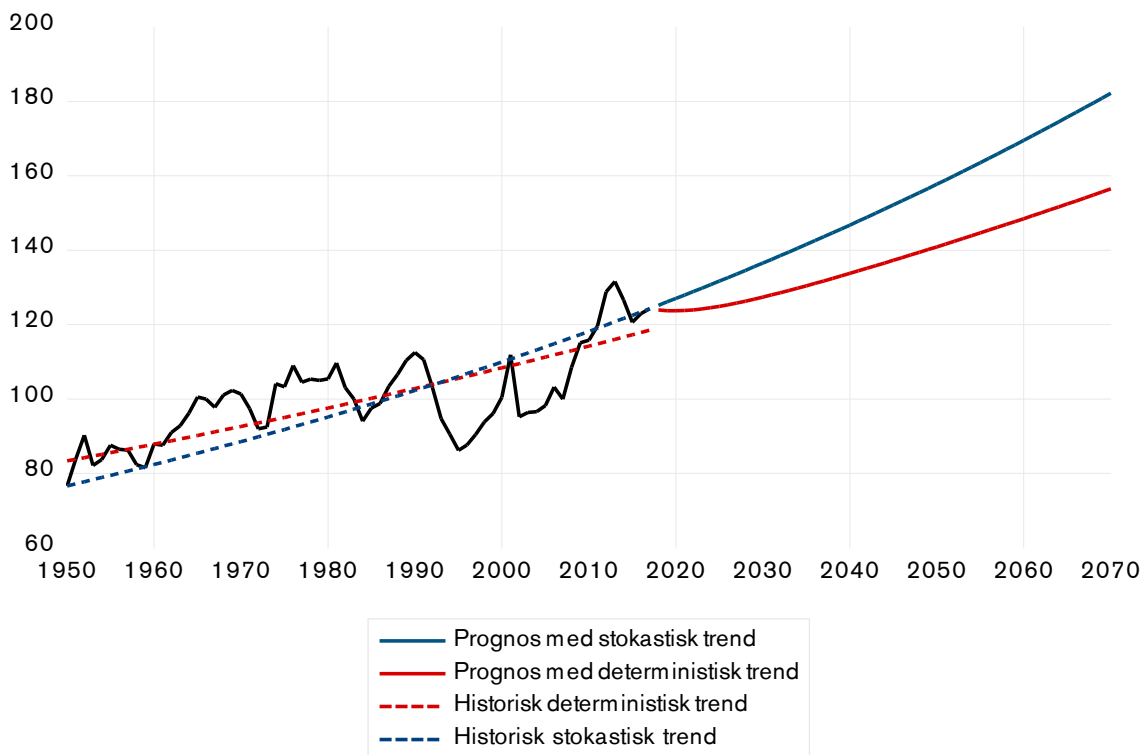
Om data är stationär påverkas nivån på lång sikt inte av tillfälliga slumpmässiga förändringar i utvecklingen. Om en trend finns i data sägs den vara *deterministisk*. Serien kommer på sikt att konvergera mot dataseriens medelvärde eller mot banan för den deterministiska trenden om en sådan finns. Nedan illustreras för EEF2 en prognosmodell med deterministisk trend (röd linje). I detta fall ligger det sista utfallsvärdet (svart heldragen linje) något över den skattade deterministiska

¹⁵ I riktlinjerna står att EEF1 – EEF4, som utgör över 90 % av de totala kostnaderna, ska modelleras med exponentiell trend. För EEF5 – EEF8 finns inga riktlinjer på denna punkt.

¹⁶ Här avses så kallad *svag stationäritet*, se t.ex. s. 45 i Hamilton (1994)

trenden (röd streckad linje). Givet antagandet om trendstationaritet är detta utfall en tillfällig chock och prognosbanan kommer därför successivt¹⁷ att återgå mot den identifierade trenden på sikt.

Diagram 5. Illustration av deterministisk respektive stokastisk (exponentiell) trend för EEF2

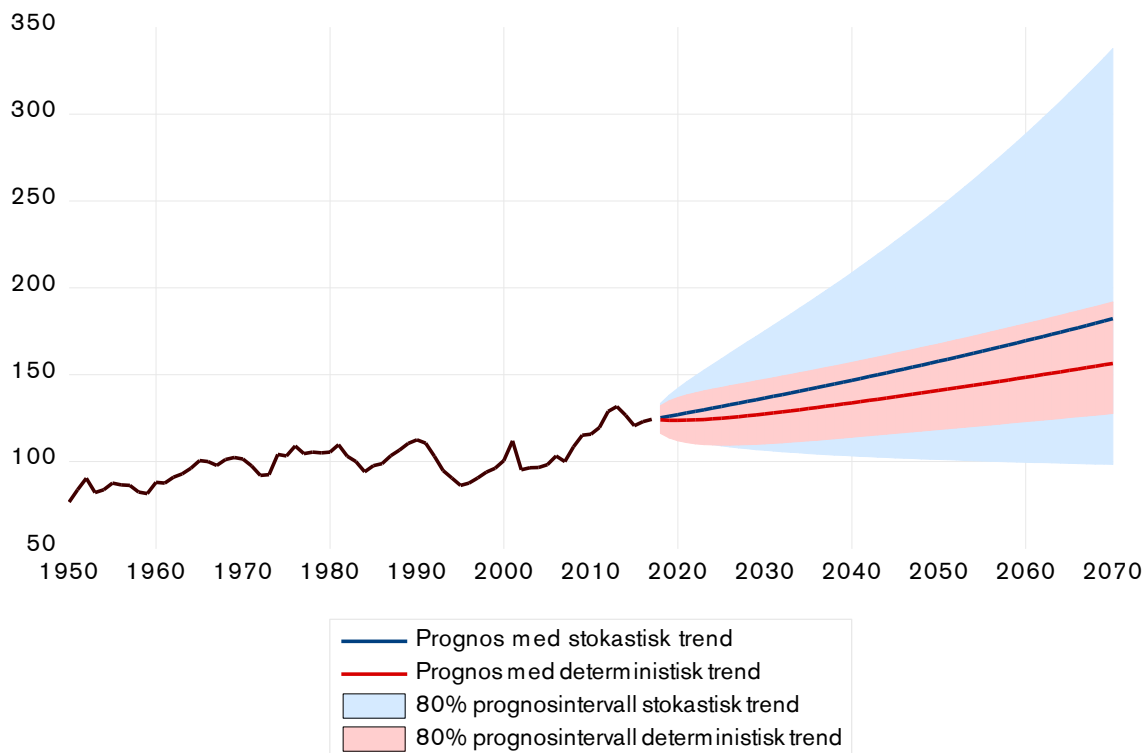


Källa: Egna beräkningar.

Om data inte är stationär är det annorlunda. Slumpmässiga förändringar i tillväxten får varaktiga effekter på nivån, och om en trend finns sägs den vara *stokastisk*. En tillfälligt hög tillväxttakt har ingen tendens att motverkas av en lägre tillväxttakt längre fram, eftersom det inte finns någon deterministisk trendnivå som serien dras tillbaka mot. Den trendmässiga utvecklingen i en prognosmodell med stokastisk trend skattas som den historiskt observerade tillväxttakten i serien. Detta innebär att seriens nivå vid en given tidpunkt är lika med startvärdet plus alla de chocker som historiskt ägt rum. Eftersom den trendmässiga utvecklingen ges av den genomsnittliga tillväxttakten i serien kommer en prognos från en modell med stokastisk trend att vara en linje (rak eller kurvad beroende på om trenden är linjär eller exponentiell) som regelmässigt går genom första och sista utfallsvärdet. För EEF2 innebär det att prognosbanan från en modell med stokastisk trend konsekvent kommer att ligga över den som ges av prognosmodellen med deterministisk trend.

¹⁷ En följd av att modellen innehåller autoregressiva termer är att den successivt fasas tillbaka till trendnivån istället för att direkt ansluta sig till trenden första prognosåret.

Diagram 6. Illustration av konfidensintervall för modeller med deterministisk respektive stokastisk trend



Källa: Egna beräkningar.

Förutom skillnader i prognosbana får valet av deterministisk eller stokastisk trend (ofta större) betydelse för bedömningen av osäkerheter kring den förväntade prognosbanan. De breda prognosintervallen för modellen med stokastisk trend är en direkt effekt av att feltermen i modellen inte är stationär. Det innebär att chocker blir varaktiga, då det inte finns någon deterministisk trendnivå som serien dras tillbaka till. Omvänt gäller för modellen med deterministisk trend, där prognosintervallen blir snäva då chocker inte blir varaktiga utan har en tendens att återgå till trendnivån.

Det finns i den akademiska litteraturen en rad olika statistiska tester för att undersöka om data är (trend)stationär eller stationär i första differens, där de vanligast förekommande är implementerade i ekonometriska programvaror såsom Stata och Eviews. Eftersom det finns en mängd olika tester uppstår frågan om vilket test som ska användas. Därtill är det inte sällan så att olika test ger olika resultat vilket ytterligare komplicerar möjligheten att dra tillförlitliga slutsatser om stationaritet för vissa dataserier. I tillägg till statistiska tester kan det i vissa fall finnas skäl att på teoretisk grund göra antaganden om huruvida en variabel kan antas följa en stationär eller icke-stationär process.

Riksgälden bedömer att det, givet SKB:s metod, är lämpligt att använda statistiska tester som utgångspunkt för att avgöra om dataserien ska modelleras som stationär eller icke-stationär. Däremot bedöms det inte möjligt att i detalj reglera vilket test som ska användas då det kan skilja sig

från fall till fall¹⁸. I de riktlinjer som SSM tidigare tagit fram finns heller ingen reglering av hur stationäritetsantagandet ska göras.

Utvärdering av SKB:s prognosmodeller

Granskning utifrån riktlinjer och benchmarkmodeller

Utgångspunkten för granskningen av SKB:s prognoser är de riktlinjer som SSM (2016) fastställde och applicerade i det senaste förslaget på avgifter och säkerheter för perioden 2018 - 2020. Dessa riktlinjer togs fram med utgångspunkt i de tidigare granskningar som gjorts av SKB:s prognosmetod och fastställer viktiga principer som bör beaktas när prognoserna tas fram. Riktlinjerna leder inte i sig självt fram till unika prognosmodeller, vilket heller inte var ändamålet då det enligt bestämmelserna i finansieringsförordningen är SKB:s uppgift att ta fram förväntade kostnader. Dessutom är det svårt, för att inte säga omöjligt, att reglera varje möjlig fråga som kan uppstå i prognosarbetet.

SKB har i Plan 2019, likt i Plan 2016, valt att inte fullt ut följa prognosriktlinjerna för alla EEF i den kostnadsberäkning som företaget menar ska ligga till grund för kärnavfallsavgifter och säkerheter. SKB har däremot, för de fall där riktlinjerna inte följs, skattat alternativa prognosmodeller i enlighet med riktlinjerna och tagit fram en kostnadsberäkning för dessa alternativ. De prognosmodeller som redovisas i det som följer är de som SKB förordar och inte de alternativa prognosmodellerna.

Förutom att avgöra om att SKB:s prognoser uppfyller riktlinjerna är det av intresse att se vilka kostnadseffekter som uppkommer till följd av olika modellval. För att göra det är det nödvändigt att kunna ställa SKB:s prognoser mot ett alternativ. I detta syfte har Riksgälden skattat så kallade benchmark-modeller som till fullo uppfyller riktlinjerna. Dessa möjliggör en beräkning av kostnadseffekterna av SKB:s avvikelser från riktlinjerna. Eftersom riktlinjerna inte leder till ett unikt val av prognosmodell är det dessutom av intresse att kunna göra känslighetsanalyser av olika antaganden, framförallt gällande om dataserierna antas vara stationära. Detta möjliggörs genom att mer än en benchmarkmodell tas fram för de serier som inte är tillräckligt informativa för att dra säkra slutsatser om stationäritet.

Metod för att ta fram benchmark-modeller

Nedan beskrivs det analyschema som Riksgälden har använt för att ta fram benchmark-modeller för respektive EEF, vilket i många avseenden liknar det som KI (2017) använde vid framtagning av alternativa prognosmodeller för Plan 2016 på uppdrag av SSM.

Analysen genomförs med hjälp av ekonometriprogrammet Eviews. Programmet har en automatisk procedur där man för den aktuella tidsserien, via ett antal beslutskriterier, arbetar sig fram till en bestämd modellspecifikation. En viktig anledning till att som ett första steg förlita sig på Eviews automatiska procedur är transparens. Genom att ha Eviews automatiska procedur som utgångspunkt tydliggörs att analysen genomförs förutsättningslöst. Signifikans på 5 % nivå används för att definiera kritiska värden, vilket är ett standardmässigt förfarande.

¹⁸ Olika tester för stationäritet har olika egenskaper beroende på hur den faktiska (okända) datagenererande processen ser ut.

Med bakgrund i tidigare diskussion om funktionsform i föregående kapitel skattas alla modeller på logaritmerad data, benämnd *Log* i modellspecifikationen. De modeller som SKB skattar i otransformerad form benämns *Lin* i modellspecifikationen.

I Eviews automatiska procedur används det så kallade KPSS-testet¹⁹ för att testa för stationaritet. Som noterats finns dock en rad olika statistiska tester för att testa för stationaritet, och som en känslighetsanalys genomförs även det så kallade ADF-testet som testar stationaritetshypotesen från motsatt håll²⁰. Om KPSS-testet och ADF-testet inte ger ett entydigt resultat så skattas två benchmark-modeller, en stationär (benämnd *S* eller *TS*) och en icke-stationär (benämnd *RW*). Detta möjliggör en känslighetsanalys av vad stationaritetsantagandet har för effekt på prognoser och de skattade kostnaderna i de fall antagandet är förknippat med osäkerhet. I det fall KPSS-testet och ADF-testet ger samma resultat skattas bara en benchmark-modell.

Efter att antaganden om funktionsform och stationaritet gjort används Eviews automatiska procedur för att bestämma modellspecifikation, dvs. att bestämma ARIMA-struktur och att estimeras modellens parametrar.

Analysschemat kan sammanfattas som följer:

1. För samtliga EEF postuleras en logaritmisk funktionsform²¹
2. Test för stationaritet med utgångspunkt i två olika test, dels KPSS-testet med stationaritet som nollhypotes, dels ADF-testet med icke-stationaritet som nollhypotes.
3. Om testen ger olika resultat skattas två benchmark-modeller, en stationär och en icke-stationär
4. Utvärdering med Eviews automatiska procedur med användning av Hannan-Quinn (HQ) informationskriterie²² för att hitta den bästa modellen baserat på resultaten ovan.
5. Prognoser beräknas för vald prognosmodell.

Benchmark-modellerna som tas fram jämförs sedan med SKB:s prognoser med avseende på prognosbana samt kostnadseffekterna som fås av att applicera de olika prognosmodellerna på SKB:s kostnadsberäkning. Vidare görs en bedömning av SKB:s prognos för respektive EEF med utgångspunkt i om de följer de framtagna riktlinjerna för EEF.

EEF1 – Reala enhetsarbetskostnader i tjänstesektorn

Prognosmodeller för EEF1

I enlighet med analys-schemat som valts skattas EEF1 (likt alla EEF) i logaritmerad form. Med KPSS-testet kan inte nollhypotesen att data är trendstationär förkastas på 5 % signifikansnivå. ADF-testet ger samma utslag, det vill säga att det testets nollhypotes om en random walk kan förkastas. Följaktligen skattas benchmarkmodellen med en (exponentiell) deterministisk trend. Eviews testprocedur indikerar att bästa modellen har två autoregressiva (AR) termer enligt HQ-kriteriet.

¹⁹ Kwiatowski, D., P.C.B. Phillips, P. Schmidt och Y. Shin (1992)

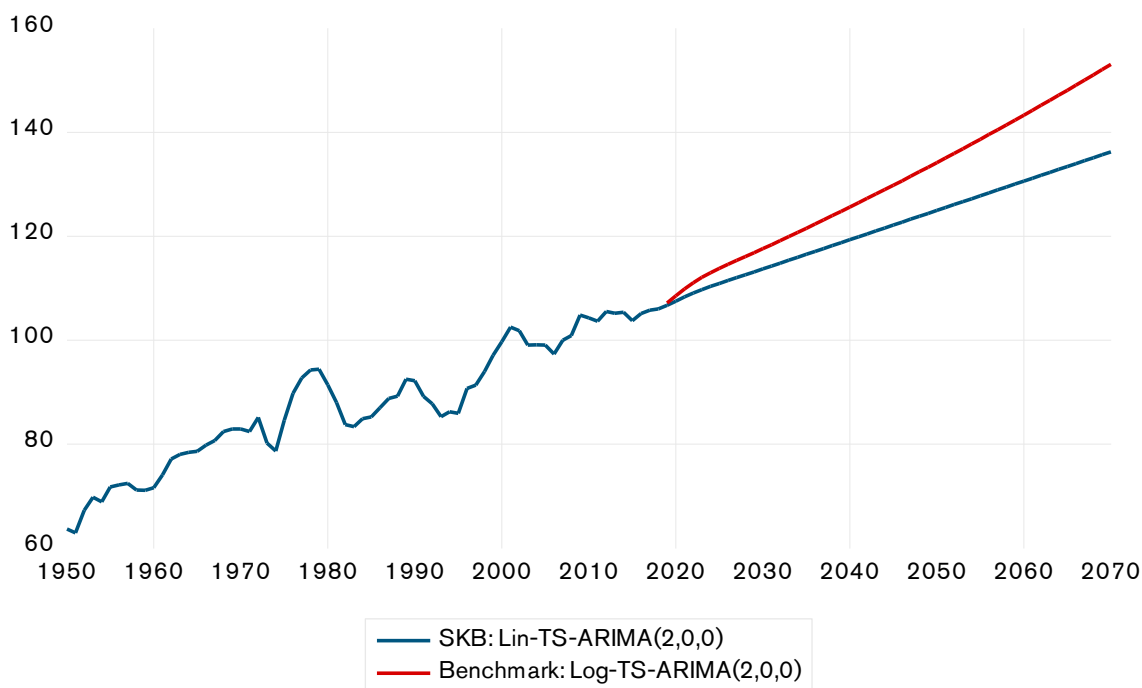
²⁰ ADF-testet har, till skillnad från KPSS-testet, nollhypotesen att data följer en random walk

²¹ Det kan här till noteras att Eviews automatiska test för heteroskedasticitet rekommenderar en logaritmisk funktionsform för de flesta EEF. Det kan alltså finnas statistiska skäl, i tillägg till de teoretiska skäl som tidigare anförts, till att skatta modellerna på logaritmerad data.

²² HQ-kriteriet är ett av de tre vanligt förekommande statistiska informationskriterier och är en kompromiss mellan att ge favorit till en liten modell (SIC) och en stor modell (AIC)

SKB:s modellval för EEF1 är en trendstationär modell med linjär trend och två AR-termer, det vill säga en liknande modellspecifikation med (den viktiga) skillnaden att trendspecifikationen är linjär och inte exponentiell.

Diagram 7. Prognoser för EEF1



Källa: SKB och egna beräkningar.

Benchmark-prognosen för EEF1 innebär en successiv infasning mot en konstant långsiktig tillväxttakt på 0,66 % per år. Det innebär att EEF1 stiger från ett värde om 106,0 år 2018 till 153,1 år 2070.

SKB:s prognos för EEF1 innebär en successiv infasning mot en långsiktig (absolut) tillväxttakt om 0,56 *indexenheter* per år. Procentuellt innebär detta att tillväxttakten i serien successivt minskar under prognosperioden för att nå 0,42 % per år 2070. Att tillväxttakten minskar är en följd av den linjära trendspecifikationen. Detta innebär att EEF1 stiger från ett värde om 106,2 år 2018 till 136,3 år 2070.

Tabell 3. Kostnadseffekt från olika prognoser av EEF1 (miljarder kronor)

Modell	Modellspecifikation	Kostnad innan EEF	Kostnad efter EEF	Effekt av EEF-uppräkning
SKB	Lin-TS-ARIMA(2,0,0)	38,2	41,9	3,7
Benchmark	Log-TS-ARIMA(2,0,0)	38,2	43,7	5,5
<i>Skillnader</i>		0	1,8	1,8

Skillnaden i att använda en exponentiell trend, motsvarande ett antagande om en konstant procentuell utveckling, resulterar i en kostnadsökning om 1,8 miljarder kronor, allt annat lika²³.

Bedömning EEF1

SKB:s modell uppfyller inte riktlinjerna för EEF då den skattas med en linjär trend. Detta leder till en prognosticerad förändringstakt som successivt sjunker i procentuella termer vilket bedöms vara ett orealistiskt scenario som riskerar att underskatta de förväntade kostnaderna för den enligt SKB viktigaste insatsfaktorn i kärnavfallsprogrammet. I tillägg till modellen ovan har SKB skattat en alternativ prognos för EEF1 och tagit fram ett alternativt kostnadsunderlag baserat på denna prognos. Den av SKB framtagna alternativa prognosen är identisk med den benchmark-modell som Riksgälden tagit fram. Vad gäller stationäritet ger både KPSS-testet och ADF-testet stöd för valet av en stationär modell.

Riksgäldens bedömning är att SKB:s alternativa prognos framtagna i enlighet med riktlinjerna, och som ger samma resultat med Riksgäldens benchmarkmodell, bör användas istället för den prognos SKB:s förordade i Plan 2019.

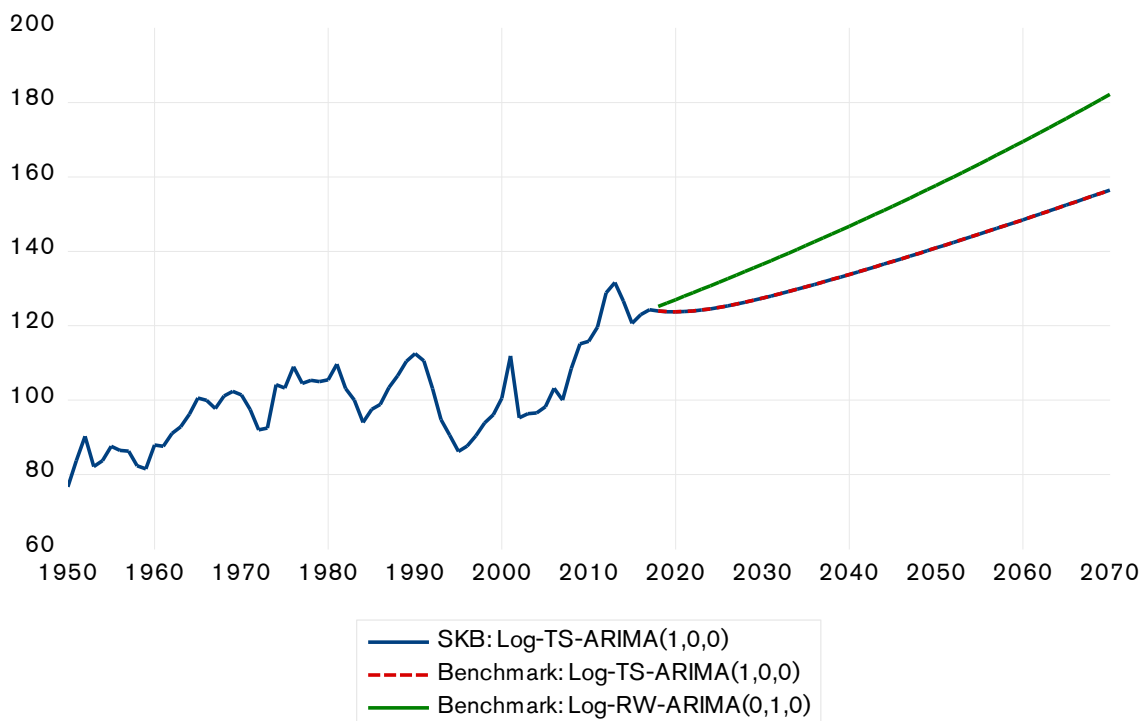
EEF2 - Reala enhetsarbetskostnader i byggsektorn

Prognosmodeller för EEF2

Enligt KPSS-testet kan inte nollhypotesen att data är trendstationär förkastas på 5 % signifikansnivå. ADF-testet ger motsatt resultat, där nollhypotesen om random walk inte kan förkastas. Därför skattas två benchmarkmodeller - en med en (exponentiell) deterministisk trend och en med (exponentiell) stokastisk trend. Eviews testprocedur indikerar att bästa trendstationära modellen har en AR-term, medan samma testprocedur för modellen stokastisk trend leder till en specifikation utan ARMA-termer (en random walk med drift).

SKB:s modellval för EEF2 är en trendstationär modell med exponentiell trend och en AR-term, vilket är identiskt med den trendstationära benchmarkmodell som tagits fram, *Log-TS-ARIMA(1,0,0)*.

²³ I tillägg ökar de förväntade kostnaderna, som erhålls från SKB:s simuleringsmodell, ytterligare. Resultaten från denna kan inte entydigt knytas till en EEF, men den totala ökningen beaktas när det avgiftsgrundande underlaget beräknas (se sammanfattande bedömning).

Diagram 8. Prognoser för EEF2

Källa: SKB och egna beräkningar.

Benchmark-prognosen med den stationära modellen för EEF2 innebär en successiv infasning mot en konstant långsiktig tillväxttakt om 0,53 % per år. Det innebär att EEF2 stiger från ett värde om 124,3 år 2018 till 156,5 år 2070. Benchmark-prognosen med den icke-stationära modellen för EEF2 innebär en från första prognosåret konstant långsiktig tillväxttakt om 0,72 % per år. Det innebär att EEF2 stiger från ett värde om 124,3 år 2018 till 182,2 år 2070.

Skillnaden i prognosbanan för de två benchmarkmodellerna beror på att den trendstationära modellen återgår till en historisk deterministisk trend, medan den icke-stationära modellen inte har någon sådan tendens. Istället kedjas den historiska tillväxttakten i serien på det senaste utfallsvärdet.

Tabell 4. Kostnadseffekt från olika prognoser av EEF2 (miljarder kronor)

Modell	Modellspecifikation	Kostnad innan EEF	Kostnad efter EEF	Effekt av EEF-uppräknig
SKB	Lin-TS-ARIMA(2,0,0)	14,0	15,3	1,3
Benchmark (stationär)	Log-TS-ARIMA(2,0,0)	14,0	15,3	1,3
Benchmark (icke-stationär)	Log-TS-ARIMA(2,0,0)	14,0	16,4	2,4
<i>Skillnader</i>		0	0 till 1,2	0 till 1,2

Skillnaden i att använda den icke-stationär benchmarkmodellen motsvarar en kostnadsökning om 1,2 miljarder kronor. Skillnaden mellan SKB:s modell och den trendstationära modellen är noll då modellerna är identiska.

Bedömning EEF2

Beroende på vilket statistiskt test som används kan olika slutsatser dras om huruvida dataserien är stationär eller inte, vilket innebär att serien inte är tillräckligt informativ för att dra en säker slutsats. Prognosen för EEF2 är således känslig för variationer i antagande om stationäritet, och motsvarar en skillnad i de beräknade kostnaderna på ca 1,2 miljarder kronor.

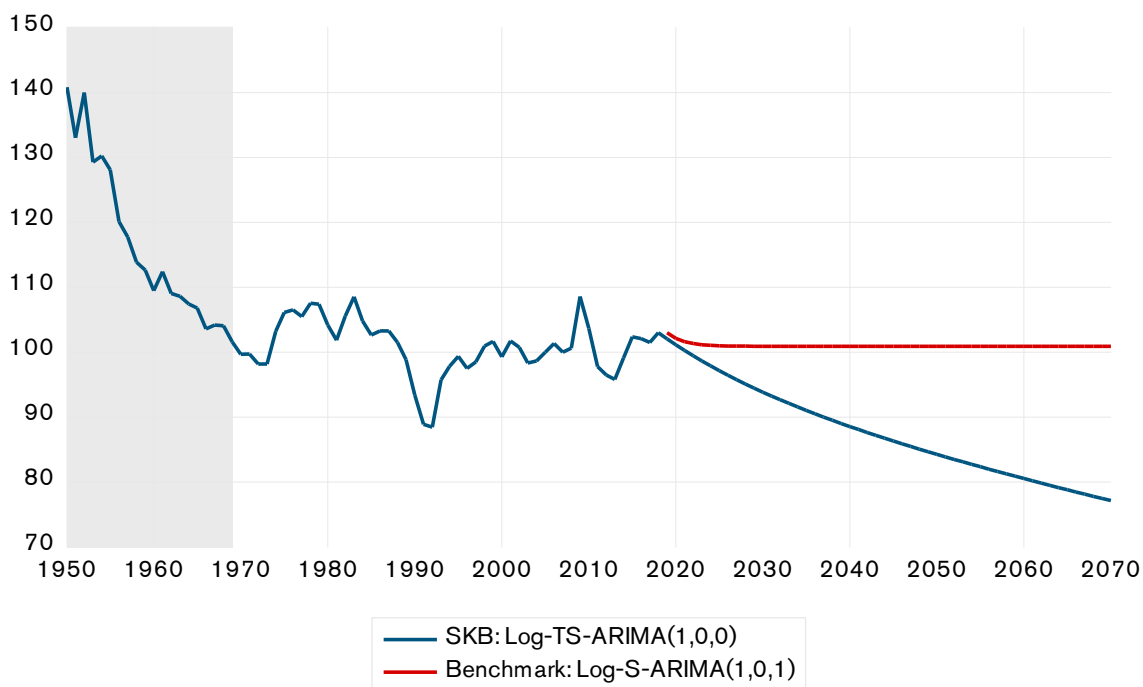
SKB:s modell för EEF2 uppfyller riktlinjerna för EEF och sammanfaller med den skattade trendstationära benchmarkmodellen.

EEF3 - Reala maskinpriser

Prognosmodeller för EEF3

Enligt KPSS-testet kan inte nollhypotesen att data är stationär i nivå förkastas på 5 % signifikansnivå. ADF-testet ger samma resultat, där nollhypotesen om random walk kan förkastas. Eviews testprocedur indikerar att bästa stationära modellen har en AR-term och en (glidande medelvärde) MA-term.

SKB använder historisk data från 1950, vilket avvisats av KI i tidigare granskningar. Detta innebär att SKB:s prognos baseras på annat underlag än benchmark-modellen. Konsekvensen av att inkludera data för perioden 1950-1969 blir att SKB:s modell ger en negativ (exponentiell) trend med en AR-term.

Diagram 9. Prognoser för EEF3

Källa: SKB och egna beräkningar.

Benchmark-prognosen med den stationära modellen för EEF3 innebär en successiv infasning mot en det historiska medelvärdet av serien. Det innebär att EEF3 sjunker något från ett värde om 103,0 år 2018 till 100,9 år 2070.

Konsekvensen av att inkludera den historiska perioden 1950-1968 blir att SKB erhåller en modell med en negativ trend, som efter infasningen går mot en negativ långsiktig tillväxttakt om -0,42 % per år. Prognosen går från ett värde om 103,0 år 2018 till 77,1 år 2070.

Tabell 5. Kostnadseffekt från olika prognoser av EEF3 (miljarder kronor)

Modell	Modellspecifikation	Kostnad innan EEF	Kostnad efter EEF	Effekt av EEF-uppräknig
SKB	Log-TS-ARIMA(1,0,0)	22,2	19,4	-2,8
Benchmark (stationär)	Log-S-ARIMA(1,0,1)	22,2	21,8	-0,4
<i>Skillnader</i>		0	2,3	2,3

Den stora skillnaden i kostnader om 2,3 miljarder kronor beror helt och hållet på att SKB bakåt i tid kedjar på ett dataunderlag med uppenbara (och tidigare påpekade) brister, vilket leder till en prognos som har nedåtgående trend.

Bedömning EEF3

SKB:s prognosmodell för EEF3 uppfyller inte riktlinjerna för EEF, då inte skattas på det dataunderlag som tagits fram av KI. Istället används ett dataunderlag som har stora brister och mäter fel variabel från 1950-1968, vilket redan har påpekats i flera tidigare granskningar. SKB framför inga nya argument för varför denna dataserie bör användas. I tillägg till den av SKB förordade prognosmodellen för EEF3 har SKB skattat en alternativ prognosmodell på samma dataunderlag som Riksgälden, som nära sammanfaller med benchmarkmodellen som tagits fram. Vad gäller stationäritet ger både KPSS-testet och ADF-testet stöd för en stationär modell.

Riksgäldens bedömning är att den SKB:s alternativa prognos framtagen i enlighet med riktlinjerna för EEF bör användas istället för SKB:s förordade prognos i Plan 2019.

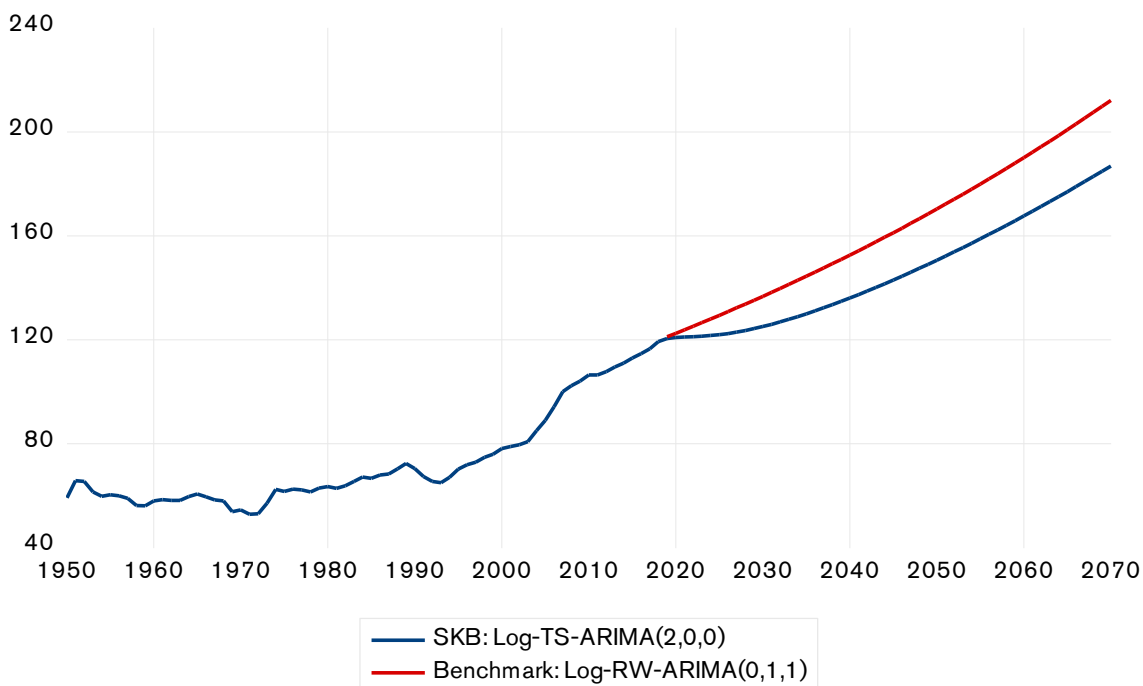
EEF4 – Reala byggmaterialkostnader

Prognosmodeller för EEF4

Enligt KPSS-testet kan nollhypotesen att data är stationär i nivå förkastas på 5 % signifikansnivå. ADF-testet ger samma resultat, där nollhypotesen om random walk inte kan förkastas. Eviews testprocedur indikerar att bästa icke-stationära modellen har en MA-term. Modellalet blir alltså en typ av random walk-modell.

Den testprocedur som SKB använder för stationäritet ger, till skillnad från Riksgäldens analyschema, resultatet att EEF4 är trendstationär och att en logaritmisk funktionsform ansluter bäst till data. Modellen som skattas har två AR-termer.

Diagram 10. Prognoser för EEF4



Källa: SKB och egna beräkningar.

Benchmark-prognosen med den icke-stationära modellen för EEF4 innebär en från första prognosåret konstant långsiktig tillväxttakt om 1,11 % per år. Det innebär att EEF4 stiger från ett värde om 119,3 år 2018 till 212,2 år 2070.

SKB:s prognos för EEF4 innebär en successiv infasning mot en trend motsvarande en långsiktig tillväxttakt om 1,10 %, vilket motsvarar benchmarkmodellen. Eftersom modellen är trendstationär föregås detta dock av en successiv infasning som innebär en långsammare tillväxttakt under de första åren. Detta innebär att prognosbanan konsekvent ligger under benchmark-modellen och att EEF4 stiger från ett värde om 106,2 år 2018 till 186,9 år 2070.

Tabell 6. Kostnadseffekt från olika prognoser av EEF4 (miljarder kronor)

Modell	Modellspecifikation	Kostnad innan EEF	Kostnad efter EEF	Effekt av EEF-uppräknig
SKB	Log-TS-ARIMA(2,0,0)	6,4	7,1	0,6
Benchmark (icke-stationär)	Log-RW-ARIMA(0,1,1)	6,4	7,7	1,3
<i>Skillnader</i>		0	0,6	0,6

Skillnader i antagande om stationäritet leder till skillnaden om 0,6 miljarder kronor i kostnadsjusteringen för EEF4.

Bedömning EEF4

Benchmarkmodellen har samma långsiktiga tillväxttakt som SKB:s, men till följd om antagandet om en random walk har denna ingen infasning mot en deterministisk trend, vilket leder till en prognosbana som konsekvent är högre än SKB:s. Att SKB kommer fram till ett annat modellval beror på att testproceduren för stationäritet skiljer sig från den som Riksgälden använt. Enligt de tester som Riksgälden genomfört förefaller serien bättre beskrivas av en random walk-process. SKB:s prognos för EEF4 uppfyller riktlinjerna för EEF.

EEF5 – Realt pris på koppar (USD)

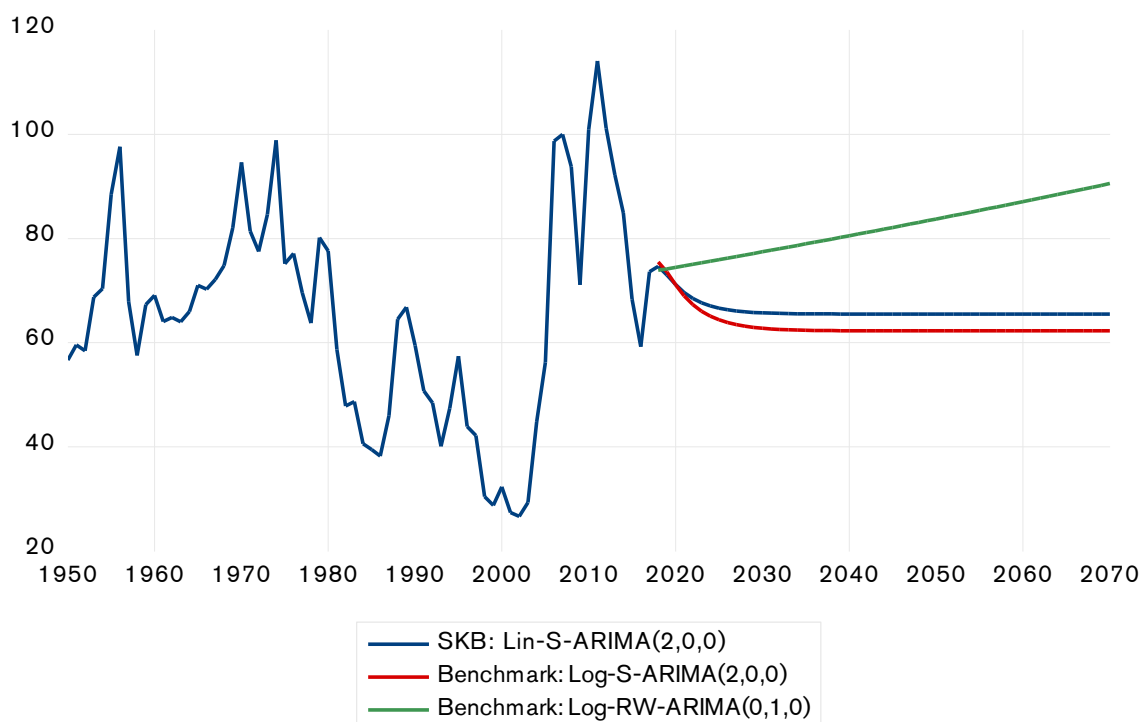
Prognosmodeller för EEF5

Enligt KPSS-testet kan inte nollhypotesen att data är stationär i nivå förkastas på 5 % signifikansnivå. ADF-testet ger motsatt resultat, där nollhypotesen om random walk inte kan förkastas. Därför skattas två benchmarkmodeller - en i nivå och en med (exponentiell) stokastisk trend. Eviews testproceduren indikerar att bästa stationära modellen har två AR-termer, medan samma testproceduren för modellen stokastisk trend leder till en specifikation utan ARMA-termer (en random walk med drift). Det kan noteras att den stokastiska trenden inte är signifikant skild från noll och att ett annat rimligt modellval, givet antagandet om icke-stationäritet, skulle kunna vara en random walk utan drift²⁴.

²⁴ Konjunkturinstitutet (2019) visade dock att modeller där drift termen inkluderas (i en random walk) ledde till mindre in-sample prognosfel för vissa EEF.

SKB:s modellval för EEF5 är en stationär modell med två AR-termer, vilket liknar den stationära benchmark-modell som Riksgälden tagit fram bortsett från att den är skattad på otransformerad data.

Diagram 11. Prognoser för EEF5



Källa: SKB och egna beräkningar.

Benchmark-prognosen med den stationära modellen för EEF5 innebär en successiv infasning mot dataseriens historiska medelvärde. Det innebär att EEF5 sjunker från ett värde om 73,6 år 2018 till 62,3 år 2070. Benchmark-prognosen med den icke-stationära modellen innebär en från första prognosåret konstant tillväxttakt om 0,39 % per år. Det innebär att EEF5 stiger från ett värde om 73,6 år 2018 till 90,6 år 2070.

SKB:s modell liknar den stationära benchmarkmodellen bortsett från att den långsiktiga nivån i serie är något högre. Detta är en effekt av att modellen skattas på otransformerad (till skillnad från logaritmerad) data. SKB:s prognos ger att EEF5 sjunker från ett värde om 73,6 år 2018 till 65,5 år 2070.

Tabell 7. Kostnadseffekt från olika prognoser av EEF5 (miljarder kronor)

Modell	Modellspecifikation	Kostnad innan EEF	Kostnad efter EEF	Effekt av EEF-uppräknig
SKB	Lin-S-ARIMA(2,0,0)	2,0	1,4	-0,6
Benchmark (stationär)	Log-S-ARIMA(2,0,0)	2,0	1,4	-0,6
Benchmark (icke-stationär)	Log-RW-ARIMA(0,1,0)	2,0	1,9	-0,1
<i>Skillnader</i>		0	0 till 0,4	0 till 0,4

Skillnaden mellan de olika prognosmodellerna är relativt stor sett till bara EEF5 men i får en i sammanhanget relativt modest kostnadspåverkan då EEF5 utgör en liten andel av de totala kostnaderna i kärnavfallsprogrammet²⁵.

Bedömning EEF5

Stationäritetstesterna som Riksgälden använt är inte konklusiva. Det finns heller inga uppenbara teoretiska skäl att välja en modellspecifikation framför den andra, vilket gör modellvalet svårt. SKB:s modell för EEF5 uppfyller riktlinjerna.

EEF6 – Realt pris på bentonit (USD)

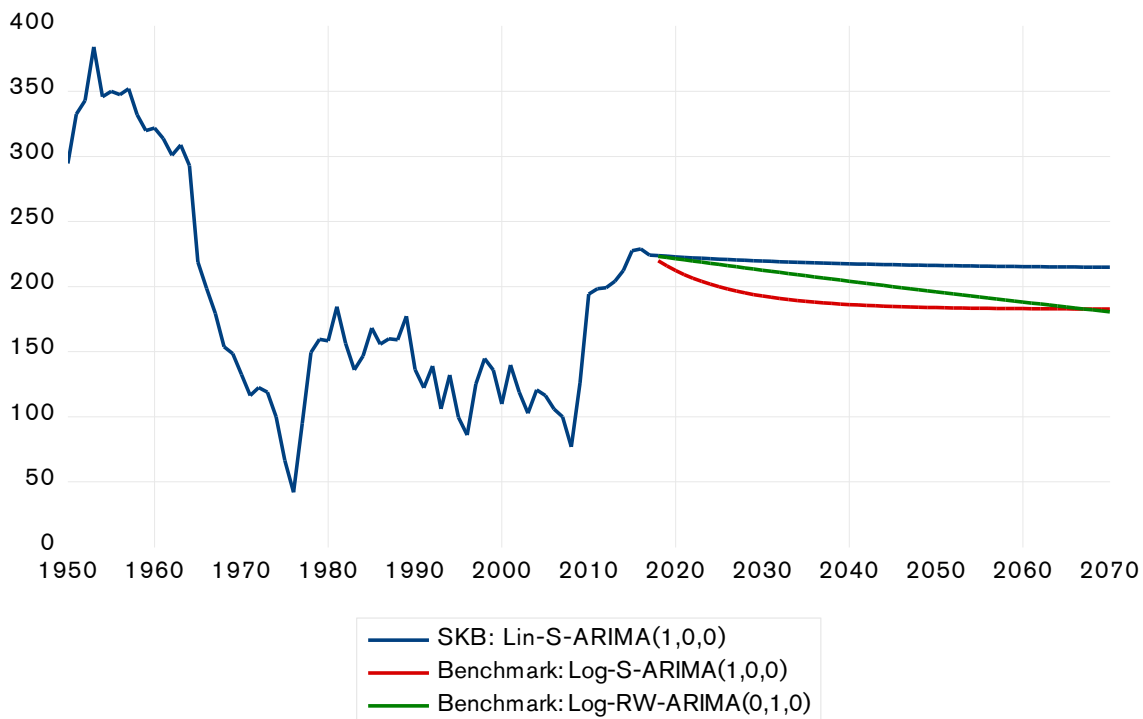
Prognosmodeller för EEF6

Enligt KPSS-testet kan inte nollhypotesen att data är stationär i nivå förkastas på 5 % signifikansnivå. ADF-testet ger motsatt resultat, där nollhypotesen om random walk inte kan förkastas. Därför skattas två benchmarkmodeller - en i nivå och en med (exponentiell) stokastisk trend. Eviews testprocedur indikerar att bästa stationära modellen har en AR-term, medan samma testprocedur för modellen med stokastisk trend leder till en specifikation utan ARMA-termer (en random walk med drift). Det kan noteras att drifftermen i random walk-modellen inte är signifikant skild från noll.

SKB:s modellval för EEF6 är en stationär modell med en AR-term, vilket liknar den stationära benchmark-modell som Riksgälden tagit fram bortsett från att den är skattad på otransformerad data.

²⁵ Notera att EEF5 (och EEF6) prognosticeras i USD och därefter behöver konverteras till SEK för att avgöra kostnadseffekten. Det görs genom att använda SKB:s prognosmodell för EEF8.

Diagram 12. Prognoser för EEF6



Källa: SKB och egna beräkningar.

Benchmark-prognosen med den stationära modellen för EEF6 innebär en successiv infasning mot dataseriens historiska medelvärde. Det innebär att EEF6 sjunker från ett värde om 224,2 år 2017 till 182,4 år 2070. Benchmark-prognosen med den icke-stationära modellen innebär en från första prognosåret konstant negativ förändringstakt om -0,41 % per år. Det innebär att EEF6 sjunker från ett värde om 224,2 år 2017 till 180,6 år 2070.

SKB:s modell liknar den stationära benchmarkmodellen bortsett från att den långsiktiga nivån i serie är något högre. Detta är en effekt av att modellen skattas på otransformerad (till skillnad från logaritmerad) data. SKB:s prognos ger att EEF6 sjunker från ett värde om 224,2 år 2018 till 214,8 år 2070.

Tabell 8. Kostnadseffekt från olika prognoser av EEF6 (miljarder kronor)

Modell	Modellspecifikation	Kostnad innan EEF	Kostnad efter EEF	Effekt av EEF-uppräknig
SKB	Lin-S-ARIMA(1,0,0)	1,4	1,1	-0,3
Benchmark (stationär)	Log-S-ARIMA(2,0,0)	1,4	1,0	-0,4
Benchmark (icke-stationär)	Log-RW-ARIMA(0,1,0)	1,4	1,0	-0,4
<i>Skillnader</i>		0	-0,1	-0,1

Skillnaderna i prognosbanans effekt på kostnaderna, där SKB:s modell leder till en något högre bedömning än båda benchmarkmodellerna, är i sammanhanget liten då EEF6 utgör en liten andel av de totala kostnaderna.

Bedömning EEF6

Valet mellan en stationär eller random walk-modell är svårt att göra på statistisk grund, och det finns heller inga uppenbara teoretiska skäl att anta att bentonitpris beskrivs bäst av en stationär eller random walk-process. Dessbättre är skillnaden i prognosbana inte särskilt stor och får ingen större påverkan för bedömningen av de förväntade kostnaderna. SKB:s modell för EEF6 uppfyller riktlinjerna.

EEF7 – Realt effektivitetsjusterat elpris

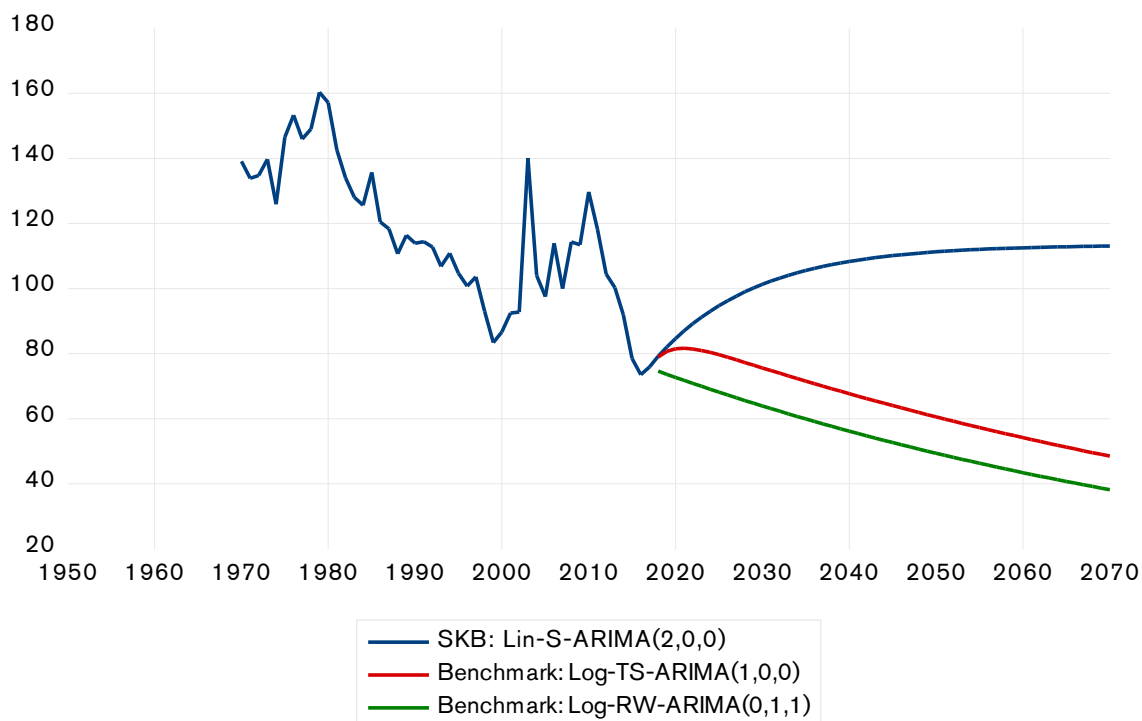
Prognosmodeller för EEF7

Enligt KPSS-testet är EEF7 trendstationär, medan ADF-testet inte kan förkasta nollhypotesen om enhetsrot. Båda modellerna leder till modeller med en negativ trend, deterministisk för den trendstationära modellen respektive stokastisk för den icke-stationära. Den trendstationära modellen har en AR-term för feltermen medan random walk-modellen²⁶ har en MA-term. Det kan noteras att drift-termen i random walk-modellen inte är signifikant skild från noll.

SKB:s gör bedömningen att dataserien är stationär i nivå, vilket grundar sig dels på en statistisk bedömning att serien inte har en signifikant tidstrend²⁷ och enhetsrotstesterna som SKB testat med har alternativhypotes om stationäritet i nivå. Därtill anför SKB teoretiska skäl till varför det är orimligt att anta att energipriserna på lång sikt kommer att falla.

²⁶ Strikt sett inte en random walk då den har en MA-term för tillväxttakten, men denna får liten konsekvens för prognosbanan.

²⁷ I en random walk-modell är konstanten (drift-termen) inte signifikant skild från noll.

Diagram 13. Prognoser för EEF7

Källa: SKB och egna beräkningar.

Benchmark-prognosen med den trendstationära modellen för EEF7 innebär en successiv infasning mot den identifierade deterministiska trenden, motsvarande en långsiktig negativ förändringstakt om 1,11 % per år. Det innebär att EEF7 sjunker från ett värde om 75,9 år 2017 till 48,5 år 2070. Benchmark-prognosen med den icke-stationära modellen innebär en från första prognosåret konstant negativ förändringstakt om -1,3 % per år. Det innebär att EEF7 sjunker från ett värde om 75,9 år 2017 till 38,2 år 2070.

SKB:s modell skiljer sig signifikant från båda de skattade benchmarkmodellerna på grund av antagandet om att serien är stationär i nivå och därför kommer att återgå till sitt historiska medelvärde. Detta innebär att serien ökar från ett värde om 75,9 år 2017 till 113,1 år 2070.

Tabell 9. Kostnadseffekt från olika prognoser av EEF7 (miljarder kronor)

Modell	Modellspecifikation	Kostnad innan EEF	Kostnad efter EEF	Effekt av EEF-uppräknig
SKB	Lin-S-ARIMA(1,0,0)	4,2	5,5	1,3
Benchmark (stationär)	Log-TS-ARIMA(1,0,0)	4,2	3,4	-0,8
Benchmark (icke-stationär)	Log-RW-ARIMA(0,1,1)	4,2	3,1	-1,1
<i>Skillnader</i>		0	-2,1 till -2,4	-2,1 till -2,4

De stora skillnaderna i prognosbanor mellan SKB:s modell och benchmarkmodellerna leder till en stor skillnad (över 2 miljarder kr) för kostnadsbedömningen trots att EEF7 utgör en relativt liten del (7 %) av de totala kostnaderna i kärnavfallsprogrammet.

Bedömning EEF7

EEF7 illustrerar dels den känslighet som finns för metod- och parameterval med den tidsserieanalytiska ansats som SKB valt, och dels att de riktlinjer som tagits fram för EEF inte kan hantera alla möjliga överväganden som behöver göras vid prognosarbetet. Benchmarkmodellerna medför prognosbanor som, medan de från ett statistiskt perspektiv kan vara rimliga, framstår som osannolika givet bl.a. de teoretiska skäl som SKB framför. Riksgälden bedömer att den prognos som SKB gjort för EEF7 uppfyller riktlinjerna.

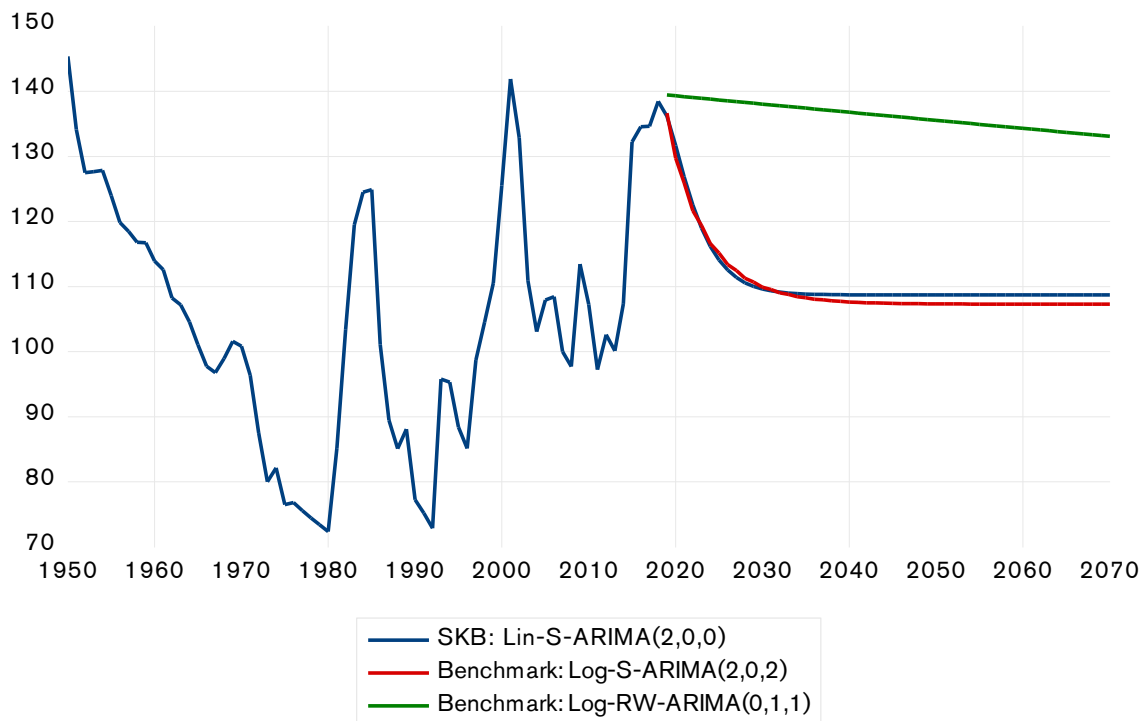
EEF8 – Real växelkurs SEK/USD

Prognosmodeller för EEF8

Enligt KPSS-testet är EEF8 stationär i nivå, medan ADF-testet inte kan förkasta nollhypotesen om random walk på 5 % signifikansnivå (men dock på 8 %). Två benchmarkmodeller skattas, där den stationära modell som ansluter bäst till data har två AR-termer och två MA-termer. Random walk-modellen har en MA-term. Drift-termen är inte signifikant skild från noll.

SKB skattar en stationär modell med två AR-termer som är lik den stationära benchmarkmodellen, där de små skillnaderna beror på att benchmarkmodellen är skattad på logaritmerad data.

Diagram 14. Prognoser för EEF8



Källa: SKB och egna beräkningar.

Benchmark-prognosen med den stationära modellen för EEF8 innebär en successiv infasning mot det historiska medelvärdet. Det innebär att EEF8 sjunker från ett värde om 138,5 år 2018 till 107,3 år 2070. Benchmark-prognosen med den icke-stationära modellen innebär en från första prognosåret konstant negativ förändringstakt om -0,1 % per år. Det innebär att EEF8 sjunker från ett värde om 138,5 år 2018 till 133,1 år 2070.

SKB:s stationära modell innebär en successiv infasning mot seriens historiska medelvärde, vilket innebär att EEF8 prognosticeras sjunka från värdet 138,5 år 2017 till 108,7 år 2070.

Tabell 10. Kostnadseffekt från olika prognoser av EEF8 (miljarder kronor)

Modell	Modellspecifikation	Kostnad innan EEF	Kostnad efter EEF	Effekt av EEF-uppräknig
SKB	Lin-S-ARIMA(2,0,0)	3,5	2,6	-0,9
Benchmark (stationär)	Log-S-ARIMA(2,0,2)	3,5	2,5	-0,9
Benchmark (icke-stationär)	Log-RW-ARIMA(0,1,1)	3,5	3,1	-0,3
<i>Skillnader</i>		0	0,6	0,6

Not: Avser indirekta effekter av att räkna om SKB:s prognoser för EEF5 och EEF6 med olika prognoser för EEF8.

Först bör noteras att EEF8 inte direkt används för att räkna upp någon del av kostnadsberäkningen som är noterad i SEK. Den får dock en indirekt effekt eftersom växelkursen används för att räkna om de prognosticerade värdena för EEF5 och EEF6, som uttrycks i USD, till SEK. Den stationära benchmarkmodellen ansluter nära till SKB:s modell och ger ingen skillnad i kostnadspåverkan, medan den icke-stationära benchmarkmodellen leder till en högre nivå på växelkursen framgent vilket ger en skillnad om 0,6 miljarder.

Bedömning EEF8

Bilaterala reala växelkurser har modellerats och utvärderats i en mängd vetenskapliga studier där en viktig fråga är om den reala växelkursen är stationär eller har enhetsrot, motsvarande ett test om köpkraftsparitet (PPP). Ett vanligt resultat i empiriska studier är att den bilaterala reala växelkursen inte är stationär och att teorin om köpkraftsparitet förkastas statistiskt även om det finns gott om avvikande resultat. Skillnaden i bedömningen för de förväntade kostnaderna beroende på stationaritetsantagande blir stort, men det är inte uppenbart varför den enda modellen skulle föredras framför den andra. Modellvalet blir därför svårt för EEF8. SKB:s modell för EEF8 uppfyller riktlinjerna för EEF.

Samlad bedömning av SKB:s prognoser och justeringar till kostnadsberäkningen

Utifrån granskningen av SKB:s prognoser för respektive EEF konstateras att SKB på några viktiga punkter avviker från riktlinjerna för prognoser av EEF.

För EEF1 har SKB använt en linjär, istället för exponentiell, trend. Om samma modell skattas med exponentiell trend leder det, allt annat lika, till en ökning av de deterministiskt beräknade kostnaderna (Kalkyl 50) på 1,8 miljarder kronor. Riksgäldens bedömer att en korrigerig av underlaget behöver göras för att minska risken för underskattningar av prisutvecklingen för denna serie.

För EEF3 har SKB använt ett dataunderlag som SSM och KI underkänt i flera tidigare granskningar, vilket leder till en modell med negativ trend. Om dataunderlaget korrigeras erhålls en modell som är stationär i nivå, en ökning av de deterministiskt beräknade kostnaderna på 2,3 miljarder kronor.

I tillägg till dessa direkta effekter om sammanlagt 4,1 miljarder kronor till SKB:s kostnadsberäkning tillkommer en ökning om 2,2 miljarder kronor till de förväntade kostnaderna. Detta beror på att SKB:s förväntade kostnader är ett resultat av en stokastisk beräkning där de skattade prognosbanorna för EEF är en viktig faktor. När kostnadsberäkningen som är indata till de stokastiska beräkningarna ökar kommer de förväntade kostnaderna att öka (en skaleffekt) till följd av många av sannolikhetsfördelningarna i SKB:s osäkerhetsmodell är högerskeva. Den sammanlagda justeringen till SKB:s kostnadsunderlag uppgår till 6,3 miljarder kronor.

Tabell 11. Resultat av granskning av EEF

EEF	Följer SKB riktlinjer för EEF?	Kostnadsjustering
EEF1	Nej. Linjär trend.	+ 1,8 miljarder kronor
EEF2	Ja.	0
EEF3	Nej. Dataunderlag underkänt.	+ 2,3 miljarder kronor
EEF4	Ja.	0
EEF5	Ja.	0
EEF6	Ja.	0
EEF7	Ja.	0
EEF8	Ja.	0
Medelvärdeshöjande effekt	Ej tillämpligt.	+ 2,2 miljarder kronor
Summa		+ 6,3 miljarder kronor

Not: Medelvärdeshöjande effekt avser den skaleffekt som uppkommer till följd av att inputvärden för EEF ökar i den simulering som SKB genomför för att komma från den deterministiska kostnadsräkningen till medelvärdet (grundkostnaderna, som används i beräkningen av kärnavfallsavgifter)

Vidare dras slutsatsen att prognoserna överlag är känsliga för antaganden om stationaritet, vissa serier mer än andra. Skillnaderna i prognosresultat som redovisas för respektive EEF är i de flesta fall enbart ett resultat av skillnader i antaganden för stationaritet, och ger därför en fingervisning om kostnadseffekterna som förväntas erhållas vid ett felaktigt stationaritetsantagande. Det är i många fall svårt att göra dessa antaganden eftersom statistiska tester inte ger konklusiva resultat. SKB antar att samtliga serier är stationära, även i de fall där valet knappast är självklart. Riksgälden ser ett behov av att SKB i framtida arbete redovisar känslighetsanalyser och motiveringar till grunderna för dessa antaganden.

Områden för framtida utredning

Riksgälden har som framgått ovan, i detta förslag på kärnavfallsavgifter och säkerheter, accepterat den ansats och de data, inklusive antaganden, som ligger till grund för SKB:s prognoser. Detta innebär inte att SKB:s metodval och arbete är oproblematiskt. Tvärtom finns det ett betydande antal brister som redan i dag har identifierats. Dessa frågor ligger dock inte inom ramen för denna

granskning. Riksgälden avser att fortsätta arbetet inom detta område. Några av de frågor som kan bli aktuella diskuteras nedan.

Representativitet i data – mäts det som avses?

SKB har utifrån de insatsfaktorer som bedömts vara viktigast i kärnavfallsprogrammet valt ut åtta dataserier som avser mäta den framtida prisutvecklingen. Förändringar av dataunderlaget har skett över tid, dels som en följd av KI:s synpunkter på hur vissa serier tagits fram, och dels som följd av att SKB bedömt att det finns mer representativa dataserier (t.ex. för EEF2).

Av dessa serier är EEF1, EEF2 och EEF7 justerade med avseende på produktivitet och effektivitet. Exempelvis mäter EEF1 och EEF2 inte löneutvecklingen i tjänste- respektive byggsektorn utan utvecklingen av *enhetsarbetskostnaden*, d.v.s. den produktivitetsjusterade arbetskraftskostnaden. Det implicita antagandet som görs av SKB genom användandet av breda branschaggregat som underlag för prognosframskrivningar är att kärnavfallsprogrammet kommer att kunna tillgodoräkna sig samma produktivitetstillväxt som historiskt ägt rum i tjänste- och byggsektorn.

För det första är det inte uppenbart att man inom ramen för redan igångsatta projekt fullt ut kan tillgodoräkna sig samma produktivitetsutveckling som t.ex. tjänstesektorn som helhet kommer ha. Det är till exempel tänkbart att teknologiska framsteg som medför effektivare resursanvändning inte får fullt genomslag i projekt som redan projekterats eller påbörjats, eftersom man till viss del låst sig vid en specifik teknik. Vad gäller kärnavfallsprogrammet har SKB i vissa avseenden låst metodval, till exempel vad gäller KBS3-konceptet för slutförvaring som av SKB betraktas som en fast förutsättning. Det är därför fullt tänkbart att den underliggande produktivitetsutvecklingen på branschnivå, som troligtvis har helt andra drivkrafter än en projektspecifik produktivitet, tenderar att överskatta den relevanta produktivitetsutvecklingen inom ramen för de olika projekten i kärnavfallsprogrammet. Om så är fallet innebär detta implicit att prognosen för den relevanta reala lönekostnaden per producerad enhet underskattas, eftersom löneutvecklingen åtminstone delvis blir oberoende av produktivitetsutvecklingen inom de olika projekten i kärnavfallsprogrammet.

En annan viktig aspekt i sammanhanget är att en väsentlig del av produktivitetstillväxten för en given sektor kan hänföras till att kvaliteten på produkter förbättras över tid. Produktivitetsförbättringar i kärnavfallsprogrammet kommer sannolikt åtminstone delvis uppnås genom kvalitets- och säkerhetsförbättringar, vilket förstås är eftersträfvansvärt. Det betyder samtidigt att den del av produktivitetsförbättringen som avser kvalitetsförbättringar inte kommer att innebära minskade kostnader, eftersom de inte minskar behovet av arbetskraft i kärnavfallsprogrammet. Dessutom kan en teknisk utveckling leda till ökade säkerhetskrav som ökar kostnaderna, även om kostnaderna för en given säkerhetsnivå faller, vilket är ett fenomen som observerats inom t.ex. sjukvården där nya behandlingsmetoder kan verka kostnadshöjande²⁸.

Det finns således anledning att utreda frågan om dataseriernas representativitet i framtida arbete med EEF. Som ett första steg bör SKB i framtida arbete med EEF redovisa och analysera de implicita produktivitetsantaganden som görs i prognoserna.

Metod – prognos eller scenario?

SKB argumenterar i Plan 2019 kortfattat för varför en tidsserieanalytisk ansats är att föredra framför en strukturell modell, och hävdar att det är mycket ovanligt att använda strukturella modeller som

²⁸ Se Hassler och Krusell (2015) för en mer omfattande redogörelse.

renodlade prognosmodeller. Detta synsätt står i kontrast till de arbetsmetoder som används av KI, OECD, IMF m.fl.

KI²⁹ drar en skiljelinje mellan prognos och scenario vid en prognoshorisont på ca 2 år. Med prognos avses ett försök att förutsäga den mest troliga utvecklingen för en variabel, medan ett scenario avser en konsistent beskrivning av variabelns utveckling som kan förväntas givet att ett antal förenklade antaganden är uppfyllda. Genom att variera dessa antaganden kan alternativa scenarier beräknas genom att ändra ett eller flera av de underliggande antaganden som huvudscenariot baseras på. Anledningen att inte göra prognos med en längre tidshorisont än ett par år är enligt KI att osäkerheten blir för stor – det anses vara alltför svårt att bedöma hur konjunkturen kommer att utvecklas på mer än ett par års sikt.

SKB:s prognoser för EEF sträcker sig 50 – 60 år framåt i tiden, en tidshorisont som alltså andra prognosinstitut sannolikt skulle angripa med modellbaserade scenarioanalyser. Genom att göra förenklade antaganden om viktiga makroekonomiska variabler skulle scenarier för den mest sannolika utvecklingen av (åtminstone vissa) EEF kunna tas fram. Genom att variera antagandena skulle mått på osäkerhet kring hur känsligt scenariot är för olika antaganden kunna erhållas. Resultaten av sådana analyser skulle kunna ställas mot SKB:s statistiska prognosframskrivningar för att se hur dessa förhåller sig till varandra, och utgöra en benchmark för antaganden som används inom övriga grenar av den statliga verksamheten.

Slutsatser

Med grund i den genomförda granskningen bedömer Riksgälden att SKB:s grundkostnader ska ökas med 6,3 miljarder kr. Denna justering är en konsekvens av prognosmodellerna för EEF skattas på det sätt som Riksgälden i denna granskning bedömer vara ändamålsenligt. Den beräkning som Riksgälden genomför av kärnavfallsavgifter och säkerheter kommer således att baseras på den alternativa grundkostnadsberäkning (1 16,4 miljarder kr) som SKB tagit fram i tillägg till de grundkostnader som SKB menar ska ligga till grund för kärnavfallsavgifter och säkerheter (1 10,0 miljarder kr).

Osäkerheten kring SKB:s prognoser för EEF är stor. Detta är dels en följd av att prognoshorisonten är mycket lång, dels av att dataserierna är volatila, vilket är en källa till osäkerhet som inte går att reducera oaktat vem som gör prognoser eller vilken metod som används. Givet modellval kan denna osäkerhet illustreras med konfidensintervall kring prognoserna, vilket SKB också gör. Därtill finns dock även en annan viktig källa till osäkerhet - nämligen de antaganden som görs för att komma fram till en modellspecifikation. Som granskningen visar är denna modellosäkerhet för många EEF stor och de antaganden som SKB gör, framförallt om stationäritet, är långt från självklara. SKB bör i framtida arbete göra känslighetsanalyser för att visa vad olika modellval leder till för konsekvenser för de förväntade kostnaderna, vilket helt saknas idag.

SKB:s arbete med EEF fokuserar huvudsakligen på den statistiska metoden och att försöka hitta den tidsseriemodell som bäst passar historisk data. Medan detta förstås är en viktig aspekt av prognosarbetet menar Riksgälden att en viktigare aspekt är att säkerställa att data som används är

²⁹ <https://www.konj.se/var-verksamhet/sa-gor-vi-prognoser/skillnad-mellan-scenario-och-prognos.html>

representativ för kärnavfallsprogrammet. Detta gäller speciellt de EEF-serier som är produktivitetsjusterade. Det finns anledning att tro att kärnavfallsprogrammet inte fullt ut kommer att kunna tillgodogöra sig samma produktivetsförbättringar som gäller för hela branschaggregat, vilket är det implicita antagandet idag. På detta område förväntar sig Riksgälden i SKB:s framtida arbete en mer transparent framställning som tydliggör de implicita produktivetsantagandena som görs i prognoserna, en känslighetsanalys av hur varierande produktivetsantaganden påverkar resultaten samt en tydligare motivering till de antaganden SKB gör.

Vad gäller metodval drar SKB slutsatsen att univariat tidsserieanalys är den mest ändamålsenliga metoden för att göra långsiktiga prognoser av relativpriser, till skillnad från andra ansatser som exempelvis modellbaserade prognoser. Detta arbetssätt skiljer sig från andra prognosinstitut, exempelvis KI, använder modellbaserad scenarioanalys för länge prognoshorisonter. Riksgälden ställer sig frågande till att SKB så snabbt avfärdar en metod som aldrig prövats i sammanhanget, och menar alltså att SKB:s metod borde prövas mot andra vanligt förekommande metoder som används för långsiktiga scenarier av t.ex. KI.

Referenser

- Dickey, D.A. och W. Fuller (1979), "Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series with a Unit Root," *Journal of the American Statistical Association*, 74 366, 427-31.
- Edvinsson, Rodney (2005), Growth Accumulation Crisis – With New Macroeconomic Data for Sweden 1800-2000, Stockholm Studies in Economic History, 41, *Almqvist & Wiksell International, Stockholm*.
- Hamilton, J. D. (1994), *Time Series Analysis*, Princeton University Press.
- Hassler, J. och Krusell, P. (2015), "Prognoser för framtida kostnader för att omhänderta kärnkraftens restprodukter".
- Hyndman, R. och Khandakar, Y. (2008), "Automatic Time-Series Forecasting" *Journal of Statistical Software*, 27, 1–22.
- Konjunkturinstitutet (2011), "Bistånd vid granskning av SKB:s rapport Plan 2010".
- Konjunkturinstitutet (2012), "Kommentarer till SKB:s rapport Externa ekonomiska faktorer: Analyser inför Plan 2013" från den 12 november".
- Konjunkturinstitutet (2013a), "Fördjupad analys av Externa Ekonomiska Faktorer i kärnavfallsprogrammet".
- Konjunkturinstitutet (2013b), "Kommentarer till SKB:s beräkningar av externa ekonomiska faktorer".
- Konjunkturinstitutet (2014), "Kommentarer till beräkningar av externa ekonomiska faktorer i SKB:s rapport "Plan 2013 – Underlag för kostnadsberäkningar".
- Konjunkturinstitutet (2017), "Konjunkturinstitutets prognoser för externa ekonomiska faktorer för kostnadsberäkningar av kärnkraftsavvecklingen".
- Konjunkturinstitutet (2019a), "EEF i Plan 2019 – Förslag på uppdrag till Konjunkturinstitutet", 2019-163.
- Konjunkturinstitutet (2019b), "Utvärdering av makroekonomiska prognoser", *KI 2019:7*.
- Kwiatowski, D., P.C.B. Phillips, P. Schmidt och Y. Shin (1992), "Testing the Null Hypothesis of Stationarity against the Alternative of a Unit Root: How Sure Are We That Economic Time Series Have a Unit Root?," *Journal of Econometrics*, 54 1-3, 159-78.
- Lind, H. (2006), "Uppdelningen mellan markkostnad och byggnadskostnad: En felkälla i byggnadsprisindex?", *Trita-FOB-Rapport 2016:2*.
- Regeringen (2018), "Regeringens skrivelse 2017/18:141".
- Riksrevisionen (2017), "Finansieringssystemet för kärnavfallshantering", RIR 2017:31.

Statistiska Centralbyrån (2019), "Enhetsarbetskostnader i anläggningsbranschen. Teknisk rapport – En beskrivning av genomförande och metod".

Strålsäkerhetsmyndigheten (2016), "Riktlinjer för beräkning av externa ekonomiska faktorer", *SSM 2015-904-16*.

Strålsäkerhetsmyndigheten (2017), "Förslag på kärnavfallsavgifter, finansierings- och kompletteringsbelopp för 2018 – 2020", *SSM2016-5513*.

Appendix I – Strålsäkerhetsmyndighetens riktlinjer för EEF

Nedan är ett utdrag av relevanta delar ur beslut SSM2015-904, se Strålsäkerhetsmyndigheten (2016).

Förutsättningar

Dessa riktlinjer bygger på följande förutsättningar:

- Den nuvarande indelningen i EEF 1 till EEF 8, som framgår av (SKB, 2013), ligger fast.
- Principen att en procentuell fördelning av kalkyl 40 ligger till grund för upp- räkningen till kalkyl 40 real ligger fast.

Definitioner

D1. Prognosekvation: En ekvation vars parametrar ska beräknas med regressionsanalys av utfallsdata.

D2. Prognos: En framskrivning efter sista tillgängliga datapunkten i utfallsdata som ska beräknas med prognosekvationens parametrar.

Riktlinjer

R1. Prognosekvationer och prognoser ska dokumenteras på ett transparent sätt.

R2. Ställningstaganden ska redovisas, förklaras och motiveras.

R3. Utfallsdata som används vid beräkning av prognosekvationernas parametrar för EEF 1 till EEF 8 ska tillhandahållas av Konjunkturinstitutet.

R4. När prognosekvationens parametrar beräknas ska samtliga observationer i utfallsdata användas.

R5. Prognoserna ska beräknas med prognosekvationens parametrar.

R6. Prognosekvationens trend ska vara exponentiell för EEF 1 till EEF R7. Prognoserna ska utgå från det sista tillgängliga utfallsvärdet.

R8. Den statistiska osäkerheten i prognosekvationerna ska användas för att beräkna osäkerhetsintervall för prognoserna. Dessa osäkerhetsintervall ska användas om en osäkerhetsanalys genomförs.

R9. En analys av om det finns korrelationer mellan de olika EEF och i vilken mån som detta bör beaktas i en osäkerhetsanalys ska genomföras.

Appendix II – Sammanfattning av tidigare granskningar

Källa	Uppdrag / innehåll	Huvudsakliga slutsatser
Konjunkturinstitutet (2011)	Bistånd till SSM:s granskning av Plan 2010	Datakällor bör i större utsträckning baseras på officiell statistik. Risk att produktivitetens utvecklingen överskattas i prognoserna då breda branschaggregat som inte nödvändigtvis är representativa för kärnavfallsprogrammet används.
Konjunkturinstitutet (2012)	Kommentarer till SKB:s analyser av EEF inför Plan 2013	Beskrivning av data och ekonometriska metoder som använts behöver förtydligas.
Konjunkturinstitutet (2013a)	Fördjupad analys av vissa EEF	KI:s referensscenario från modellberäkningar ger estimat på reala enhetsarbetskostnader i tjänste- och byggsektorn. Modellresultaten är känsliga för antaganden om produktivitet, vilken historiskt varierat kraftigt för de undersökta branscherna.
Konjunkturinstitutet (2013b)	Kommentarer till uppdaterade prognoser för EEF inför Plan 2013	SKB:s bristfälliga hantering och hantering av data påverkar resultaten betydligt. Beräkningarna måste göras om från grunden och dokumenteras bättre.
Konjunkturinstitutet (2014)	Granskning av beräkningar av EEF i slutlig version av Plan 2013	Alltjämt allvarliga felaktigheter i SKB:s framtagning och sammanlänkning av data. SKB:s val av linjära långsiktiga prognosmodeller saknar teoretisk grund.
Hassler och Krusell (2015)	Bedöma om de modeller SKB använder bygger på vetenskaplig grund och beprövad erfarenhet	De linjära prognosmodeller som används av SKB är så okonventionell att den behöver etableras genom <i>peer review</i> , innan den ligger till grund för prognoser som används av statliga myndigheter. Vidare har kärnkraftsindustrin inte något informationsövertag vad gäller att göra prognoser på utvecklingen av EEF, och det finns starka skäl för att dessa bör tas fram av en oberoende aktör såsom KI.
Strålsäkerhetsmyndigheten (2016)	Riktlinjer för beräkning av EEF	Ett ramverk presenteras för hur SKB ska göra prognoser givet metoden som valts. Av störst vikt är att utfallsdata framtagen av KI ska användas och att eventuella trender i data ska skattas med exponentiell modell.
Konjunkturinstitutet (2017a)	Framtagning av prognoser för EEF till Plan 2016	Framtagning av alternativa prognosmodeller för EEF1-EEF4 som beaktar de riktlinjer som SSM fastställt.
Strålsäkerhetsmyndigheten (2017)	Granskning av EEF i Plan 2016	Prognosmodellerna i Plan 2016 följer inte riktlinjerna. Nya prognosmodeller som följer riktlinjerna tas fram av SKB. SKB:s val av (trend)stationära modeller för samtliga dataserier ifrågasätts.

Appendix III – Testresultat och beräkningar av benchmark-modeller

Appendix III erhålls på begäran.

Bilaga 2 - Granskning av osäkerhetsanalysen i Plan 2019

Sammanfattning

- Resultatet av osäkerhetsanalysen har en central roll i beräkning av kärnavfallsavgifter och säkerhetsbelopp. För det första ger analysen ett osäkerhetspåslag i respektive reaktorinnehavares grundkostnader. Grundkostnaderna används sedan som underlag av Riksgälden för beräkning av kärnavfallsavgifter, kompletteringsbelopp och finansieringsbelopp. För det andra ger analysen ett mått på den totala risken i programmets kostnader.
- I vissa avseenden har osäkerhetsanalysen i Plan 2019 förbättrats jämförts med tidigare år. Antalet riskfaktorer (variationer) är något färre, SKB:s beskrivning av fasta förutsättningar är tydligare och expertgruppens bedömningar av hög- och lågvärden i trepunktskattningarna görs nu vid 90:e respektive 10:e percentilen. Åtgärderna har förenklat myndighetens granskning av underlaget och är troligen en förklaring till att den totala risken, mätt som standardavvikelse relativt medelvärdet, har ökat något från 13 procent i den förra kostnadsberäkningen till 16 procent i den nu aktuella.
- Trots förbättringarna kvarstår flera brister i osäkerhetsanalysen:
 - Detaljeringsgraden i analysen är alltför hög. Den höga detaljeringsgraden medför att analysarbetet blir omfattande och svåröverblickbart, och kan ge en falsk bild av exakthet. Att beräkningsmodellen består av många Excelflikar med en hög grad av manuellt arbete adderar också en lager av komplexitet som försvårar arbetet med kvalitetssäkring och analys.
 - För många variationer med för låg eller ingen inbördes samvariation används, vilket medför att det uppstår en diversifieringseffekt som bidrar till att hålla nere standardavvikelsen.
 - Analysgruppens sammansättning, där majoriteten av medlemmarna och moderatorn har koppling till kärnkraftsindustrin, innebär en risk för bias i bedömningarna.
 - Det krävs mer analys avseende rimligheten i egenskaperna och formen på den resulterande kostnadsfördelningen.
 - Osäkerhetsmodellen saknar tekniska förutsättningar att simulera tidsfördelade osäkerheter, vilket bland annat medför att tidsförskjutningar inte simuleras ändamålsenligt.

- Riksgäldens bedömning är att ovanstående brister leder till att den totala risken i kostnaderna troligen är underskattad. Detta bekräftas av indikativa jämförelser med spridningen i kostnader för andra stora infrastrukturprojekt.

Bakgrund

Den 30 september 2019 inkom Svensk Kärnbränslehantering (SKB) med Plan 2019, som är en bedömning av de förväntade kostnaderna för respektive reaktorinnehavares andel i kärnavfallsprogrammet (grundkostnader). Osäkerhetsanalysen, som är en del av kostnadsunderlaget som SKB lämnat in, används för två huvudsakliga ändamål. För det första beräknas det påslag som behövs från att gå från SKB:s deterministiska ingenjörsräkning till de förväntade kostnaderna. Grundkostnaderna används som underlag av Riksgälden för beräkning av kärnavfallsavgifter, kompletteringsbelopp och finansieringsbelopp. För det andra kvantifierar osäkerhetsanalysen en fördelning över återstående kostnader för respektive reaktorinnehavare. Fördelningen är en bedömning av risken på skuldsidan i en reaktorinnehavares balansräkning som tidigare låg till grund för beräkning av kompletteringsbeloppet.

I föregående avgiftsförslag bedömde Strålsäkerhetsmyndigheten (SSM) att brister i osäkerhetsanalysen medförde att den totala risken i kärnavfallsprogrammet troligen underskattades. Myndigheten överlämnade till SKB förslag på åtgärder att implementera inför denna kostnadsberäkning.

Syftet med denna underlagsrapport är att granska osäkerhetsanalysen i Plan 2019 samt följa upp hur SKB har hanterat tidigare brister som påtalats.

Beskrivning av osäkerhetsanalysen

Osäkerhetsanalysen består av två delar i kombination: en tillämpning av den så kallade *successiva principen* och en stokastisk beräkningsmodell. I nedanstående kapitel görs en beskrivning av respektive del. För en mer utförlig beskrivning av osäkerhetsmodellen hänvisas till SSM granskning 2017¹ samt SKB:s beskrivning i Plan 2019, Flik 9².

Tillämpning av den successiva principen

Den successiva principen (även kallad successivprincipen eller Lichtenbergsmetoden) utvecklades på 70-talet av Steen Lichtenberg vid Danmarks Tekniska Högskola. Metoden används för att bedöma framtida kostnader och osäkerheter för ett projekt. Metoden vilar på fyra grundpelare:

1. Acceptera osäkerheten – framtiden är osäker, identifiera och eliminera osäkerheter
2. Statistisk beräkningsmetod – trepunktsskattning av samtliga osäkerheter för att beräkna en sannolikhetsfördelning av utfallen med ett medelvärde, standardavvikelse, osv.
3. Top-down teknik – alla kostnadsposter görs uppifrån och ner, osäkra poster bryts ner successivt till mer detaljerade bedömningar
4. Generella osäkerheter – utöver objekten används även osäkerheter som påverkar en eller flera objekt (konjunktioner, lagstiftning, osv.)

Successiv kalkylering är en någorlunda etablerad metod i projektsammanhang. I Norge är alla statliga investeringar i infrastrukturprojekt större än 500 miljoner NOK förpliktade att genomgå en kvalitetssäkring avseende koncept och kostnad för olika projektfaser. Kvalitetssäkringen innebär bland annat att en osäkerhetsanalys måste göras för projektets kostnader i ett tidigt skede.

¹ SSM2015-3606-7

² Plan 2019, Underlag för kostnadsberäkningar, SKB

Budgetramen för statliga projekt baseras normalt sett på beräknade kostnader runt 85:e percentilen i fördelningen³. Trafikverket i Sverige använder sedan början av 00-talet successiv kalkylering för kostnadskalkylering av alla projekt över 100 miljoner kronor⁴. Trafikverket använder resultatet av osäkerhetsanalysen för att ge projektledningen för objektet en second opinion om projektets kostnad och osäkerheter. Finansieringsbehoven beräknas dock med traditionella kalkyler. Även SSM har använt successiv kalkylering 2017 i samband med beräkning av de så kallade *merkostnaderna*, dvs. kostnader för statens tillsyn och vissa kommuners informationsinsatser i kärnavfallsprogrammet.

Centralt för arbetet är en arbetsgrupp, av SKB kallad *analysgrupp*, som enligt metoden ska bestå av personer med olika kompetenser och vara heterogent sammansatt vad gäller ålder, befattning, osv. I osäkerhetsanalysen i Plan 2019 består analysgruppen av 11 personer (5 kvinnor och 6 män) med bakgrund från SKB, Vattenfall, Barsebäck Kraft AB, Boverket och olika konsultbolag. Analysgruppen leds av en moderator som har till uppgift att säkerställa att arbetet sker på ett metodmässigt korrekt sätt samt att arbetets mål uppnås. Moderatoren i osäkerhetsanalysen är planarbetets projektledare (från SKB).

En av arbetsgruppens roller är att inventera *generella osäkerheter*. I SKB:s analysgrupp sker inventering genom diskussioner (eller brainstorming) inom sex fördefinierade områden: samhälle, ekonomi, genomförande, organisation, teknik och kalkylering. Inventering av *objektosäkerheter*, dvs. osäkerheter som bara påverkar ett enda objekt, görs först inom planprojektet och bygger i huvudsak på en nedbrytning av kalkylen som blivit praxis genom åren, dvs. redovisning efter anläggning eller kostnadsslag.

Förslag på uppdelning presenteras sedan för analysgruppen, där diskussion om eventuella förändringar sker. Totalt används i denna analys 84 osäkerhetsfaktorer, varav 48 är objektspecifika och 36 är generella. SKB har även definierat *fasta förutsättningar* som har till syfte att avgränsa analysen. Analysgruppen ska inte ta upp osäkerheter som faller utanför de ramar som de fasta förutsättningarna ger.

Analysgruppen har också som roll att värdera de identifierade osäkerheterna. Värderingen sker genom en trepunktsskattning, där lågvärde, mest troligt-värde och högvärde bedöms för varje osäkerhet. Bedömningarna är analysgruppens subjektiva värderingar, dock givetvis baserat på den erfarenhet och bakgrund som varje deltagare har. Här har moderatoren en viktig roll för att leda diskussionerna och ingripa vid ohälsosamma tecken såsom dominans, stress, konflikter eller passivitet. När en osäkerhet har värderats kallas den istället för *variation*.

För objektvariationerna hämtas det mest troliga värdet från den tekniska beräkningen i ingenjörskalkylen, analysgruppen gör alltså ingen skattning av troligt värde för objektvariationen. För de variationer som rör de så kallade externa ekonomiska faktorerna (EEF) gör analysgruppen heller ingen bedömning. Inputvärden för dessa variationer baseras istället på de konfidensintervall som erhålls av SKB:s statistiska prognosmodeller. För generella variationerna ansätts troligt värdet till noll, eftersom generella osäkerheter är definierade relativt objekten. Ett troligt värde på noll innebär således att det inte föreligger någon avvikelse från det definierade villkoret. Konfidensgraden i osäkerhetsanalysen i Plan 2019 är 10 procent för lågvärdet och 90 procent för högvärdet.

³ *Alternative scenarier til kostnads- og usikkerhetsanalyse - Sluttlagringen for svensk kjernekravfall 2013*, NTNU 2016

⁴ *Handledning Successiv kalkylering inkl Lathund Anläggningskostnader*, Vägverket och Banverket, 2009

För de flesta variationer görs bedömningar för hög- och lågvärde som procentuella påslag eller avdrag på kostnader, men andra typer av bedömningar förekommer också, exempelvis storlek på försvarsutrymmen eller olika typer av absoluta kostnadsavdrag/påslag.

Probabilistisk beräkningsmodell

Den probabilistiska modellen ska beräkna fördelningsfunktioner för alla variationer baserat på analysgruppens bedömningar och därefter göra Monte Carlo-simuleringar för att skapa en sannolikhetsfördelning för de totala kostnaderna. Beräkningarna i osäkerhetsanalysen görs i en Excelmodell utvecklad av SKB med tillhörande underlagsfiler.

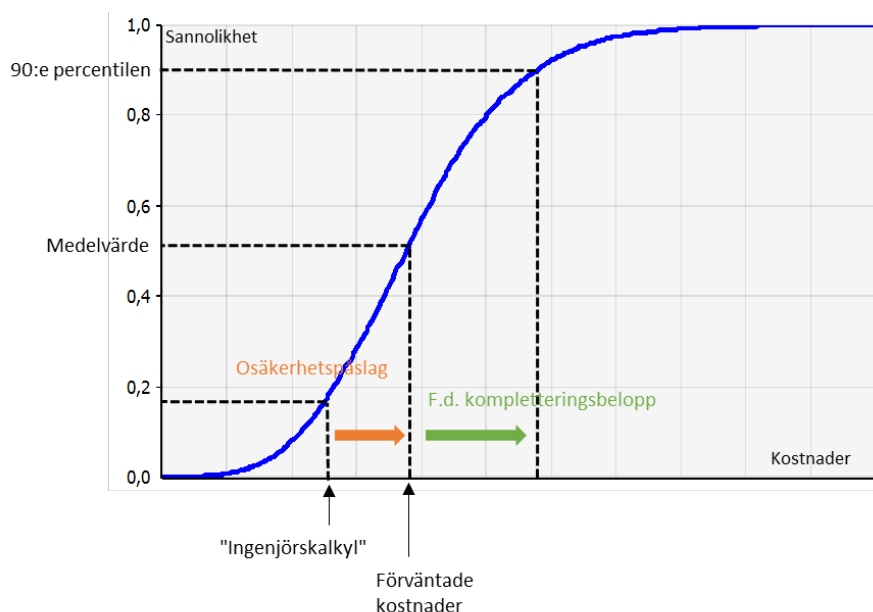
Modellen kan bara hantera två typer av fördelningsfunktioner; betafördelning och binär fördelning (som kan anta 1 eller 0). Betafördelningar används för majoriteten av variationerna. En kombination av båda fördelningarna används för att beskriva sannolikheten för ett visst utfall i kombination med effekten betingat händelsen, exempelvis variationen *ny lokaliseringsprocess för kärnbränsleförvaret* (nr. 203), dvs. risken att tillstånd inte erhålls för att bygga Kärnbränsleförvaret i Forsmark som planerat. Sannolikheten för den händelsen bedöms av analysgruppen till 0,23 procent (beräknat som medelvärde av gruppens individuella bedömningar) och effekten, att hela programmet skjuts framåt i tiden, bedöms enligt lågalternativet till 7 år och enligt högalternativet till 25 år.

I modellen är det möjligt att ansätta korrelationsfaktor(er) mellan en eller flera av de variationer som bedöms samvariera i någon grad. I osäkerhetsanalysen i Plan 2019 används ett sådant samband för variationen *marknadssituation vid upphandling av entreprenader för avveckling av kärnkraftverk* (nr. 113) och *tillgång till kompetens vid avveckling av kärnkraftverk* (nr. 405). Korrelationsfaktorn mellan de två variationerna har satts till 0,5.

Utöver korrelationer används även en teknik som SKB kallar *skalfaktor*. När utfallet för en generell variation beräknas i en simuleringscykel tas hänsyn till utfallet av objektvariationen i den aktuella beräkningscykeln. Detta görs genom att utfallet för den generella variationen multipliceras med en faktor som utgör förändringen mellan den simulerade objektkostnaden och referensvärdet för samma objekt i aktuell simuleringscykel. Därmed skalas utfallen för de generella variationerna med utfallen för objektvariationerna.

Excelmodellen kan inte utföra beräkningar på tidsfördelade kostnader, alltså måste först effekten av respektive variations hög- och lågvärde på grundkalkylen summeras. Summeringen görs i ett stort antal Excelflikar i fristående filer som sedan kopieras in som inputvärden i Excelmodellen. Den stokastiska adderingen i Excelmodellen sker genom Monte Carlo-simulering. Varje variation antas vara en stokastisk variabel och utfallet för varje stokastisk variabel bestäms av ett slumpstal. Då utfall för alla stokastiska variabler har erhållits summeras utfallen för respektive objekt. Summeringen upprepas 5000 gånger för att erhålla en kumulativ fördelningsfunktion (S-kurva), se principiell figur nedan.

Figur 1. Principiell S-kurva för osäkerhetsanalysens resultat



Skillnaden mellan den så kallade *ingenjörskalkylen*⁵ och medelvärdet av utfallet i osäkerhetsmodellen benämns *osäkerhetspåslag* av SKB (orange pil i figuren). Osäkerhetspåslaget är alltså ett tillägg till underlagskalkylerna för att erhålla förväntade kostnader (grundkostnader). De förväntade kostnaderna är uttrycka som en summa över alla år som kalkylen avser, fram till år 2080.

Enligt 5 § finansieringslagen framgår dock att grundkostnader avser årliga förväntade kostnader, vilket också krävs för att Riksgälden ska kunna beräkna avgifter och säkerhetsbelopp. Fördelningen genomförs med en metod som SKB kallar *stretchning*. Metoden innebär att det odiskonterade osäkerhetspåslaget läggs på med ett fast årligt belopp för de återstående kostnaderna från 2024. Därefter har kostnaderna sträckts ut i tiden så att nuvärdet av kostnaderna (beräknat med en diskonteringsräntekurva från 2018-12-31 och enligt den metod som användes i myndighetens föregående avgiftsförslag) i den utsträckta kurvan överensstämmer med resultatet i simuleringen⁶. Enligt metoden erhålls årliga förväntade sträckta kostnader, nu fram till 2080, som överensstämmer med medelvärdet av det odiskonterade och diskonterade beloppet i osäkerhetsanalysen.

⁵ Ingenjörskalkylen består i praktiken av många underlagskalkyler, rivningsstudier, avvecklingsstudier, etc. baserade på ingenjörsmässiga antaganden om volymer och priser. Ingenjörskalkylen avser i denna PM kostnader uppräknade med historiska och framtida bedömningar av pris- och löneförändringar avseende programmets insatsfaktorer.

⁶ 1879093 - SKBs svar på Riksgäldens begäran om kompletterande information och underlag för Plan 2019 avseende punkt 7, SKB

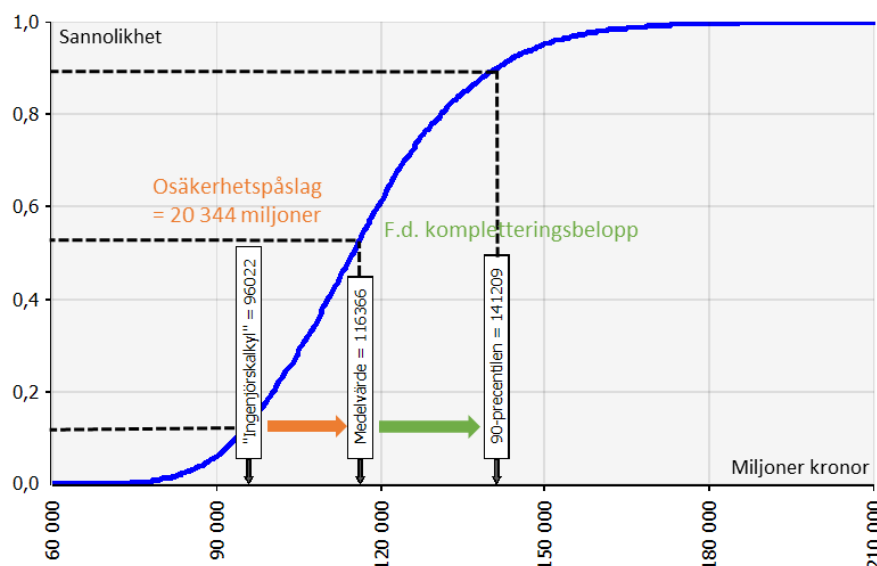
Osäkerhetsanalysens resultat

Som beskrivits tidigare producerar osäkerhetsanalysen två huvudsakliga resultat. Dels ger analysen ett påslag till ingenjörskalkylen för att erhålla förväntade kostnader, dels ger analysen underlag för de risker som finns i de återstående kostnaderna.

Resultat från SKB:s beräkningar

Osäkerhetsanalysens resultat som redovisas här baseras på totala reala odiskonterade kostnader, 50 års drifttid för reaktorerna och beräkningar av EEF enligt det underlag som används för Riksgäldens beräkningar av kärnavgifter⁷. Ovan nämnda kostnadsberäkning ligger också till grund för myndighetens beräkning av kärnavfallsavgifter och säkerhetsbelopp. SKB gör inte någon fördelning av kostnader mellan reaktorinnehavare i osäkerhetsanalysen och dessa redovisas därför inte heller här. De totala kostnaderna (för alla reaktorinnehavare) kan illustreras som en kumulativ fördelningsfunktion (S-kurva), se figur 2 nedan.

Figur 2. Osäkerhetsanalysens resultat illustrerat som en S-kurva (miljoner kronor)



Källa: SKB.

Som figuren ovan visar blir medelvärdet av simuleringarna 116 miljarder kronor, vilket innebär ett osäkerhetspåslag på 20 miljarder kronor (orange pil i figuren). Relativt ingenjörskalkylen blir påslaget 21 procent, vilket i stort sett är oförändrat med osäkerhetsanalysen i föregående kostnadsredovisning, Plan 2016. Eftersom analysgruppen inte gör bedömning av mest troligt-värde för varken objektsäkerheter eller generella osäkerheter, så beror ökningen relativt ingenjörskalkylen på högerskevhet (positiv skevhet) i fördelningarna. Med andra ord bedömer analysgruppen att konsekvensen för dåliga utfall är högre än konsekvensen för goda utfall (vid samma konfidensgrad).

Riksgäldens känslighetsanalys

För att undersöka känsligheten av vissa antaganden har Riksgälden genomfört scenarioanalyser med varierande antaganden i SKB:s osäkerhetsmodell, dels genom att nollställa hög- och lågvärden

⁷ Enligt SKB:s terminologi: Gul Modell 0 % 50+ alt eef,

för alla generella variationer, dels genom att anta att hög- och låg-värdena för objektvariationerna är lika med referensvärdena.

Att nollställa alla generella variationer minskar medelvärdet med ca 18 miljarder jämfört med ursprungsanalysen och ger en standardavvikelse på ca 4 % relativt medelvärdet. När hög- och låg-värdena för objektvariationerna antas vara lika med referensvärdena så minskar medelvärdet med ca 4 miljarder relativt ursprungsanalysen och standardavvikelsen relativt medelvärdet blir ca 15 procent. Analysen visar att de generella variationerna har betydligt större inflytande än objektvariationerna på både osäkerhetspåslaget och på den beräknade standardavvikelsen (risken) i kostnaderna.

Riksgälden har även undersökt effekterna av att nollställa hög- och lågvärden för variationer som rör EEF. Detta ger ett oförändrat medelvärde och en minskning av den absoluta standardavvikelsen med ca 600 miljoner (och en minskning av p90 med ca 1 miljard). I SKB:s beräkningar har således EEF-variationerna låg betydelse för osäkerhetspåslaget och den totala risken i kostnaderna.

SKB:s bedömning av de mest betydelsefulla riskerna

SKB har i underlaget till Plan 2019 redovisat vilka variationer som anses bidra mest till medelvärdet av kostnaderna, se tabell nedan. Beräkningen bygger på vad SKB beskriver som en "alternativ metod" då det anses för tidskrävande att göra en ny fullständig simulering med varje variation undantagen⁸.

I SKB:s lista över de tio mest betydelsefulla riskerna återfinns *lagstiftning och myndighetskrav – avveckling av kärnkraftverk* (nr. 102) i toppen. Nio av de tio mest betydelsefulla variationerna består av generella variationer. Således bekräftas Riksgäldens slutsats att de generella variationerna är mest betydelsefulla för medelvärdet.

Tabell 1. De tio mest betydelsefulla variationerna för medelvärdet, 1 procent rak diskontering

Rank	Variation
1	102 - Myndighetskrav avveckling
2	201 - Tidpunkt för tillstånd KBS-3
3	204 - Driftstörningar i KBS-3-systemet
4	209 - Realism i kostnadsuppskattningar - SFK
5	103 - Myndighetskrav konventionell verksamhet
6	403 - Inlärningseffekt vid avveckling av kärnkraftverken
7	202 - Tid för uppförande och driftsättning KBS-3
8	115 - Projekteringsunderlag - SKB
9	101 - Myndighetskrav kärnteknik utom avveckling
10	801 - Objekt 1: SKB centralt

Källa: SKB

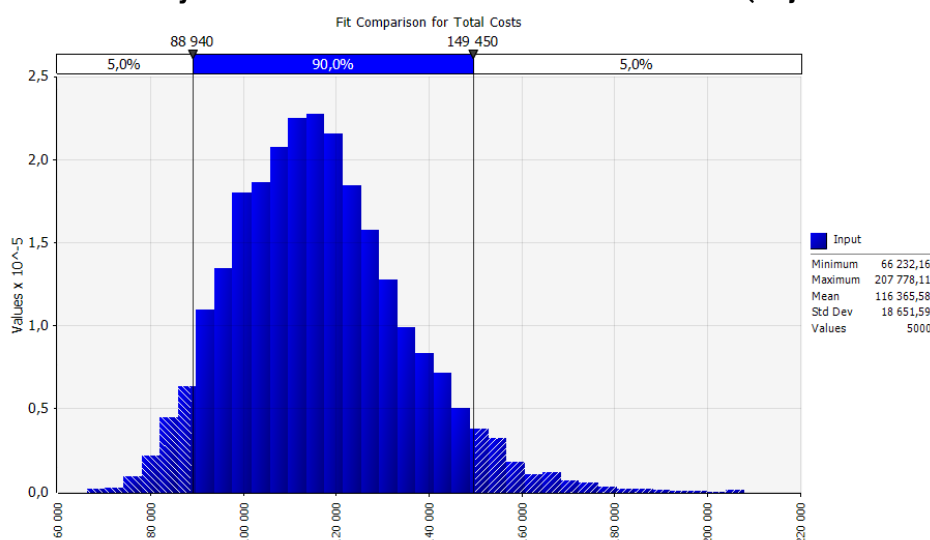
⁸ Simulering i SKB:s modell med 5000 cykler på Riksgäldens datorer tar ca 20 min. Simulering med en variation undantaget åt gången skulle därmed ta ca 84 x 20 min = 1680 min = 28 timmar

Jämförelse med den förra kostnadsberäkningen

Medelvärdet för osäkerhetsanalysen i Plan 2019 är 116 miljarder kronor i reala termer (prisnivå januari 2019), vilket är samma som medelvärdet i osäkerhetsanalysen i Plan 2016 (prisnivå januari 2016). Oförändrat medelvärde ska dock inte tolkas som oförändrad kostnadsuppskattning. Exempelvis är det olika prisnivåer och tre år med kostnader har realiserats mellan 2016 och 2019.

Därtill görs en annan bedömning av elproduktion och därmed en annan bedömning av antalet kapslar med använt kärnbränsle som ska slutförvaras. Om ovanstående effekter tas i beaktande har ingenjörskostnaderna enligt SKB ökat med 5,3 procent mellan Plan 2016 och Plan 2019. Av figur 3 framgår även att de totala kostnaderna enligt analysen med 90 procent sannolikhet beräknas vara mellan 149 och 89 miljarder kronor. Figuren nedan visar även de totala kostnaderna är begränsade till som lägst 66 och som högst 208 miljarder kronor.

Figur 3. Osäkerhetsanalysens resultat illustrerad som en täthetsfunktion (miljoner kronor)



Källa: egna beräkningar med data från SKB.

Granskning av osäkerhetsanalysen

I detta avsnitt framgår Riksgäldens granskning av osäkerhetsanalysen i Plan 2019. Granskningen omfattar de områden som anses särskilt kritiska för analysens resultat och som tidigare varit föremål för granskning. Dessa områden är:

- Beräknad risk i de totala kostnaderna.
- Antal variationer och samvariation mellan dessa.
- Tillämpning av metoden för successiv kalkylering.
- Fasta förutsättningar för osäkerhetsanalysen.
- Simulering på summerade värden.

SSM har tidigare granskat osäkerhetsanalysen, främst i samband med tidigare beräkningar och förslag till kärnavfallsavgifter och säkerhetsbelopp. Synpunkter som framförts i tidigare granskningar beskrivs under respektive avsnitt. Riksgälden har i denna granskning utgått från beskrivningar av

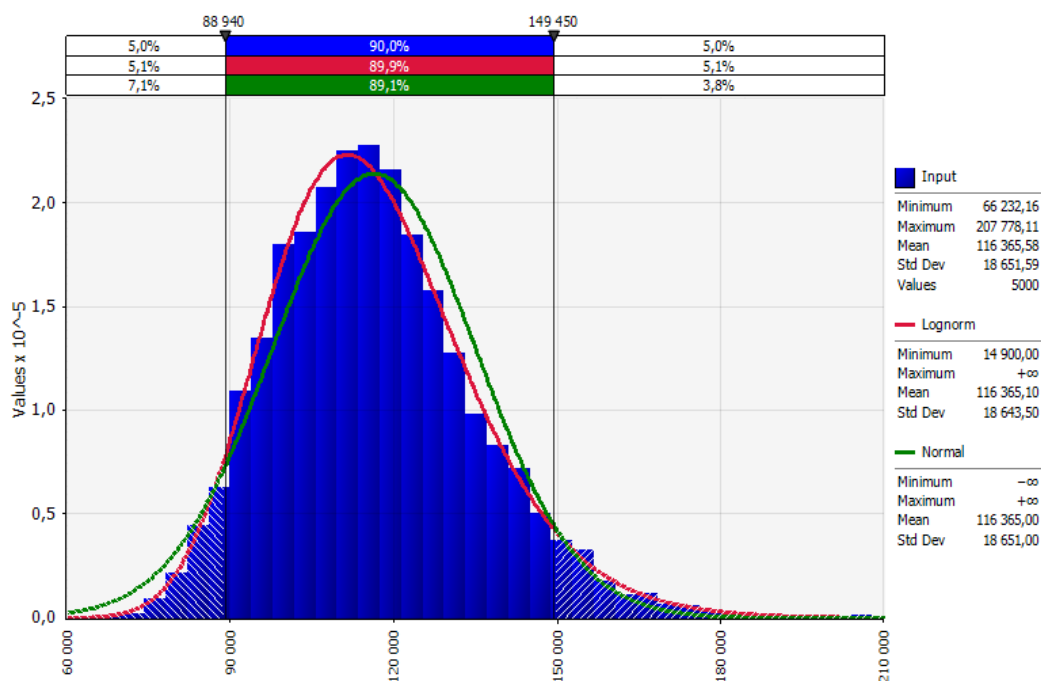
modellen och processen i Plan 2019, erhållet Excelunderlag (inklusive beräkningsmodellen), samt inkomna kompletteringar från SKB.

Beräknad risk i de totala kostnaderna

SKB:s beräkningar

Figur 4 visar osäkerhetsanalysens totala kostnader illustrerad som en täthetsfunktion (blåa staplar) samt en distributionspassning av funktionen. En lognormal fördelning ger bästa passning (röd linje) och en normalfördelning (grön linje) ger en något sämre passning. Illustration av distributionen och distributionsanpassningen har gjorts med mjukvaran *Palisade @Risk*, som är in insticksmodul till Excel. Underlaget består av Monte-Carlo simuleringens 5 000 utfall i osäkerhetsanalysen (med samma kostnadsberäkning som diskuterades tidigare).

Figur 4. Osäkerhetsanalysens resultat illustrerad som en täthetsfunktion med distributionspassning



Källa: egna beräkningar och SKB.

Standardavvikelsen relativt medelvärdet är ett mått på total osäkerhet i kostnaderna. Den relativa standardavvikelsen för osäkerhetsanalysen i Plan 2019 är 16 procent (19 miljarder kronor i absoluta termer), vilket är en ökning från 13 procent i osäkerhetsanalysen i Plan 2016 och 10 procent i osäkerhetsanalysen i Plan 2013.

I en komplettering till Riksgälden i januari 2020⁹ beskriver SKB att ökningen av standardavvikelsen beror på en kombination av flera olika faktorer:

⁹ 1885040 – SKBs svar på Riksgäldens begäran om kompletterande information och underlag för Plan 2

- Analysgruppen har gjort nya högre bedömningar för vissa av variationer, bland annat *drift av Clab* (nr. 505), *Kärnbränsleförvaret* (nr. 515) och *lagstiftning och myndighetskrav för kärnteknisk verksamhet* (nr. 101).
- Vidare har tio generella faktorer slagits ihop till tre, vilket ökat variationskoefficienten.
- Analysgruppen har gjort värdering av hög- och lågvärden vid en konfidens om 90 procent (istället för 99 procent) respektive 10 procent (istället för 1 procent). SKB anser dock att det är svårt att bedöma i vilken utsträckning de nya värderingarna har påverkat resultaten.

Riksgäldens bedömning

Riksgälden delar i huvudsak SKB:s bedömning att ökningen av standardavvikelsen beror på en kombination av flera faktorer, bland annat att variationer slagits samman i analysen men även att korrelations samband mellan variationer införts (mer om detaljeringsgraden i analysen i nästa avsnitt). Detta är i linje med de rekommendationer som SSM tidigare lämnat till SKB.

I SSM:s förslag till kärnavfallsavgifter och säkerhetsbelopp för 2018-2020 framfördes att en standardavvikelse på 13 procent är orimligt låg¹⁰. Bedömningen grundades delvis på slutsatser från Norges Tekniska och Naturvetenskapliga Universitet (NTNU), som anlätts av SSM för dess specialistkunskap inom osäkerhetsanalyser för stora infrastrukturprojekt. Genom empiriska undersökningar och vissa antaganden om mognadsgrad utifrån projektets karaktär (extrem lång tidshorisont och hög teknisk komplexitet), visade NTNU att standardavvikelsen i programmet borde vara närmare 20-25 procent¹¹. År 2011 beställde SSM ett utlåtande av osäkerhetsanalysen i Plan 2010 av upphovsmannen till den successiva principen, Sten Lichtenberg (tillsammans med Lorens Borg)¹². Enligt utlåtandet har stora anläggnings- och infrastrukturprojekt utan större inslag av forskning och utveckling typiskt en standardavvikelse i området 20-25 procent, vilket alltså borde ses som ett minimum för kärnavfallsprogrammet. Lichtenbergs bedömning var således att den totala risken i programmet troligen var underskattad.

Formen på kostnadsfördelning i figuren ovan är delvis ett resultat av vilken fördelning som antas representera analysgruppens bedömningar. I detta syfte använder SKB företrädesvis Beta-fördelningen. Betafördelningen är i sin normalform definierad mellan 0 och 1. I beräkning av betafördelningens parametrar transformeras funktionen för att motsvara analysgruppens bedömningar som kan anta alla negativt eller positiva tal gjorda vid 90:e respektive 10:e percentilen. Resultatet av adderingen av alla stokastiska fördelningar i beräkningsmodellen resulterar i en total fördelning över förväntade kostnader.

Enligt SKB har Beta-fördelningen valts delvis eftersom den har ändligt intervall (även för att den genom varierande parameterintervall kan hantera en hög snedfördelning mellan min och max relativt det troliga värdet från grundkalkylen). Att anta att kostnaderna har en undre gräns kan anses rimligt, men Riksgälden anser inte det en självklarhet att kostnaderna ska antas ha en övre gräns. Kärnavfallsprogrammet är förknippat med stora osäkerheter avseende omfattning, duration och genomförande. Analysen bör därmed inte utgå ifrån, utan närmare analys, att det finns ett tak på slutkostnaden, även om sannolikheten för extremt höga kostnadsutfall är låg.

¹⁰ SSM2016-5513-66

¹¹ SSM2015-3606-6

¹² SSM2011-153-28

Sammantaget ser Riksgälden positivt på SKB:s beräkningar av den totala risken för programmets kostnader tar succesiva steg mot en mer realistisk bild, men bedömningen att den totala osäkerheten är fortsatt påtagligt underskattad kvarstår.

Antal variationer och samvariation

SKB:s beräkningar

Som nämnts tidigare är detaljeringsgraden hög i osäkerhetsanalysen. Totalt består osäkerhetsanalysen av 84 variationer, varav 48 är objektspecifika och 36 är generella. I osäkerhetsanalysen i Plan 2016 användes totalt 99 variationer, varav 52 var objektspecifika och 47 var generella. Minskningen med totalt 15 variationer förklaras av att fyra variationer utgått och tio variationer har slagits ihop till tre. Dessutom har kalkylstrukturen förändrats så att antalet objektvariationer minskat från 52 till 48.

I SSM:s förslag till kärnavfallsavgifter och säkerhetsbelopp för 2018-2020 framfördes att den totala osäkerheten i programmet troligen är underskattad eftersom ett stort antal variationer används med låg inbördes samvariation. Vid ett möte med SKB den 25 januari 2019 framfördes vidare att antalet variationer i kommande osäkerhetsanalys bör minskas genom sammanslagning¹³.

Riksgäldens bedömning

I granskningen av osäkerhetsanalysen i Plan 2010 anlätades Steen Lichtenberg och Lorens Borg, tillika upphovsmän till den successiva principen, att granska osäkerhetsanalysen. I sin granskningsrapport skriver de (översatt från skandinaviska):

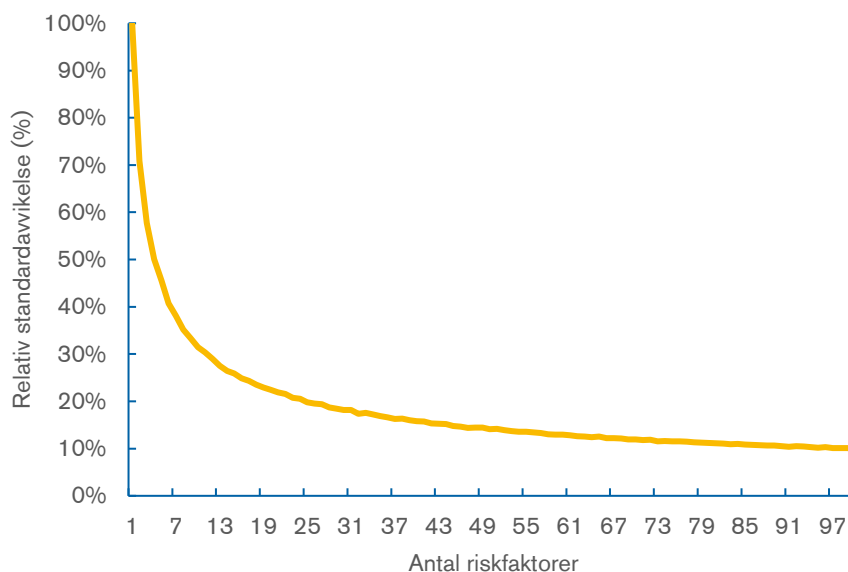
”Ett så stort antal bedömningar bidrar inte mycket till att höja resultatets kvalitet. Detta beror på att ömsesidiga beroenden inte identifieras. Det stora antalet kan istället skugga ett antal viktiga gemensamma bakomliggande osäkerhetsfaktorer ... Typiskt dominerar ca. tio osäkerhetsfaktorer resultatets totala osäkerhet. Om man fördubblar detta antal (med oförändrad relativ spridning och oförändrad förutsättning om oberoende), halverar man principiellt den totala variansen. Med detta förfarande ökar de potentiella inbördes beroendena och motsvarande kovarianser. Därför är den lägre varianssumman för liten. I det här fallet tredubblar man antalet. Här återfinns sannolikt en väsentlig orsak till den lilla osäkerheten i SKB:s resultat¹⁴.”

Författarna pekar alltså på att ett (för) stort antal variationer ger svårigheter att modellera inbördes samvariationer och därmed till att den totala risken i projektet underskattas.

Fenomenet kan principiellt illustreras i figur 5, nedan. Figuren visar hur den totala beräknade standardavvikelsen i ett projekt påverkas om en given osäkerhetsfaktor delas in i flera ömsesidigt okorrelerade osäkerhetsfaktorer med bibehållen total spridning. Beräkningarna bygger på PERT-fördelningar och 10 000 simuleringar.

¹³ *Inför Plan 2019 2019-01-25, Riksgälden*

¹⁴ *Granskning av SKB:s användning av den successiva kalkylmetoden – undersökning av SKB:s kostnadsberäkningar för Plan 2010, Lichtenberg & Borg*

Figur 5. Standardavvikelse som funktion av antalet oberoende riskfaktorer

Källa: egna beräkningar.

Som framgår figur 5 avtar den beräknade standardavvikelsen snabbt och redan efter en indelning av den ursprungliga variationen i fyra oberoende variationer har standardavvikelsen halverats, jämfört med om osäkerheten hade modellerats med en variation.

Variationerna i osäkerhetsanalysen i Plan 2019 kan nästintill ses som oberoende, förutom en enstaka korrelation mellan variationen *marknadssituation vid upphandling av entreprenader för avveckling av kärnkraftverk* (nr. 113) och *tillgång till kompetens vid avveckling av kärnkraftverk* (nr. 405) (med korrelationsfaktor 0,5). Användandet av skalfaktorn, som gör att utfallet för en generell variation multipliceras med en faktor som utgör förändringen mellan den simulerade objektkostnaden och referensvärdet för samma objekt, bidrar till att öka den totala standardavvikelsen marginellt¹⁵.

Ett stort antal variationer tillsammans med SKB:s antaganden om låg samvariation mellan variationerna är en viktig förklaring till den låga relativa standardavvikelsen i osäkerhetsanalysen i Plan 2019.

För att få en mer rättvisande bild av osäkerheterna är det därför av stor vikt att de samband som finns mellan variationer identifieras och hanteras på ett korrekt sätt i osäkerhetsanalysen. Problemet kan principiellt hanteras på två sätt beroende på hur starkt variationerna bedöms samvariera; dels finns det variationer som förefaller reflektera samma underliggande osäkerhetsfaktor och därför skulle kunna slås samman (motsvarande fullständig korrelation), dels finns det ytterligare variationer som bör antas vara korrelerade i viss grad. Exempelvis ställer sig Riksgälden frågande till att objektvariationerna 601, 701, 801 och 901 (avvecklingsförberedelser och avställningsaktiviteter)

¹⁵ Riksgälden testade genom att sätta skalfaktorerna till 1 för alla objektvariationer i den aktuella kostnadsberäkningen. Detta gjorde att standardavvikelsen relativt medelvärdet minskade med ca 0,6 procentenheter.

antas vara helt oberoende av varandra i analysen, vilket SSM även påtalade i granskningen av osäkerhetsanalysen i Plan 2016¹⁶. Tvärtom finns det anledning att förvänta sig att stora delar av avvecklingsarbetet påverkas av samma riskfaktorer. Variationerna hanteras dessutom gemensamt av analysgruppen då bedömningar på hög- och lågvärde görs. Givet att riskbilden huvudsakligen delas mellan kärnkraftverken, med några undantag för platsspecifika faktorer och när i tiden som arbetet planeras genomföras, borde ett mer rimligt antagande vara att variationerna är starkt korrelerade (eller till och med kan slås ihop).

Riksgälden bedömer att för många variationer används med låg inbördes samvariation i osäkerhetsanalysen i Plan 2019. Att använda ett så stort antal variationer som SKB gör försvårar möjligheterna att skatta och bedöma korrelationerna mellan dem, vilket leder till att den totala osäkerheten underskattas även i de fall analysgruppens bedömningar av respektive variations osäkerhetsintervall är väl tilltagna.

Tillämpning av successiv kalkylering

SKB:s metod

I syfte att identifiera och värdera osäkerheter i kärnavfallsprogrammet använder SKB successiv kalkylering, se avsnitt 2.1. Analysgruppen har, som tidigare diskuterats, en central roll - gruppens subjektiva identifiering och värdering av variationer blir input till Monte Carlo-simuleringen i den stokastiska beräkningsmodellen. Tillämpningen av metoden och analysen genomförande får därför stor betydelse för analysens resultat.

I vissa avseende avviker SKB:s tillämpning av successiv kalkylering från metodens ursprungliga utformning. Enligt Lichtenberg ska arbetsgruppen för varje variation göra bedömningar av max-, mest troligt- och min-värde. Teoretiskt ska sedan bedömningarna av max och min representeras av 99:e respektive 1:e percentilen för vald fördelningsfunktion¹⁷. I osäkerhetsanalysen i Plan 2016 och tidigare Plan-rapporter gjorde analysgruppen bedömningar vid 99:e respektive 1:e percentilen för vald fördelningsfunktion (beta-fördelning). I osäkerhetsanalysen i Plan 2019 görs bedömningar istället vid 90:e respektive 10:e percentilen. Förändringen har implementeras till följd av synpunkter lämnade av SSM i föregående förslag till avgifter och säkerhetsbelopp. SSM gjorde med stöd av NTNU bedömningen att det är svårare för personer att göra bedömningar vid sannolikheten 1:100 än vid 1:10. Förklaringen ligger i "mindset" hos personerna som gör värderingen. Personer kan ha erfarenhet av 10 projekt, men ytterst få har erfarenhet av 100, vilket gör det svårt att greppa innebörden av en sådan extrem händelse som representeras av 99:e percentilen. Riksgälden ser positivt på förändringen eftersom detta torde mildra risken att modellerade fördelningsfunktioner får för korta svansar, dvs. att kostnadseffekten av extrema händelser underskattas.

Ytterligare ett avsteg som analysgruppen gör i osäkerhetsanalysen är att bedömningar inte görs för mest troligt värde för osäkerheterna. Mest troligt värde för objektsäkerheterna som input till simuleringen kommer istället från ingenjörskalkylen (uppräknat med trenden i reala pris- och löneutvecklingen) och mest troligt värdet för generella osäkerheter är noll (eftersom påslaget är relativt objektkostnaderna). SKB anser att analysgruppen inte har den tekniska bakgrund som krävs för att göra bedömning om troligt värde för objekten.

¹⁶ SSM2015-3606-7

¹⁷ *Projektplanlægning – i en foranderlig verden*, 1990, Sten Lichtenberg

Riksgäldens bedömning

I de flesta avseenden kan slutsatser i Lichtenbergs utlåtande fortfarande anses relevant eftersom den grundläggande metoden för analysen i stort sett är oförändrad mellan Plan 2010 och Plan 2019. Enlig utlåtanden är det ett "allvarligt metodfel" att analysgruppen inte gör bedömningar på mest troligt värde för osäkerheterna. Lichtenberg menar att det finns dokumenterat att referensvärdet typiskt bedöms för lågt i förhållande till utfallet i framtiden.

I utlåtandet beskrev även Lichtenberg vikten av bredd vad gäller kompetens och bakgrund i analysgruppens sammansättning. Om flertalet medlemmar direkt eller indirekt känner lojalitet mot kärnkraftssektorn kan de omedvetet vara optimistiska i sina bedömningar. Vid tidpunkten för utlåtandet saknade författarna information om analysgruppens sammansättning. I osäkerhetsanalysen i plan 2019 framgår av underlaget att sju av elva medlemmar har direkt koppling till kärnkraftssektorn genom sitt arbete på SKB, Vattenfall eller Barsebäck. I tillägg leds analysgruppen av en moderator som är projektledare för utarbetande av kostnadsberäkningen. Moderatoren har en mycket viktig uppgift i sin roll att säkerställa att arbetet sker på ett metodmässigt korrekt sätt. Det går därför inte att utesluta att medlemmarnas bakgrund medför en grad av bias i bedömningarna och osäkerheter, även om det sker omedvetet.

Ytterligare ett problem med tillämpningen av den successiva principen i osäkerhetsanalysen i Plan 2019 är den höga detaljeringsgraden i analysen. Analysgruppen gör bedömningar på specifika objektosäkerheter, som exempelvis osäkerheten i investeringskostnader för stam- och deponeringstunnlar för slutförvaret för använt kärnbränsle. Även bedömningar av konsekvenser av generella osäkerheter kan anses mycket specifika, exempelvis andel förkastade kapselpositioner som underlag för storlek och utformning av kärnbränsleförvarets bergutrymme. En risk med för hög detaljeringsgrad är att det ger falsk bild av exakthet, ett problem som beskrivs i en artikel från 2014 om applicering av osäkerhetsanalyser i bedömning av projektkostnader¹⁸. Författarna hävdar att om målet är att ge en korrekt bild av osäkerheten i ett projekt så bör analysen hållas på en relativt hög nivå. En annan utmaning är att bibehålla samband mellan osäkerhetsfaktorer då antalet variationer är hög. Risken med att samvariation inte modelleras mellan många osäkerhetsfaktorer är att det uppstår en diversifieringseffekt vilket i sin tur gör att den totala risken i projektet underskattas, som beskrivits tidigare.

SKB:s tillämpning av successiv kalkylering avviker från ursprungsmetoden. I vissa avseenden får detta anses positivt, exempelvis att analysgruppens bedömningar representeras av 90:e och 10:e percentilen i fördelningsfunktionen. Förändringen torde ge mer realistiska bedömningar för hög- och lågvärde för osäkerheterna. I andra avseenden, mer specifikt analysgruppens sammansättning och den höga detaljeringsgraden i analysen, leder troligtvis till bias och underskattning av den totala risken.

Fasta förutsättningar för analysen

SKB:s metod

I tillämpningen av den successiva principen används antaganden, som SKB kallar för fasta förutsättningar, i syfte att begränsa analysgruppens arbete. I arbetet med osäkerhetsanalysen ska analysgruppen inte identifiera och bedöma osäkerheter som faller utanför de ramar som de fasta

¹⁸ *Uncertainty analysis – 5 challenges with today's practice*, Agnar Johansen, Bettina Sandvin, Olav Torp, Andreas Øklan, Procedia - Social and Behavioral Sciences, 2014

förutsättningarna definierar. Genom att använda fasta förutsättningar blir faktorer som skulle kunna tolkas som osäkerheter inte kvantifierade och ingår således inte i underlaget för beräkning av avgifter och säkerhetsbelopp. Detta betyder att om en på förhand definierad fast förutsättning i praktiken skulle visa sig vara osäker så är risken stor att beräknade kärnavfallsavgifter och kompletteringsbelopp inte täcker de extra kostnader som kan uppstå.

Ett exempel på en fast förutsättning är *Svenska kärnkraftverk*, vilket innebär att osäkerhetsanalysen enbart ska omfatta risker kopplat omhändertagandet av radioaktiva restprodukter härrörande från kärnkraftverk belägna inom Sveriges gränser. Ett annat exempel är *KBS-3-metoden*, dvs. analysen ska inte omfatta alternativa slutförvaringsmetoder, som exempelvis djupa borrhål. Den förstnämnda förutsättningen kan anses som en naturlig följd av finansieringssystemets syfte. Den senare är dock inte lika självklar. SKB beskriver att de förutsättningar som används ska vara väl underbyggda och inte baseras på subjektiva bedömningar. Beslut om vilka fasta förutsättningar som analysen ska omfatta tas på ledningsnivå inom SKB. Totalt används samma 10 fasta förutsättningar i osäkerhetsanalysen i Plan 2019 som i osäkerhetsanalysen i Plan 2016, se tabell nedan¹⁹.

Tabell 2. Fasta förutsättningar i osäkerhetsanalysen i Plan 2019

Fast förutsättning	Beskrivning
Enbart kostnadssidan	Osäkerhetsanalysen ska enbart omfatta kostnadssidan och således inte innefatta ränteosäkerheter och andra liknande finansiella frågor.
Samhället	Rådande samhällssystem och finansiella institutioner antas bestå.
Svenska kärnkraftverk	Omhändertagandet ska avse radioaktiva restprodukter härrörande från svenska kärnkraftverk.
Inom Sveriges gränser	Kalkylen ska avse omhändertagande som sker inom Sveriges gränser.
Mängden använt kärnbränsle	Mängden använt kärnbränsle ska bestämmas utifrån kärnkraftsföretagens prognoser och ska ligga fast.
Typ av kärnbränsle	Typ av framtida använt kärnbränsle ska motsvara dagens om inte kärnkraftsföretagen redan fattat beslut om annat.
Reaktorhaveri	Konsekvenser av reaktorhaveri på mängden eller typen av restprodukter ska inte beaktas i analysen.
KBS-3-metoden	Analysen ska begränsas till att omfatta enbart KBS- 3-metoden.
Ingen förlängd övervakning	Ingen övervakning av slutförvaret efter avslutad deponering ska ingå i analysen.
Inget generellt återtagande av deponerade kapslar	Kostnader för återtagning av samtliga kapslarna med använt bränsle efter deponering ska inte ingå i analysen.

Källa: SKB

¹⁹ SKB redovisade 11 fasta förutsättningar i Plan 2016 men den som avsåg *prisnivå för kostnaderna* ansågs av SSM i praktiken inte vara en fast förutsättning.

Riksgäldens bedömning

SSM har tidigare haft synpunkter på användandet av fasta förutsättningar. I osäkerhetsanalysen för Plan 2019 har motiveringen för vissa antaganden utvecklats och förtydligats av SKB, vilket underlättar myndighetens granskning av underlaget.

Riksgälden bedömer att det är rimligt att avgränsa analysen men att det då ska finnas tydliga ramar för vad som styr begränsningen så att antaganden blir transparenta och konsekventa. Vilka typer av osäkerheter som ska ingå i osäkerhetsanalysen, eller med andra ord vilka ramar som ska styra begränsningen, kräver noggranna överväganden.

För det första bör hänsyn tas till de lagar och förordningar som styr tillståndshavarnas skyldigheter avseende omfattningen på kostnadsberäkningarna. Omfattningen regleras i huvudsak av finansieringslagen och finansieringsförordningen. Vad som avses med allmänna skyldigheter för tillståndshavarna definieras i lagen (1984:3) om kärnteknisk verksamhet (kärntekniklagen). Exempelvis upphör enligt 11 § finansieringslagen reaktorinnehavarens skyldigheter att betala kärnavfallsavgift och ställa säkerhet när reaktorinnehavaren har fullgjort samtliga sina skyldigheter enligt 10 § kärntekniklagen eller har fått dispens från dem. I praktiken innebär detta till dess att allt kärnämne och kärnavfall placerats i ett slutförvar och slutligt förslutits – då övergår ansvaret till staten. Det är därmed rimligt att anta att *ingen förlängd övervakning* bör vara en fast förutsättning i analysen. Även atomansvarighetslagen (1968:45) styr omfattningen, exempelvis vad gäller tillståndshavarnas skyldigheter vid kärnteknisk olycka.

För det andra bör beslutet om vad som bör utgöra en osäkerhetsfaktor ta hänsyn till om det är möjligt att kvantitativt beräkna osäkerheten. Med andra ord, är det möjligt att ta fram ett kostnadsunderlag för aktiviteterna som osäkerhetsfaktorn avser? Exempelvis är det för den fasta förutsättningen *KBS-3-metoden* svårt för SKB eller annan aktör att ställa kostnadsunderlaget som ligger till grund för metoden mot en bedömning av andra alternativ, som djupa borrhål eller transmutation. Givetvis går det att göra förenklade antaganden, detta skulle dock enligt Riksgäldens bedömning inte ge meningsfulla resultat. Dessutom råder enligt både SSM och SKB osäkerhet om metodernas genomförbarhet över huvud taget. Det bedöms således inte rimligt att efterfråga ett alternativt kostnadsunderlag för metoden.

Osäkerhetsfaktorer bör även ha en faktisk effekt på underlaget för beräkning av kärnavfallsavgifter och säkerhetsbelopp för att de ska vara meningsfulla att modellera. Kärnavfallsavgifter beräknas på medelvärdet av simuleringarna. Osäkerheterna bör därmed ha en medelvärdeshöjande effekt. Exempelvis kan de fasta förutsättningarna *reaktorhaveri* och *KBS-3-metoden* anses vara osäkerheter av typen låg sannolikhet och hög konsekvens. Det inte självklart att de skulle ha någon större effekt på medelvärdet eller risken inom 90:e percentilen i simuleringarna.

Mot bakgrund av ovanstående resonemang lämnar Riksgälden kommentarer på SKB:s uppställda fasta förutsättningar, se bilaga A. I bedömningen har Riksgälden konsulterat SSM som lämnat utlåtande avseende tekniska och säkerhetsmässiga aspekter för två av de fasta förutsättningarna²⁰.

Sammantaget anser Riksgälden att det är rimligt att begränsa förutsättningarna för analysen utifrån ett praktiskt perspektiv, men även för att analysens resultat ska vara meningsfulla. Det är viktigt att ramarna för begränsningarna är tydliga så att antaganden blir transparenta och följdriktiga. I

²⁰ SSM2020-162-2

bedömning av vilka risker som bör utgöra grund för osäkerhetsanalysen har Riksgälden utgått utifrån gällande lag och förordning, samt utifrån SSM:s bedömning i egenskap av teknisk expertmyndighet inom kärnkraftsområdet. Dessutom ska det vara möjligt att ta fram tillförlitligt och relevant kostnadsunderlag för de risker som används. Baserat på dessa kriterier bedömer Riksgälden att de fasta förutsättningar som används i osäkerhetsanalysen i Plan 2019 är rimliga.

Simulering på summerade värden

SKB:s beräkningar

Enligt 5 § finansieringslagen ska kostnadsberäkningen som tillståndshavarna (genom SKB) lämnar in avse de årliga förväntade kostnaderna för åtgärder som krävs för säker hantering och slutförvaring av verksamhetens restprodukter²¹. SKB inkom den 30 september med ett kostnadsunderlag som avsåg årliga kostnader för ingenjörskalkylen, samt ett summerat, ej tidsfördelat, påslag för oförutsett och risk. Efter begäran om komplettering inkom SKB den 12 november med underlag för de totala årliga förväntade kostnaderna (inklusive ett tidsfördelat osäkerhetspåslag).

Utöver att följa 5 § finansieringslagen behöver kostnadsunderlaget uttryckas som årliga kostnader för att Riksgälden på ett ändamålsenligt sätt ska kunna beräkna kärnavfallsavgifter och säkerhetsbelopp. För kärnavfallsavgifter krävs årliga kostnader eftersom kostnaderna nuvärdesberäknas med en årlig diskonteringsräntekurva. SKB:s stokastiska Excel-modell kan inte genomföra Monte Carlo-simuleringar på fördelningar över tid. Istället gör modellen simuleringar på variationers summerade hög- och lågvärden för respektive objekt i kostnadskalkylen.

Ett generellt problem med att simulera på summerade variationer är svårigheterna att fånga tidsvariationernas effekt på grundkalkylen på ett korrekt sätt. I analysen används totalt ett tiotal variationer som innehåller någon form av tidskomponent, dvs. att variationerna medför en justering av objektkostnaderna de verkar på, antingen bakåt eller framåt i tiden. I beräkningssteget då variationernas hög- och lågvärdena summeras så försvinner information om när i tiden eventuella förseningar och tidigareläggningar sker för tidsvariationerna. Detta beror på att varje hög- och lågvärde uttrycks som summor och inte som kassaflöden. Efter simuleringen går det därför aldrig för ett givet scenario att spåra vilka tidseffekt utfallet av en tidsvariation haft på kostnaderna, eller med andra ord, vilka orsaker som ligger bakom tidsförskjutningen eller tidigareläggningen.

För att efterleva finansieringslagens krav om att grundkostnaderna ska vara fördelade över tid har SKB i Plan 2019, efter föreläggande från Riksgälden, använt en egenutvecklad metod benämnd *stretchning*. I korthet går metoden ut på att tidsfördela det totala osäkerhetspåslag som erhålls från SKB:s modell på ett sätt som gör att nuvärdet av kostnaderna (inklusive osäkerhetspåslag), om det diskonteras med en given diskonteringskurva, är oförändrat jämfört med SKB:s tidigare metod. Eftersom det finns oändligt många olika möjligheter för hur osäkerhetspåslaget kan fördelas över tid finns heller ingen unik lösning, vilket innebär att SKB utanför sin ordinarie osäkerhetsanalys behöver göra antaganden om hur riskerna utvecklas över tid.

Till att börja med har SKB, utan närmare förklaring, undantagit de tre första åren vilket innebär ett implicit antagande om att dessa år är "riskfria". För resterande år har det totala osäkerhetspåslaget fördelats ut med ett (i absoluta termer) lika stort påslag varje år, innebärande ett implicit antagande

²¹ Detta skiljer sig från tidigare gällande lagstiftning där grundkostnaderna definierades som de totala (och inte årliga) förväntade kostnaderna.

om att osäkerheten mätt i kronor är lika stort för kärnavfallsprogrammet oavsett de underliggande kostnaderna i ingenjörskalkylen. I relativa termer innebär detta att risken, mätt som procentuell andel av underliggande kostnader, är lägre för de år där SKB förväntar sig höga kostnader.

Efter att osäkerhetspåslaget fördelats ut över tid sträcks kostnaderna ut i tiden med en sträckningsfaktor. Sträckningsfaktors målsöks så att så att nuvärdet av kostnaderna (beräknat med en diskonteringsräntekurva från 2018-12-31 enligt metoden som användes vid föregående avgiftsförslag) i de utsträckta kostnaderna blir likadant som resultatet i simuleringen²². Eftersom tidsaxeln har sträckts ut fortgår programmet nu till och med 2080 istället för 2070. Ett sätt att tolka resultatet är att den förväntade förseningen i programmet, givet SKB:s mertid, är 10 år. Stretchningen genomförs separat för varje reaktorinnehavare.

Riksgäldens bedömning

Metoden som SKB valt för att transformera underlaget till årliga värden, dvs. stretchning, har inte förutsättningar att åtgärda grundproblemet, dvs. att SKB:s modell inte kan hantera Monte Carlo-simuleringar på fördelningar över tid. Metoden har även andra brister:

- Eftersom sträckningen påverkar alla objekt med samma faktor så finns det inget direkt samband mellan hur många år kalkylen förlängs, i det här fallet tio år, och vilken effekt tidsvariationerna har på kalkylen.
- Alla objektkassaflöden blir procentuellt lika mycket påverkade eftersom sträckningen genomförs på totala årliga kostnader per reaktorinnehavare, inte uppdelade per objekt. Kostnadsobjekt som enligt analysgruppen inte ska påverkas av en given generell tidsvariation riskeras därmed bli utsträckta i tiden av sträckningsfaktorn.
- Samma absoluta belopp av osäkerhetspåslaget läggs på kostnaderna som underlag för stretchningen. Innebörden är att storleken på de årliga kostnaderna i ingenjörskalkylen är helt oberoende av storleken på det årliga påslaget. Osäkerhetspåslaget kan därmed exempelvis bli oproportionerligt högt i förhållande till ingenjörskalkylen för år då kostnaderna är låga, och vice versa för år då kostnaderna är höga.
- Resultatet från metoden är endast giltigt för den diskonteringsränta som används som underlag för stretchningen. Vid tillfället då stretchningen genomförs är den diskonteringsräntan som används som underlag för beräkning av kärnavfallsavgifter och säkerhetsbelopp okänd. I praktiken kommer diskonteringsräntekurvan som används i myndighetens beräkningar baseras på marknadsdata över ett år efter det underlag som används för uppbyggnad SKB:s diskonteringsräntekurva i stretchningen. Vid stora marknadssvängningar, alternativt metodförändringar i uppbyggnaden av kurvan, kommer målsökningen i stretchningen inte vara giltig.

Sammantaget anser Riksgälden att osäkerhetsmodellen i Plan 2019 inte har tekniska förutsättningar att simulera på tidsfördelade osäkerheter. Metoden som används för att tidsfördela kostnaderna kan garantera att de totala kostnaderna med summerat osäkerhetspåslag och ett tidsfördelat osäkerhetspåslag är lika vid en vald diskonteringsräntekurva, men inte att den tidsfördelade kalkylen avspeglar effekten av de verkliga tidsvariationerna. Det finns inget uppenbart sätt att lösa problematiken, som i grunden är ett resultat av att SKB genom att summera värden kastar bort

²² 1879093 - SKBs svar på Riksgäldens begäran om kompletterande information och underlag för Plan 2019 avseende punkt 7, SKB

information som man sedan försöker återskapa genom en godtycklig metod. Sammantaget bör därför osäkerhetsmodellens uppbyggnad och metodval ifrågasättas som underlag för myndighetens beräkningar.

Slutsatser

I vissa avseenden har osäkerhetsanalysen i Plan 2019 förbättrats jämförts med tidigare år. Antalet riskfaktorer är något färre, SKB:s beskrivning av fasta förutsättningar är tydligare och expertgruppens bedömningar av hög- och lågvärden i trepunktskattningarna görs nu vid 90:e respektive 10:e percentilen. Åtgärderna har förenklat myndighetens granskning av underlaget och är troligen även en förklaring till att den totala risken, mätt som standardavvikelse relativt medelvärdet, har ökat något från 13 procent i den förra kostnadsberäkningen till 16 procent i den nu aktuella.

Trots förbättringarna kvarstår flera brister i osäkerhetsanalysen. För de första är detaljeringsgraden i analysen alltför hög. Den höga detaljeringsgraden medför att analysarbetet blir mycket omfattande och svåröverblickbart, och kan ge en falsk bild av exakthet. Att beräkningsmodellen sammanlagt består av hundratals Excelliflikar med en hög grad av manuellt arbete adderar också en lager av komplexitet som försvårar arbetet med kvalitetssäkring och analys. Dessutom används för många variationer med för låg eller ingen inbördes samvariation, vilket gör att det uppstår en diversifieringseffekt som bidrar till att hålla nere standardavvikelsen.

För det andra innebär analysgruppens sammansättning, där majoriteten av medlemmarna och moderatören har koppling till kärnkraftsindustrin, en risk för bias i bedömningarna. För det tredje krävs det mer analys avseende rimligheten i egenskaperna och formen på den resulterande kostnadsfördelningen. För det fjärde saknar osäkerhetsmodellen tekniska förutsättningar att simulera tidsfördelade osäkerheter, vilket bland annat medför att tidsförskjutningar inte simuleras ändamålsenligt.

Samtantaget är Riksgäldens bedömning att ovanstående brister leder till att den totala risken i kostnaderna troligen är underskattad. Detta bekräftas av indikativa jämförelser med spridningen i kostnader för andra stora infrastrukturprojekt.

Bilaga A: Riksgäldens kommentarer på fasta förutsättningar i Plan 2019

Fast förutsättning	Kommentar
Enbart kostnadssidan	I finansieringsförordningen finns bestämmelser om finansiering av hantering av restprodukter från kärnteknisk verksamhet. Förordningen bestämmer att en kostnadsberäkning ska lämnas in till Riksgälden vart tredje år. Det får därför anses självklart att osäkerhetsanalysen som SKB förser myndigheten med endast avser kostnader. Däremot ska myndighetens beräkning av kompletteringsbeloppet även avse risker på tillgångssidan i balansräkningen för en reaktorinnehavares skyldigheter.
Samhället	Förutsättningen betyder att ansvarsfördelningen mellan kärnkraftsbolagen och staten i framtiden kvarstår, samt att staten även i fortsättningen förvaltar inbetalda medel på ett ansvarsfullt sätt. Riksgälden menar att rollfördelningen och respektive parts ansvar är tydligt definierat i lag och förordning. Det är därför motiverbart att det är en fast förutsättning. Att göra avvikande antaganden om en framtida samhällsstruktur får dessutom anses högst spekulativt.
Svenska kärnkraftverk	I 5 a § kärntekniklagen anges att det är förbjudet att utan särskilt tillstånd av regeringen eller den myndighet som regeringen bestämmer i Sverige slutförvara eller i avvaktan på slutförvaring mellanlagra kärnavfall eller kärnämne som inte är avsett användas på nytt, om avfallet eller ämnet kommer från en kärnteknisk anläggning eller annan kärnteknisk verksamhet i ett annat land. Riksgälden menar därför att omhändertagandet av radioaktiva restprodukter härrörande från svensk kärnkraft är rimligt att använda som fast förutsättning.
Inom Sveriges gränser	Enligt ovanstående resonemang i kärntekniklagen kan analysen begränsas till att avse omhändertagande som sker inom Sveriges gränser.
Mängden använt kärnbränsle	Det är reaktorernas återstående drifttid som styr hur mycket bränsle som behöver omhändertas. Drifttiderna vid beräkning av kärnavfallsavgifter och säkerhetsbelopp bestäms av 4 § finansieringsförordningen som säger att varje reaktor ska anses ha en total drifttid om 50 år och en återstående drifttid om minst sex år, om det inte finns skäl att anta att drifttiden kan komma att upphöra dessförinnan. Återstående drifttid kan således ses som fast förutsättning. Den volym el som kärnkraftverken förväntas producera, givet drifttiden, är dock inte fast. I beräkningen av kärnavfallsavgifter använder Riksgäldens en egenutvecklad stokastisk modell för bedömning av framtida elproduktion från kärnkraftverken. Således kommer variationer i framtida elproduktion modelleras i beräkning av kärnavfallsavgifter (Även storleken på finansieringsbeloppet påverkas i liten utsträckning eftersom en justering av framtida kostnaderna görs i proportion till bränslemängder som fallet ut av en annan bedömning av elproduktion). SKB har i Plan 2019 tillhandahållit underlag för att justera förväntade kostnader utifrån en annan bedömning av framtida elproduktion. I praktiken görs alltså en deterministisk justering av grundkostnaderna som underlag för beräkning av avgifter och säkerhetsbelopp. Däremot görs inte en modellering av risken kring justeringen. Riksgälden har inte underlag för att i praktiken implementera osäkerhet kring kostnadsförändringar som följd av förändringar i mängden använt kärnbränsle. Det är dessutom i dagsläget svårt att föreställa sig hur utarbetandet av ett sådant underlag ska gå till, då det kräver antaganden om exempelvis beroenden mellan kvantitet av bränsle och behov av olika slutförvar och transporter. Mängden använt kärnbränsle kan därför utgöra en fast förutsättning för analysen. Området kan möjligen utvecklas i framtiden då det kan vara intressant att undersöka beroenden mellan olika komponenter på skuld och tillgångssidan i en reaktorinnehavarnas balansräkning.
Typ av kärnbränsle	SKB beskriver att utgångspunkten är kärnkraftsföretagens prognoser där nuvarande reaktortyper används, som ger upphov till BWR- och PWR-avfall. Scenariot som innebär att en ny typ av bränsle skulle behöva omhändertas är endast aktuellt om nya reaktorer byggs och om dessa nya reaktorer ger upphov till en ny typ av använt kärnbränsle. Lagen medger visserligen att nya reaktorer får uppföras för att ersätta avställda reaktorer. Det är dock svårt att uppskatta sannolikheten för att sådant scenario. Dessutom är det oklart vilket alternativt kostnadsunderlag som skulle behöva utarbetas för att spegla osäkerheten eftersom det kräver spekulation om ännu ej färdigutvecklade framtida reaktortyper. Riksgälden anser således att det är rimligt att begränsa analysen till dagens typ av kärnbränsle.
Reaktorhaveri	SKB anser att kostnader som faller ut av ett reaktorhaveri inte ska täckas av medel i kärnavfallsfonden utan av ägarna till anläggningarna själva, vilket är korrekt enligt atomansvarighetslagen. Skyldigheter i atomansvarighetslagen avser framför allt direkta kostnader, exempelvis extra kostnader för omhändertagande av skadat bränsle. Däremot finns indirekta kostnader som kan påverka kostnader för avveckling och slutförvaring. NTNU pekar på att ett

reaktorhaveri med hög sannolikhet kommer betyda ett skifte i samhällsvärderingar, vilket leder till högre säkerhetskrav på alla delar i programmet, vilket i slutändan troligen innebär kostnadsökningar för dessa åtgärder. SKB menar att den typen av osäkerheter täcks av variationerna som rör lagstiftning och myndighetskrav (nr 101 och 103) samt driftstörningar i KBS-3-systemet (nr 204). Huruvida dessa effekter faktiskt omhändertas i variationerna ingår inte i omfattningen för den här granskningen. Riksgälden har således inga synpunkter i frågan.

KBS-3-metoden

2011 ansökte SKB om tillstånd att få bygga ett slutförvarssystem för använt kärnbränsle enligt KBS-3-metoden. Ansökan prövas mot kärntekniklagen hos SSM och mot miljöbalken hos Mark- och miljödomstolen. SSM har tillstyrkt ansökan. I april lämnade SKB det kompletterande underlag som Mark- och miljödomstolen efterlyste. Innan regeringen beslutar i ärendet måste berörda kommuner tillfrågas eftersom de har vetorätt i frågan om geografisk placering av slutförvar. SKB motiverar avgränsningen dels med att KBS-3-metoden är så långt framme att det i praktiken blir omöjligt att införa andra metoder, dels att det är omöjligt att ställa det mycket detaljerade kostnadsunderlag som föreligger KBS-3 mot en alternativ metod.

I SSM:s granskning under tillståndsberedningen jämfördes alternativa metoder – djupa borrhål och transmutation. Myndigheten bedömde att metoderna inte är praktiska alternativ nu eller i framtiden. Även om SKB:s ansökan mot förmodan skulle avslås av regeringen förväntar sig SSM inte att något av alternativen blir aktuella för fortsatt utvecklingsarbete. Det bör även noteras att det inte finns något annat land i världen med aktivt slutförvarsprogram som för närvarande satsar på utveckling av djupa borrhål som en metod för slutförvaring av använt kärnbränsle. SSM har dessutom en uttalad strategi om att stegvis pröva SKB:s planering och implementering av systemet, vilket möjliggör för myndigheten att när som helst, med lag- eller förskiftsstöd, kräva åtgärder, pausa eller stoppa en verksamhet. SSM konstaterar därmed att sannolikheten för att KBS-3 metoden som koncept vid en framtida tidpunkt på något sätt "underkänns" av SSM (kan) anses som mycket låg. Således anser SSM att det inte finns något som motiverar att industrin behöver ta höjd för andra metoder än KBS-3 i sina kostnadsberäkningar.

Riksgälden vill dessutom tillägga att det inte är helt självklart hur ett alternativt kostnadsunderlag skulle utarbetas. För det första är det, som SSM konstaterar, oklart mot vilket alternativ KBS-3-metoden ska jämföras då det enligt både SSM och SKB är tveksamt om alternativa slutförvaringsmetoder är praktiskt tillämpbara. För det andra skulle grova antaganden behöva göras avseende exempelvis sannolikhet för inträffande och tidsplan, givet en alternativ slutförvaringsmetod. Kostnadsunderlaget skulle, om de implementerades i osäkerhetsanalysen, antagligen inte bidra med meningsfull data som underlag för myndighetens beräkningar.

Sammanfattningsvis anser Riksgälden därmed att alternativa slutförvaringsmetoder inte bör utgöra underlag för riskanalysen. Det bör i sammanhanget poängteras att det givetvis kan uppstå tekniska problem i KBS-3-systemet som påverkar programmets kostnader, utan att en helt ny metod för den delen måste implementeras. SKB hävdar att osäkerheter i KBS-3-metodens olika delar ingår som en del av andra generella variationer, bland andra tidpunkt då SKB erhåller tillstånd för Kärnbränsleförvaret och inkapslingsanläggningen (nr. 201), driftstörningar i KBS-3-systemet (nr. 204), storlek och utformning av kärnbränsleförvaret (nr. 205), mfl. I vilken grad dessa osäkerheter får genomslag i analysen är utanför den här granskningens omfattning. Det bör också nämnas att det givetvis kan finnas ett intresse av att i andra sammanhang, exempelvis scenarioanalys eller riskrapportering, undersöka effekten av alternativa slutförvaringsmetoder.

Ingen förlängd övervakning

Enligt 11 § finansieringslagen upphör reaktornnehavarens skyldigheter att betala kärnavfallsavgift och ställa säkerhet när reaktornnehavaren har fullgjort samtliga sina skyldigheter enligt 10 § kärntekniklagen eller har fått dispens från dem. I praktiken kvarstår skyldigheten tills dess att allt kärnämne och kärnavfall placerats i ett slutförvar och slutligt förslutits – då övergår ansvaret till staten. Riksgälden anser därför att detta bör vara en fast förutsättning.

Inget generellt återtagande av deponerade kapslar

SKB beskriver att återtag av enskilda kapslar ska kunna genomföras som en tänkbar åtgärd för att hantera eventuella fel som uppstår eller upptäcks under deponeringssekvensen. Ett generellt återtag av samtliga kapslar är inte aktuellt, även om detta skulle kunna vara tekniskt möjligt. Till skillnad från vissa andra länder finns inget uttryckligt krav i svensk lagstiftning på att utforma ett slutförvar för att enklare kunna återta avfallet, särskilt efter förslutning.

I sitt utlåtande hävdar SSM att det är rimligt att ta höjd för osäkerheter kopplat till eventuella fel uppstår eller upptäcks under deponeringssekvensen. SSM ser dock inte något hypotetiskt scenario som motiverar att kostnader ska avsättas för återtag av betydande mängder bränsle. Riksgälden anser, vilket delvis beskrivs i SSM:s utlåtande, att scenariot som skulle frambringa ett generellt återtag av deponerade kapslar är troligen en teknisk brist i någon del av KBS-3-systemet. För det scenariot hänvisas till fast förutsättning om KBS-3 systemet. Sammantaget anser därför Riksgälden att generellt återtag kapslar kan utgöra en fast förutsättning.

Bilaga 3: Granskning av prognoser för elproduktionen vid de svenska kärnkraftverken 2021-2035

Sammanfattning

- För en tillståndshavare som har reaktorer i drift ska kärnavfallsavgiften betalas som kronor per levererad kilowattimme elström till elnätet under reaktorernas återstående drifttid. Kärnavfallsavgifter beräknas på förväntade volymer elström. Inbetalningarna beslutas i efterhand baserat på faktiskt levererad elström. De framtida avgiftsinbetalningarna till kärnavfallsfonden utgörs därför av kärnavfallsavgiften multiplicerat med faktisk levererad elström under den period som reaktorerna producerar el.
- Reaktorinnehavarna har historiskt överskattat elproduktionen vid kärnkraftverken, vilket bidragit till att kärnavfallsavgifterna successivt behövt höjas. Detta är problematiskt eftersom den återstående drifttiden för reaktorerna är relativt kort och en betydande andel av kostnaderna uppstår efter att reaktorerna slutat producera el.
- Riksgälden bedömer att reaktorinnehavarnas prognoser för framtida elproduktion vid kärnkraftverken inte ska användas som underlag för beräkning av kärnavfallsavgifter och säkerhetsbelopp. Prognoser för framtida elproduktion bör istället göras med Riksgäldens prognosmodell. Riksgälden bygger detta ställningstagande på att:
 - Beräkningar av medelfel i tillståndshavarnas prognoser ger skäl att misstänka att produktionen historiskt systematiskt överskattats.
 - Riksgälden ser de tillgänglighetsantaganden som görs i prognoserna som orealistiska.
- Riksgälden avser att löpande utvärdera både sina egna och reaktorinnehavarnas prognoser.

Bakgrund

Kärnavfallsavgifter beräknas på förväntad elproduktion

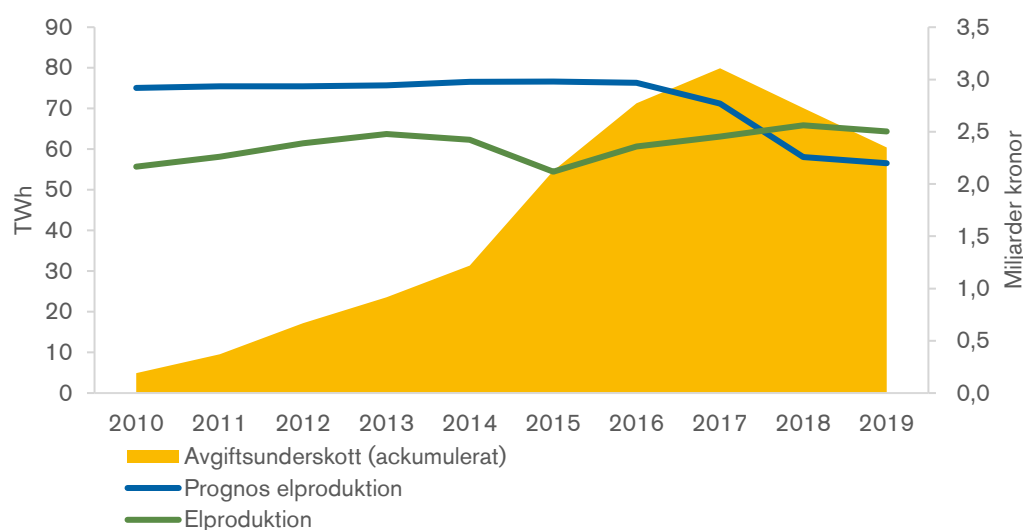
För reaktorinnehavare som innehar kärnkraftsreaktorer i drift ska kärnavfallsavgiften betalas som kronor per levererad kilowattimme elström till elnätet. Enligt 3 § finanseringsförordningen ska kärnavfallsavgifter beräknas på *förväntade* volymer elström. Inbetalningarna beslutas i efterhand baserat på faktiskt levererad elström. Framtida avgiftsinbetalningarna till kärnavfallsfonden är således produkten av kärnavfallsavgiften och levererad elström. Om prognosen för elproduktionen är högre än utfallet får det som konsekvens att kärnavfallsavgifterna blir lägre än vad som krävs för att systemet ska balansera. Det motsatta gäller om prognoserna för leverans av elström är lägre än faktiskt levererad elström.

Det finns totalt sju kärnkraftsreaktorer i drift i Sverige, fördelade på tre kärnkraftverk och tillika reaktorinnehavare: Forsmark Kraftgrupp AB (Forsmark), OKG AB (Oskarshamn) och Ringhals AB (Ringhals). Forsmark har tre reaktorer i drift (F1, F2, F3), Ringhals har tre reaktorer i drift (R1, R3 och R4) och Oskarshamn har en reaktor i drift (O3). Oskarshamn stängde två reaktorer 2015 och 2017 och Ringhals har sedan tidigare beslutat om stängning av två reaktorer vid årsskiftet 2019 och 2020¹.

Överskattning av produktionen har lett till underfinansiering

Under perioden 2010 till 2019 uppgick de ackumulerade uteblivna avgiftsintäkterna till ca 2,2 miljarder kronor till följd av att elproduktionen överskattats vid avgiftsberäkningarna, se diagram 1 nedan. Lägre inbetalningar än förväntat är en bidragande orsak till varför Strålsäkerhetsmyndigheten (SSM) succesivt föreslagit höjningar av kärnavfallsavgiften till regeringen. Att avgiftsunderskottet minskat under senare år är delvis en konsekvens av att kärnavfallsavgifter beräknats baserat på myndighetens elprognoser, och inte reaktorinnehavarnas.

Diagram 1. Uteblivna avgiftsintäkter



Källa: egna beräkningar

¹ Till följd det låga marknadspriset på el har Vattenfall beslutat att inte återstarta R1 efter revisionen under april 2020, utan väntar istället till hösten 2020.

De problem som är förknippade med diskrepanser mellan prognoser på elleveranser och faktisk utfall i produktion har tidigare beskrivits i olika sammanhang, bland annat i förslaget på kärnavfallsavgifter och säkerhetsbelopp för 2018-2020², samt i promemorian "Granskning av prognoser för kärnkraftverkens elproduktion"³. I promemorian beskrivs hur reaktorinnehavarnas samlade kärnkraftsproduktion under reaktorernas historiska drifttid varit betydligt högre än vad som prognostiserats för samma period och i avgiftsförslaget gjorde myndigheten bedömningen att reaktorinnehavarnas elprognoser inte kunde användas som underlag för beräkning av kärnavfallsavgifter och säkerhetsbelopp för 2018-2020. Även Riksrevisionen har uppmärksammat problemet och beskrev i sin utredning av finansieringssystemet 2017⁴ att:

"Kärnavfallsavgiften beräknas utifrån prognostiserad energiproduktion hos respektive reaktorinnehavare. Produktionsprognosen utgör därmed en central parameter vid avgiftssättningen. Kärnkraftsindustrin har, under tio års tid, överskattat produktionen i de svenska kärnkraftverken. En överskattning av produktionen ger lägre inbetalningar och därmed ett underskott i kärnavfallsfinansieringssystemet."

Det finns olika tänkbara orsaker till att elproduktionen underskattas av reaktorinnehavarna. En förklaring kan ha att göra med att reaktorinnehavarna inte kunnat förutse effekten av moderniseringsåtgärder för att höja säkerheten på reaktorerna sedan myndigheten 2005 införde nya skärpta säkerhetskrav⁵ för den fortsatta driften av anläggningarna efter det tidigare slutåret 2010. Vidare har troligen arbetsinsatsen av effekthöjande åtgärder underskattats i vissa reaktorer. Exempelvis genomfördes 2011 förberedande åtgärder för R4 för att höja den termiska effekten som ledde till en längre avställningsperiod. O2 har under flera år genomgått modernisering som bland annat omfattat byte av lågtrycksturbin och ombyggnation av kontrollrummet fram till avställningen 2017.

Även förekomsten av mer eller mindre allvarliga incidenter som föranlett produktionsstopp och förlängda revisionsåtgärder har troligen inte tagits höjd för i prognoserna. Här kan exempelvis nämnas R2 som under nästan två år (2015 och 2016) inte producerade el till följd av att korrosion i bottenplåten upptäckts. R2 har även varit avställd sju månader under 2011 p.g.a. kvarglömd dammsugare som orsakade brand. Vidare togs O1 ur nätet under flera perioder under hösten 2015 på grund av ett luftläckage in till kondensorn.

Kort återstående drifttid

Den elproduktion som förväntas produceras från en reaktor beror på dels återstående drifttid, dels den produktionsnivå som upprätthålls under drifttiden. Reaktorernas återstående drifttid vid beräkning av kärnavfallsavgifter och säkerhetsbelopp är reglerad i 4 § finansieringsförordningen: Varje reaktor ska anses ha en total drifttid om 50 år eller en återstående drifttid om minst sex år (den s.k. sexårs-regeln), om det inte finns skäl att anta att drifttiden kan komma att upphöra dessförinnan.

² SSM2016-5513

³ SSM2015-2571

⁴ RIR 2017:31

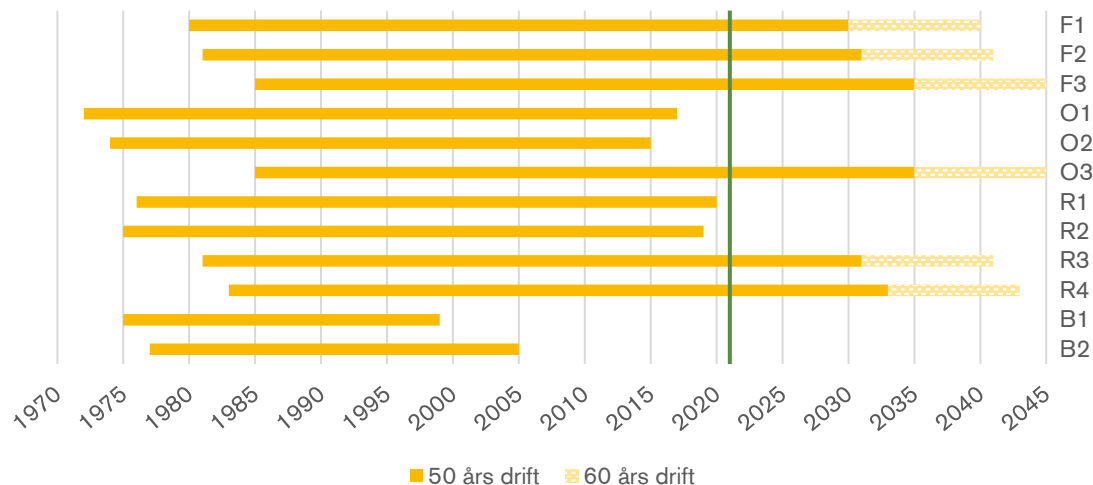
⁵ SSMFS 2008:17

Drifttiden som anges i förordningen är dock inte den drifttid som kärnkraftsbolagen själva förväntar att reaktorerna uppnår. Drifttillståndet är i princip obegränsat i tiden och reaktorinnehavarna får driva reaktorerna så länge de uppfyller säkerhetskraven och har tillstånd. Det är SSM som ansvarar för drifttillsynen vid kärnkraftverken. Ägarna har gjort investeringar i syfte att säkerställa 60 års drift. Det är såldes 60 års drift som utgör referensscenariot när SKB gör kostnadsberäkningar. Kostnadsberäkningen anpassas sedan av SKB till 50 års drifttid.

På kostnadssidan är det mängden använt kärnbränsle och radioaktivt avfall som ska omhändertas och när i tiden behov för mellanlagring och slutförvaring uppstår som påverkas av drifttiden. En minskning av drifttiden från 60 till 50 år innebär att 623 färre kopparkapslar ska slutförvaras, vilket motsvarar en minskning från 94 miljarder (referenskostnaden) till 86 miljarder (kalkyl 50), alltså knappt 10 procent⁶. Motsvarande minskning av drifttiden gör att den förväntade återstående elproduktionen går från ca 1 186 TWh till 657 TWh, alltså en minskning med över 80 procent. En reaktorinnehavares kärnavfallsavgift är både en funktion av de återstående kostnaderna och den förväntade elproduktionen. Som ovanstående visar påverkas dock kärnavfallsavgiften i mycket högre grad av elproduktionsminskningen än kostnadsminskningen när drifttiden går från 60 till 50 år.

I Diagram 2 nedan framgår förväntad och uppnådd total drifttid för varje reaktor, dels enligt de förutsättningar som följer av förordningen (50 års drift), dels enligt reaktorbolagens egna planer (60 års drift). Den vertikala gröna linjen anger startpunkten för nästa avgiftsperiod, dvs. 2021.

Diagram 2. Återstående drifttid för 50- och 60-årsscenario



Källa: SKB och egna beräkningar

Diagrammet visar att den återstående drifttiden är relativt kort för att reaktorerna ska nå 50 års drift. Dessutom kommer sex av tolv reaktorer vara avställda vid början av nästa avgiftsperiod, utan att ha uppnått en ålder om 50 år. Det återstår med andra ord inte så många år för att bygga upp fonden under reaktorernas aktiva tid och en betydande andel av kostnaderna uppstår efter att reaktorerna slutat producera el.

⁶ Plan 2019 Underlag för kostnadsberäkningar, SKB

Syfte och granskningsmetod

Som diskuterats ovan har reaktorinnehavarna under en lång tid överskattat produktionen i de svenska kärnkraftverken. En överskattning av produktionen har gett lägre inbetalningar och därmed ett underskott i kärnavfallsfinansieringssystemet. Enligt 10 § finansieringsförordningen ska det tillsammans med kostnadsberäkningen (Plan 2019, som ligger till grund för Riksgäldens avgiftsförslag) ges in uppgifter om hur mycket el som varje reaktorinnehavare årligen planerar att leverera per reaktor under återstående drifttid. Syftet med denna PM är att bedöma om inlämnade prognoser för framtida elproduktion vid kärnkraftverken (elprognoser) bör användas för beräkning av kärnavfallsavgifter och säkerheter.

Riksgäldens granskning består av två steg. Första steget är att analysera hur väl reaktorinnehavarnas tidigare prognoser står sig mot faktiskt utfall. I analysen beräknas medelfel, för att ge indikationer om tidigare prognoser systematiskt över- eller underskattas, samt medelabsolutfel, för att bedöma den övergripande träffsäkerheten i prognoserna. I sammanhanget är måtten ointressanta om det inte finns en konkurrerande prognosmodell att jämföra med. Det finns inte några andra i dag redan existerande prognosmodeller som är lämpliga att använda för jämförelser.⁷ Därför jämförs utfallet med en prognosmodell som Riksgälden tagit fram.

I ett andra steg granskas vissa centrala underliggande antaganden i reaktorinnehavarnas prognoser för att få en bredare bild av rimligheten i prognoserna.

Olika prognoser för elproduktion

Reaktorinnehavarnas prognoser

Genom SKB har reaktorinnehavarna alltjämt sedan kostnadsberäkningen 1989 (Plan 89) inkommit med uppgifter till myndigheterna om planerad elleverans. Reaktorinnehavarna har genom SKB (i Plan 2019) även inkommit med underlag för planerad elproduktion för reaktorerna för reaktorernas återstående drifttid enligt finansieringsförordningen, dvs. från 2021 till 2035. Under den perioden kommer som mest sex reaktorer vara i drift och den förväntade elproduktionen enligt reaktorinnehavarna är totalt 657 TWh⁸.

Underlaget som SKB överlämnat bygger på bedömningar gjorda av reaktorinnehavarna⁹, oberoende av varandra. För Forsmark och Ringhals består bedömningarna av en kombination av kortsiktiga (fem år) produktionsplaner och långsiktiga strategiska mål. För Forsmark är syftet med produktionsplanen att ge underlag för hårdladdning och intäktsbudgetering och bygger på viss marginal för förlängd avställning och fel. Långsiktigt används ett antagande om 92 procent tillgänglighet (med en reduktion om 2 procent för produktionsoptimering). Varken Forsmark eller Ringhals gör justeringar i bedömningarna för risker av typen låg sannolikhet och hög konsekvens. Oskarshamn använder ett produktionsplaneringsverktyg med inputparametrar som exempelvis maximal produktion,

⁷ Energimyndigheten gör prognoser av tillförsel av kärnkraftsel på lång sikt. Prognoserna bygger på en modell som optimerar energibehovet i olika sektorer så att den totala kostnaden för att tillhandahålla energiefterfrågan minimeras. Energimyndighetens långtidsscenarior för elproduktion är dock inte heller lämpliga i syfte att jämföras mot reaktorinnehavarnas elprognoser. För det första används samma antagande för tillgänglighet för samtliga reaktorer i drift. Detta förefaller olämpligt då historiska produktionsdata visar att tillgängligheten varier kraftigt mellan olika reaktorinnehavarna och inte minst mellan olika reaktorer. För det andra antas utbyggnad av ny kärnkraft om modellen tillåter det, vilket direkt motsäger de förutsättningar som ges av finansieringsförordningen avseende återstående drifttid.

⁸ 1878552 - 4a-Framtida elproduktion 50+6år, SKB

⁹ Bilaga till SKB:s svar på Riksgäldens begäran om kompletterande information och underlag för Plan 2019 avseende punkt 4c, SKB

kylvattenspåverkan, periodisk provning, revisionsavställning, etc. I beräkningarna görs ett antal antaganden avseende exempelvis erfarenheten hos personalen och komplexiteten i revisionsarbetet. För samtliga reaktorinnehavare görs inga antaganden om framtida effekthöjningar.

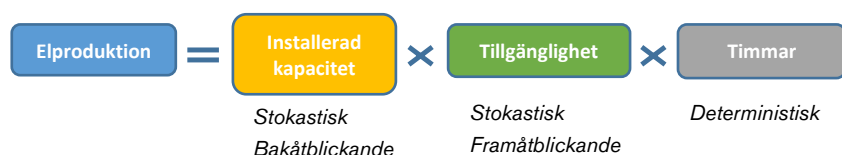
Tekniska och ingenjörsmässiga antaganden utgör grunden för tillståndshavarnas prognoser och dessa är svåra för Riksgälden att uttala sig om. I sammanhanget bör noteras att reaktorinnehavarna inte alltid haft samma metod för att göra prognoser. Under merparten av perioden 1988 till 2000 utgick reaktorinnehavarna från ett antagande om en framtida tillgänglighetsfaktor (vanligtvis runt 80 %). Bedömningen byggde på historisk utnyttjandegrad i reaktorerna och behov av förväntade framtida renoveringsarbeten samt eventuella framtida störningar i driften¹⁰.

Riksgäldens prognosmetod

Som diskuterats tidigare har reaktorinnehavarna under en lång period överskattat produktionen i de svenska kärnkraftverken. En överskattning av produktionen ger lägre inbetalningar och därmed ett underskott i kärnavfallsfinansieringssystemet. Det finns inte några andra prognosmakare som gör bedömningar som är användbara vid beräkningen av kärnavfallsavgifter. Därför bedömer Riksgälden att myndigheten behöver göra en egen bedömning av den framtida elproduktionen vid de svenska kärnkraftverken.

Den förväntade återstående elproduktionen för reaktorer i drift bestäms av en metod utvecklad i samband med SSM:s förslag till kärnavfallsavgifter och säkerhetsbelopp för 2018-2020. Modellen utvecklades tillsammans med konsulter från Palisade Corporation i Excel med hjälp av riskanalysverktyget Palisade @Risk. Syftet med prognosmetoden är att beräkna årlig förväntad elproduktion och variation kring medelvärdet av produktionen för varje aktiv reaktor. Principen är att en reaktors årliga elproduktion kan estimeras med produkten av reaktorns installerade kapacitet, tillgängligheten på el och antal kalendertimmar under det aktuella året, se figuren nedan.

Figur 1. Beräkning av framtida elproduktion



Källa: Riksgälden.

Den installerade kapaciteten och tillgängligheten på el betraktas båda som osäkerhetsfaktorer. Antalet tillgängliga timmar för ett produktionsår är dock deterministiskt och beräknas som 8 760 (365*24) för ett normalår och 8 784 (366*24) för ett skottår. Antal tillgängliga timmar under reaktorns slutår beräknas utifrån dess planerade drifttid enligt regleringen i finansieringsförordningen, se tidigare avsnitt om återstående drifttid. Eftersom drifttiden är reglerad i förordningen behandlas den som ett fast antagande i beräkningarna. Genom att stokastiskt skapa fördelningsfunktioner för respektive parameter kan årliga fördelningar över framtida elproduktion göras för varje reaktor. Utifrån dessa fördelningar kan sedan väntevärden och variation för varje år

¹⁰ Plan 2000 till Plan 1988, *Kostnader för kärnkraftens radioaktiva restprodukter*, SKB

och scenario beräknas. I följande avsnitt beskrivs beräkningen av installerad kapacitet och tillgänglighet.

Skattning av installerad kapacitet

För en reaktors installerade kapacitet (reference unit power) används den definition som används av International Atomic Energy Agency (IAEA)¹¹:

"The maximum (electrical) power that could be maintained continuously throughout a prolonged period of operation under reference ambient conditions. The power value is measured at the unit outlet terminals, i.e. after deducting the power taken by unit auxiliaries and the losses in the transformers that are considered integral parts of the unit."

Estimering av installerade kapacitet för återstående drifttider beräknas i kombination av expertutlåtande och stokastisk analys. I första steget ombeds experter på reaktordrift¹² från SSM att göra en trepunktsskattning av troligt värde, lågvärde samt högvärde för genomsnittlig installerade kapaciteten (i MW). Bedömningar görs för varje år och reaktor för hela prognosperioden. Konfidensintervall för hög- och lågvärden sätts till 1:10, vilket innebär att det är 10 procent sannolikhet att utfallet inte överstiger lågvärdet och 90 procent sannolikhet att utfallet inte överstiger högvärdet. Bedömningar görs först individuellt och diskuteras sedan i grupp innan de fastställs. De tre parametrarna låg-, hög- och troligt värde används för att beräkna parametrarna till fördelningsfunktioner för osäkerhetsfaktorn. För detta syfte används PERT-funktionen (Project Evaluation and Review Technique). PERT-fördelningen är en specialform av BETA-fördelningen och har liksom BETA-fördelningen slutna intervall och är vanligt förekommande i sammanhang där inhämta av data från experter görs (engelska "expert elicitation").

Den installerade kapaciteten kan förväntas konstant såvida inte varaktiga tekniska justeringar görs till följd av exempelvis effekthöjningar eller nya myndighetskrav. Data för innevarande år hämtas från tekniska beskrivningar av respektive reaktor.

Skattning av tillgänglighet

Det finns många olika sätt att definiera tillgänglighet i en reaktor¹³. I den här metoden likställs en reaktors tillgänglighet med dess kapacitetsfaktor (load factor), som ger den bästa bedömning på faktisk produktion. Enligt IAEA är load factor:

"The ratio of the energy which the power reactor unit has produced over that period divided by the energy it would have produced at its reference power capacity over that period. Reference energy generation (net) is the energy that could be produced during a given time period if the unit were operated continuously at reference unit power."

¹¹ http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/TRS428_web.pdf

¹² Anläggningsansvariga (tre stycken) på myndighetens avdelning för Kärnkraftssäkerhet

¹³ Se illustration s 21, IAEA Technical Reports series no. 428, http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/TRS428_web.pdf

Den historiska tillgängligheten beräknas för varje reaktor och tidigare driftår genom att dela den uppnådda årliga elproduktionen med den totala kapaciteten för samma år. Data för historisk produktion och installerad kapacitet hämtas från IAEA:s databas PRIS (Power Reactor Information System)¹⁴. Vid beräkning av historiska serier för tillgängligheter exkluderas en reaktors fem första driftår. De första åren består med hög sannolikhet av provdrift och viss inkörning och representerar därför med hög sannolikhet inte reaktorns tillgänglighet på längre sikt. Vidare har ingen hänsyn tagits till en reaktors driftläge, dvs. provdrift eller rutinmässig drift. Om en reaktor levererar energi så uppstår också restprodukter som måste omhändertas och som tillståndshavaren är skyldig att finansiera.

Prognoser för tillgänglighet genereras med en "dragnings med återläggning"-teknik (resample with replacement) utifrån tidigare beräknade historiska tillgänglighetsnivåer. I praktiken innebär tekniken att fördelningar skapas genom att plocka tal från de historiska tidsserierna, med lika stor sannolikhet varje gång, och med möjlighet till återupprepning av samma dragnings.

Prognosutvärdering

Första steget i granskningen av reaktorinnehavarnas elprognoser är att utvärdera hur väl reaktorinnehavarnas tidigare prognoser står sig mot faktiskt utfall och jämföra detta mot Riksgäldens egna tidigare prognoser. Riksgäldens prognosmetod implementerades först 2017, alltså finns endast tre datapunkter med prognoser (2017-2019). Analys av få datapunkter kan innebära att slumpen påverkar resultaten. För att utvärdera Riksgäldens prognoser görs istället så kallad backtesting, vilket innebär att modellen testats för att se hur väl den hade presterat under en viss tidsperiod som redan inträffat. Reaktorinnehavarnas prognoser utvärderas under samma förutsättningar. Som mått används dels medelfel, som ger indikationer om tidigare prognoser systematiskt över- eller underskattas, dels medelabsolutfel, för att bedöma den övergripande träffsäkerheten i prognoserna.

Förutsättningar för Riksgäldens prognoser

Som nämns ovan används backtesting för att testa modellen för att se hur väl den hade presterat under en viss tidsperiod som redan inträffat. Av det tillgängliga dataunderlaget väljs ett startår. Data innan startåret används för att skatta modellparametrar (träna modellen) och perioden efter startåret används för att utvärdera modellen. Därefter rullas modellen med samma frekvens som intervallen för Plan-rapporterna. Det finns inga generella krav för fördelningen mellan upplärnings- och utvärderingsperiod. I andra sammanhang används ofta en fördelning på 80/20, vilket också görs för detta ändamål. Eftersom prognoshorisonten rullas framåt blir i praktiken fördelningen mellan upplärnings- och utvärderingsperiod inte konstant. Upplärningsperioden blir succesivt längre och utvärderingsperioden blir succesivt kortare ju närmare 2019 utvärderingen närmar sig.

En reaktors fem första driftår från kommersiell start har undantagits i datasetet eftersom dessa ofta består av provdrift och viss inkörning och representerar därför nödvändigtvis inte reaktorns tillgänglighet på längre sikt. Upplärnings- och utvärderingsperioder givet tillgänglig data fås av tabell 1 nedan.

¹⁴ <https://www.iaea.org/pris/>

Tabell 1. Upplärnings- och utvärderingsperioder för backtesting

	F1	F2	F3	O1	O2	O3	R1	R2	R3	R4
Upplärning start	1985	1986	1990	1976	1979	1990	1979	1979	1985	1987
Första upplärningsperiod stopp	2012	2012	2013	2008	2006	2013	2011	2011	2012	2012
Första utvärderingsperiod start	2013	2013	2014	2009	2007	2014	2012	2012	2013	2013
Utvärdering stopp	2019	2019	2019	2016	2013	2019	2019	2019	2019	2019

Källa: egna beräkningar

Ett problem i sammanhanget är att det saknas historiska expertbedömningar på installerad effekt, vilket är en av två parametrarna som skattas för att göra prognoser i modellen. Ett antagande har därför gjorts att installerad effekt för kommande prognoshorisont är samma som gäller för innevarande år (alltså det år då prognosen görs), förutom för perioden 2017-2019 eftersom det då finns data på faktiska bedömningar av installerad effekt. Antagandet är till modellens nackdel eftersom det antas råda okunskap om eventuell effekt upp- och nedgradering som infaller nära inpå tidpunkten då prognosen görs. Exempelvis blir modellen omedveten om effektuppgradering som gjordes på O3:an 2010 från 1 152 till 1 400 MWe, trots att uppgraderingen gjordes bara ett år efter prognosen. Det är sannolikt att en expertbedömning skulle haft kunskap om denna justering och därför tagit med det i sina bedömningar.

En annan komplicerande faktor är att modellen inte är konstruerad för att göra prognoser över enskilda år, utan snarare för total produktion sett över en reaktors hela driftperiod. Exempelvis tas inte hänsyn till kända åtgärder som förlänger varaktigheten på en normal revisionsperiod. Kortsiktigt kan därför reaktorinnehavarnas modeller antas ha bättre förutsättningar att ge högre prediktionsförmåga än myndighetens modell.

Förutsättningar för reaktorinnehavarnas prognoser

Riksgälden har genom en komplettering inkommen under 2017¹⁵ tillgång till prognoser som underlag för tidigare kostnadsberäkningar (så kallade Plan-rapporter) mellan 2001 och 2016. Prognoser mellan 2016 och 2019 inkom till SSM som underlag för Plan 2016¹⁶. Tidigare prognoser mellan 1988 och 2001 anses inte relevanta eftersom metoden som användes då, och som beskrivits tidigare, skiljer sig väsentligt från den som används nu. Att utvärdera en tidigare metod som inte används idag ger inte meningsfull information.

Prognoshorisonten har valts för att motsvara underlaget för senaste tillgängliga Planrapport (relativt utfallsåret), samt den tidsperiod som även används för Riksgäldens prognoser. Detta innebär att prognoshorisonten sammanfaller med den avgiftsperiod som Planrapporten avser, dvs. under perioden 2001-2008 är det prognoser för ett år framåt, för perioden 2009-2010 är det prognoser för två år framåt och under perioden 2011-2019 är det prognoser för tre år framåt.

¹⁵ Elprognoser - P2001-P2016 - 2017-03-15, SKB

¹⁶ Framtida elproduktion - 2018-2045 FOR - 170109, SKB

Jämförelse mellan Riksgäldens prognoser och reaktorinnehavarnas prognoser

Givet ovanstående metod och antagande så kan prognosfel för respektive modell och reaktor beräknas, vilket redovisas i tabell 2 nedan. Utfallsdata för elproduktion fram till 2018 hämtas från Internationella atomenergiorganets publikt tillgängliga databas för kärnkraftsreaktorer (IAEA PRIS). Utfall för elproduktion för 2019 kommer från SKB¹⁷. I beräkningarna har Barsebäck uteslutits eftersom reaktorinnehavaren inte har någon reaktor i drift och därmed inte kommer att få en rörlig avgift baserad på förväntad elproduktion.

Tabell 2. Prognosfel (TWh)

		F1	F2	F3	O1	O2	O3	R1	R2	R3	R4
MF	Reaktorinnehavare	-0,1	-0,6	-1,0	-1,2	-1,2	-1,0	-0,6	-2,0	-0,4	0,0
	Riksgälden	0,5	0,8	-0,3	-0,3	-0,3	0,4	0,7	-0,8	0,4	0,6
MAF	Reaktorinnehavare	0,2	0,6	1,1	1,2	1,3	1,0	0,6	2,6	0,5	0,3
	Riksgälden	0,7	0,9	0,9	0,9	0,7	0,5	0,9	1,9	0,5	0,6

Källa: egna beräkningar

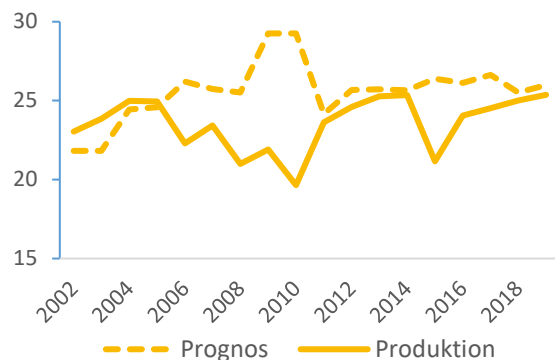
Medelfelet (MF) visar hur mycket prognoserna i genomsnitt avviker från utfallet och ger därmed en indikation på om reaktorinnehavaren systematiskt över- eller underskattat utfallet. Resultaten indikerar att reaktorinnehavarna för alla reaktorer förutom R4 överskattat sina prognoser och att det därmed finns en bias i prognoserna. Riksgäldens prognosmodell ger en blandning av över- och underprognoser mellan reaktorerna.

Eftersom över- och underskattningar kan ta ut varandra och generera ett litet medelfel är det inte användbart för att bedöma prognosprecisionen. För det ändamålet är medelabsolutfelet (MAF) mer relevant. Medelabsolutfelet tar genomsnittet av det absoluta prognosfelet, dvs. det tar inte hänsyn till om felet är negativa eller positiva. Beräkningarna av medelfel visar att reaktorinnehavarnas prognoser är närmare utfallen för F1, F2, R1, och R4. Samtidigt är myndighetens prognosmodell närmare utfallen för F3, O1, O2, O3, R2 och R3.

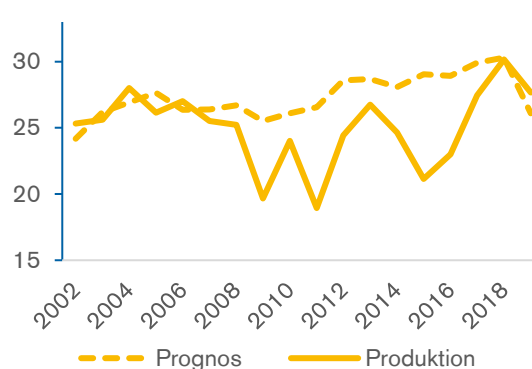
Reaktorinnehavarnas prognoser för hela tidshorisonten

I prognosutvärderingen ovan uteslöts en betydande del av underlaget för reaktorinnehavarnas historiska prognoser eftersom en stor andel av perioden vigdes åt att träna upp Riksgäldens prognosmodell. Det kan därför vara intressant att undersöka reaktorinnehavarnas samlade elproduktion och prognoser för motsvarande period mellan 2001 och 2019, vilket motsvarar den period då samma typ av prognosmodell använts av reaktorinnehavarna. Likt tidigare sammanfaller prognoshorisonten med den avgiftsperiod som Planrapporten avser. Resultaten illustreras i nedanstående tre diagram.

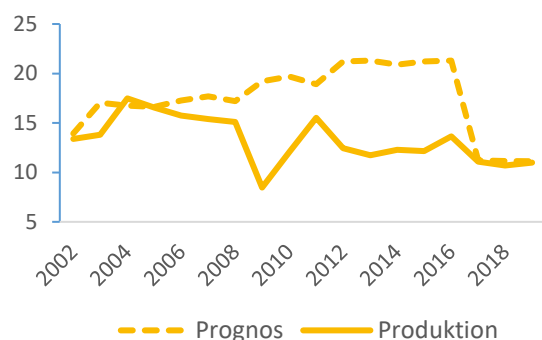
¹⁷ 1878280 - SKBs svar på Riksgäldens begäran om kompletterande information och underlag för Plan 2019, SKB

Diagram 3. Prognos och utfall för Forsmarks alla reaktorer 2002-2019 (TWh)

Källa: SKB, SSM och IAEA PRIS.

Diagram 5. Prognos och utfall för Ringhals alla reaktorer 2002-2019 (TWh)

Källa: SKB, SSM och IAEA PRIS.

Diagram 4. Prognos och utfall för Oskarshamns alla reaktorer 2002-2019 (TWh)

Källa: SKB, SSM och IAEA PRIS

Av diagrammen framgår det som redan bekräftats, nämligen en systematisk överskattning av framtida produktion. För Oskarshamn har överskattning av produktion gjorts för 17 av 18 år. Motsvarande för Forsmark är 14 av 18 samt 14 av 18 för Ringhals. Samtidigt går det visuellt att urskilja konvergens av prognos och utfall för senare år för samtliga reaktorinnehavare, vilket indikerar en trend med förbättrad prognosförmåga.

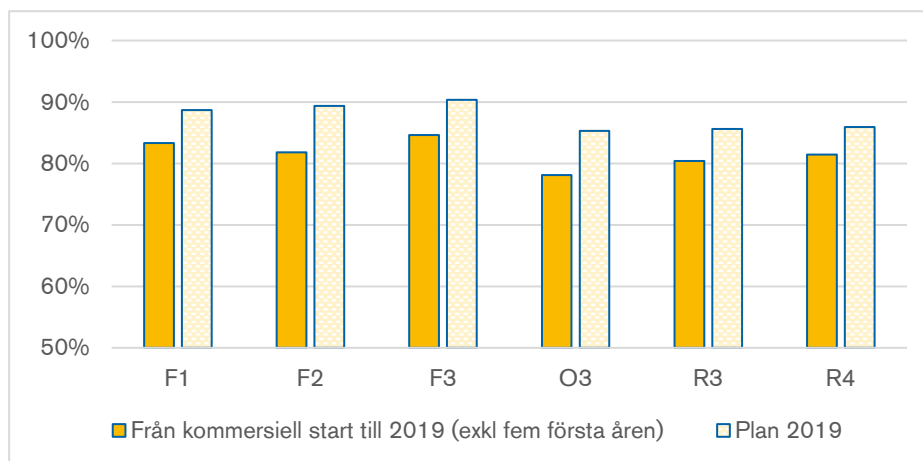
Reaktorinnehavarnas tillgänglighetsantaganden

Andra steget i granskning av reaktorinnehavarnas elprognoser är att undersöka prognosernas tillgänglighetsantaganden. Diagrammet nedan visar den tillgänglighet som uppnåtts för respektive reaktor under dess livstid sedan kommersiell start, samt den tillgänglighet som förutsetts i underlaget för Plan 2019. Likt i underlaget för backtesting, har de fem första åren tagits bort, eftersom dessa med ofta består av inkörning och provdrift och därför inte nödvändigtvis representerar reaktorns tillgänglighet på sikt. Precis som i prognosutvärderingen används load factor som mått på tillgänglighet¹⁸. Load factor är förhållandet mellan hur mycket el en reaktor har producerat under en given tidsperiod och hur mycket el reaktorn teoretiskt sett skulle kunna

¹⁸ Technical Reports series no. 428, The Power Reactor Information System (PRIS) and its Extension to Non-electrical Applications, Decommissioning and Delayed Projects, IAEA

producera vid full drift under samma tidsperiod. O1, O2 samt R1 och R2 redovisas inte eftersom dessa inte är i drift efter 2020.

Diagram 6. Reaktorernas tillgänglighet jämfört med antagen tillgänglighet i Plan 2019 (för perioden 2021-2035)



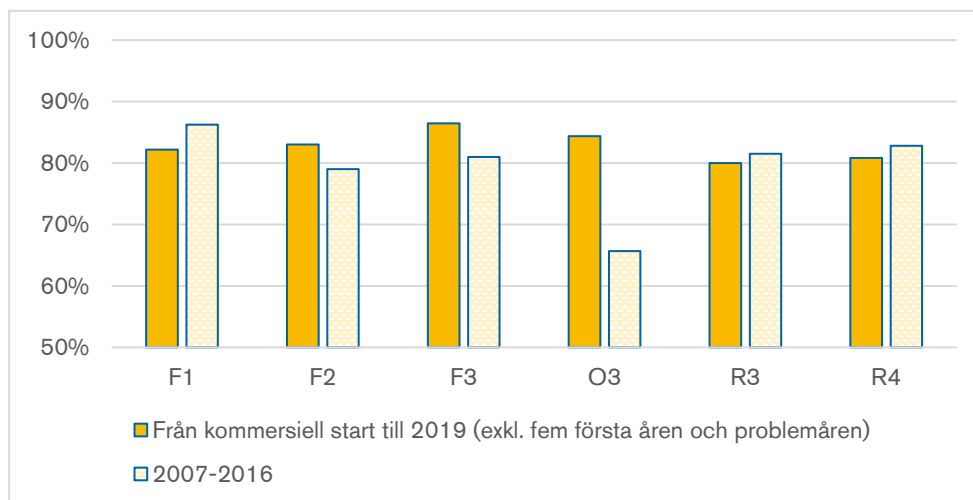
Källa: IAEA PRIS, SKB och egna beräkningar.

Av diagrammet framgår att nivån på tillgänglighet som antas gälla i Plan 2019 är högre än vad som uppnåtts historiskt för samtliga reaktorer. I genomsnitt förutsätts tillgängligheten vara 6 procentenheter högre. Störst språng i tillgänglighet antas F2 göra, från 82 procent till 89 procent följt av O3, från 78 procent till 85 procent. Jämfört med underlaget i Plan 2016 är antagna tillgänglighetsnivåer i stort sett samma, även om bortfallet av de äldre reaktorerna gör att det genomsnittliga tillgänglighetssprånget har blivit lägre denna gång.

I remissvar från reaktorinnehavarna och kärnkraftsägarna i SSM:s föregående avgiftsförslag framfördes att reaktorinnehavarna under senare år varit hårt drabbade av säkerhetsuppdateringar, moderniseringar och effekthöjningar och förutsättningar för att göra prognoser torde vara bättre nu när dessa åtgärder är genomförda¹⁹. I diagram 7 visas den historiska tillgängligheten för två perioder, dels för perioden 2007-2016 (de så kallade "problemåren"), dels hela driftsperioden exkluderat 2007-2016. Jämförelsen ger blandade resultat. Reaktorerna F2, F3 och samt O3 tycks tydligt haft lägre tillgänglighet under problemåren, medan F1, R3 och R4 tycks haft högre tillgänglighet under problemåren. Vissa reaktorer tycks alltså haft problem under senare år, medan andra faktiskt haft en bättre period under senare år. Bilden är således inte entydig att reaktorinnehavarna skulle drabbas av de förändrade förutsättningarna.

¹⁹ Se bland annat *Remissvar avseende Strålsäkerhetsmyndighetens förslag på kärnavfallsavgifter samt finansierings- och kompletterings-belopp för åren 2018-2020*, SKB

Diagram 7. Reaktorernas tillgänglighet 2007-2016 jämfört med hela driftsperioden exkluderat 2007-2016



Källa: IAEA PRIS, SKB och egna beräkningar.

Slutsatser

Ett rimligt antagande är att en reaktorinnehavare, i egenskap av sin roll som producent, bör ha goda förutsättningar att göra en väntevärdesriktig bedömning av framtida elleverans. Riksgälden granskning av reaktorinnehavarnas tidigare prognoser visar att så inte alltid är fallet.

Jämförelse mellan reaktorinnehavarnas och Riksgäldens prognoser genom backtesting indikerar att reaktorinnehavarna systematiskt överskattat sin framtida produktion. Riksgäldens prognosmodell gör ingen entydig över- eller underskattning av produktionen i de olika reaktorerna. Träffsäkerheten i Riksgäldens prognoser är dessutom något bättre än industrins prognoser. Vissa antaganden som gjorts för att möjliggöra backtesting är till nackdel för Riksgäldens modell, exempelvis att det antas råda okunskap om eventuell effekt upp- och nedgradering som infaller nära inpå tidpunkten då prognosen görs. Tillgänglighetsnivån som antas gälla i reaktorinnehavarnas prognoser för 2021-2035 är betydligt högre än vad som uppnåtts historiskt för samtliga reaktorer. Även om de äldre reaktorerna som historiskt haft låg tillgänglighet kommer att ställas av motiverar det inte ett så pass stort språng i tillgänglighet. Med Riksgäldens prognosmodell kommer framtida förändringar i tillgänglighetsnivå istället successivt att vägas in i framtida prognoser i takt med att ny utfallsdata inkluderas i beräkningarna. Om tillgänglighetsnivån förbättras under kommande avgiftsperiod, likt vad tillståndshavarna förväntar sig, kommer prognoserna vid nästkommande avgiftsförslag att revideras uppåt²⁰.

Sammantaget bedömer därmed Riksgälden att reaktorinnehavarnas prognoser inte bör användas som underlag för beräkning av kärnavfallsavgifter. Beräkningarna bör istället, likt föregående avgiftsförslag, göras med Riksgäldens prognosmodell.

²⁰ En sådan effekt kan redan noteras i föreliggande prognos, som är högre än den prognos som gjordes vid föregående avgiftsberäkning till följd av att reaktorerna har haft bättre tillgänglighet under perioden 2017-2019.

Bilaga 4.

Beräkning av merkostnader

Sammanfattning

I tabell 1 framgår de merkostnader som används i Riksgäldens förslag på kärnavfallsavgifter och finansieringsbelopp för respektive reaktorinnehavare¹. Merkostnaderna har minskat från tidigare avgiftsberäkning².

Tabell 1. Merkostnader per reaktorinnehavare (miljoner kronor), odiskonterad summa för perioden 2021-2080

Reaktorinnehavare	För kärnavfallsavgift	För finansieringsbelopp
Forsmarks Kraftgrupp AB	2 128	1 922
OKG AB	1 295	1 210
Ringhals AB	2 160	2 054
Barsebäck kraft AB	545	572
Summa	6 128	5 758

Bakgrund

Enligt lagen (2006:647) om finansiering av kärntekniska restprodukter (finansieringslagen) och förordningen (2017:1179) om finansiering av kärntekniska restprodukter (finansieringsförordningen) ska myndigheternas och i vissa fall kommunernas samt regionernas årliga förväntade kostnader, för åtgärder och verksamheter som avses i 4 § 4-9 finansieringslagen, ingå då kärnavfallsavgifter och säkerhetsbelopp beräknas. Av 5 § finansieringslagen framgår att dessa kostnader benämns merkostnader.

Denna underlagsrapport beskriver hur merkostnader definieras enligt finansieringslagen, vilka faktiska åtgärder som ingår vid beräkningarna samt den beräkningsmetod som används. I bilaga 4.1 beskrivs hur beräkningarna gjorts för respektive aktör som är berättigad till medel ur kärnavfallsfonden för dessa ändamål.

Merkostnadsregleringen i finansieringslagen

I tabell 2 framgår vilken verksamhet som Riksgälden bedömer ska ingå i respektive del av 4 § 4-9 finansieringslagen.

¹ Merkostnaderna i denna underlagsrapport redovisas reallt inklusive en real arbetskraftskostnadsutveckling som utvecklas på samma sätt som den externa ekonomiska faktorn ”enhetsarbetskostnaden i tjänstesektorn” (EEF1). Bilaga 4.1 redovisar merkostnaderna exklusive EEF1. Samtliga merkostnader redovisas i 2019-års penningvärde.

² Merkostnaderna beräknades då till 6,8 miljarder kronor för kärnavfallsavgift och 6,6 miljarder kronor för finansieringsbelopp (Förslag på kärnavfallsavgifter, finansierings- och kompletteringsbelopp för 2018–2020, SSM2016-5513-66)

Tabell 2. Riksgäldens tolkning av 4 § 4-9 finansieringslagen

Skrivelse i finansieringslagen	Verksamhet
4 § 4 Statens kostnader för sådan forsknings- och utvecklingsverksamhet som behövs för att pröva åtgärder som avser tillståndshavarnas kostnader för <ol style="list-style-type: none"> 1. en säker hantering och slutförvaring av restprodukter, 2. en säker avveckling och rivning av kärntekniska anläggningar samt 3. den forsknings- och utvecklingsverksamhet som behövs för att de åtgärder som avses i 1 och 2 ska kunna vidtas. 	Strålsäkerhetsmyndighetens kostnader för forskningsprojekt.
4 § 5 Statens kostnader för förvaltning av medel och prövning av frågor enligt finansieringslagen.	Kärnavfallsfondens kostnader för förvaltning av fonderade medel. Riksgäldens kostnader för prövning av frågor enligt finansieringslagen.
4 § 6 Statens kostnader för tillsyn för en säker avveckling och rivning av kärntekniska anläggningar.	Strålsäkerhetsmyndighetens kostnader för tillsyn av avveckling och rivning av berörda kärntekniska anläggningar (inklusive tillsyn av transporter, fysiskt skydd, kärnämneskontroll och beredskap). ³
4 § 7 Kostnader som <ol style="list-style-type: none"> a) staten och kommunerna har för prövning av frågor om slutförvaring av restprodukter, och b) staten har för övervakning och kontroll av slutförvar av restprodukter enligt 16 § lagen (1984:3) om kärnteknisk verksamhet (kärntekniklagen). 	Strålsäkerhetsmyndighetens, länsstyrelser och Kärnavfallsrådets kostnader för arbete med slutförvarsfrågor. Kommunernas och regionernas kostnader för granskning av slutförvarsansökningar som prövas av mark och miljödomstolen. Strålsäkerhetsmyndighetens övervakning och kontroll av slutförvar av restprodukter.
4 § 8 Tillståndshavarnas, statens och kommunernas kostnader för information till allmänheten i frågor som rör hantering och slutförvaring av använt kärnbränsle och kärnavfall.	Strålsäkerhetsmyndighetens, länsstyrelser, kommunernas och regionernas kostnader för information till allmänheten avseende slutförvarsfrågor.
4 § 9 Stöd till ideella föreningar för insatser i samband med frågor om lokalisering av anläggningar för hantering och slutförvaring av använt kärnbränsle.	Inte aktuell. Enligt 38 § finansieringsförordningen får inte stöd till ideella föreningar avse insatser som föreningen gör efter att tolv månader förflutit sedan SKB:s tillståndsansökan kungjorts, något som mark och miljödomstolen gjorde den 29 januari 2016).

³ Drifttillsynen av mellanlagret för använt bränsle Clab, inkapslingsanläggningen Clink och slutförvarsanläggningar omfattas inte.

Aktörer som beaktas i merkostnadsberäkningen

Merkostnader har beräknats för följande aktörer, som är berättigade till medel ur kärnavfallsfonden:

- Strålsäkerhetsmyndigheten,
- Kärnavfallsfonden,
- Riksgälden, samt
- övriga aktörer:
 - Östhammar kommun,
 - Oskarshamn kommun,
 - Regioner (Region Kalmar län och Region Uppsala),
 - den kommun där SFL ska placeras,
 - Länsstyrelsen Uppsala län och
 - Kärnavfallsrådet.

Riksgälden har beräknat Strålsäkerhetsmyndighetens, Kärnavfallsfondens och Kärnavfallsrådets merkostnader genom att inhämta uppgifter från respektive myndighet. För kommunernas, regionernas och länsstyrelsen Uppsala läns har merkostnaderna beräknats med utgångspunkt i den historiska förbrukningen av fondmedel och med hänsyn till beloppsbegränsningen i finansieringslagen. Bilaga 4.1 ger en mer utförligt hur respektive myndighets merkostnad har beräknats.

Real arbetskraftskostnadsutveckling

Samtliga merkostnader⁴ i Riksgäldens förslag på kärnavfallsavgifter och säkerhetsbelopp för 2021 för reaktorinnehavarna beräknas med en real arbetskraftskostnadsutveckling som utvecklas på samma sätt som den externa ekonomiska faktorn ”*enhetsarbetskostnaden i tjänstesektorn*” (EEF1)⁵.

Samtliga tabeller och diagram i denna underlagsrapport redovisas därmed realt och uppräknade med EEF1. I bilaga 4.1 redovisas merkostnaderna exklusive EEF1. Samtliga kostnader redovisas i 2019-års penningvärde.

⁴ Med undantag för Kärnavfallsfonden som bedömer att 55 procent av deras merkostnader är arbetskraftskostnader. Riksgälden beräknar därmed att 55 procent av Kärnavfallsfondens kostnader utvecklas på samma sätt som EEF1.

⁵ Se Bilaga 1: Granskning av SKB:s prognoser för externa ekonomiska faktorer i Plan 2019, för en närmare beskrivning av EEF.

Fördelning av gemensamma merkostnader per reaktorinnehavare

De gemensamma merkostnaderna har fördelats mellan reaktorinnehavarna⁶ utifrån respektives kostnadsandel av de förväntade årliga grundkostnaderna⁷. Merkostnader beräknas för kärnavfallsavgifter till och med år 2080 samt för finansieringsbelopp till och med år 2076⁸. Tabell 3 redovisar slutåret för respektive reaktorinnehavares merkostnader.

Tabell 3. Slutår för respektive reaktorinnehavares merkostnader

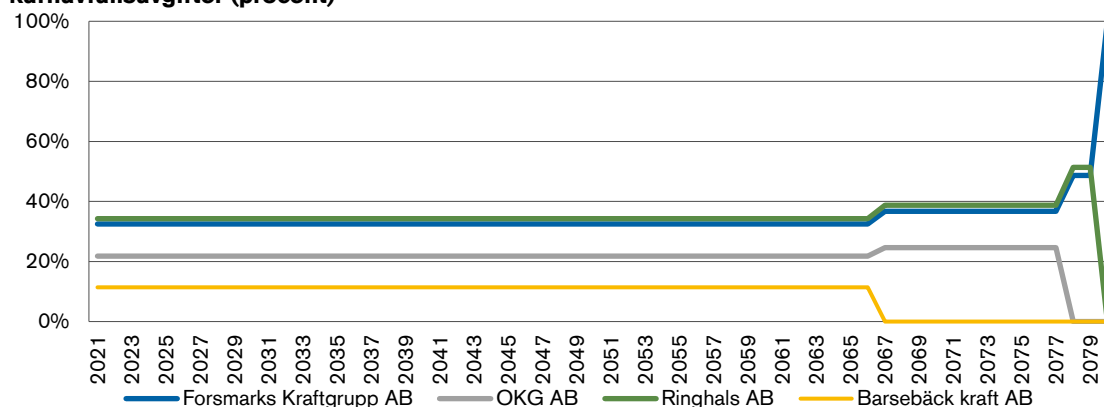
Reaktorinnehavare	För kärnavfallsavgifter	För finansieringsbelopp
Forsmarks Kraftgrupp AB	2080	2076
OKG AB	2077	2073
Ringhals AB	2079	2076
Barsebäck kraft AB	2066	2066

Merkostnader beräknas under de år en reaktorinnehavare har grundkostnader. Detta innebär att kvarvarande bär en högre andel av merkostnaderna när antalet reaktorinnehavare med grundkostnader minskar. Exempelvis så har Barsebäck kraft AB inte längre grundkostnader efter 2066, vilket gör att merkostnaderna fördelas på resterande tre reaktorinnehavare åren därefter. Diagram 1 och diagram 2 redovisar den procentuella fördelningen av de gemensamma merkostnaderna mellan respektive reaktorinnehavare över tid.

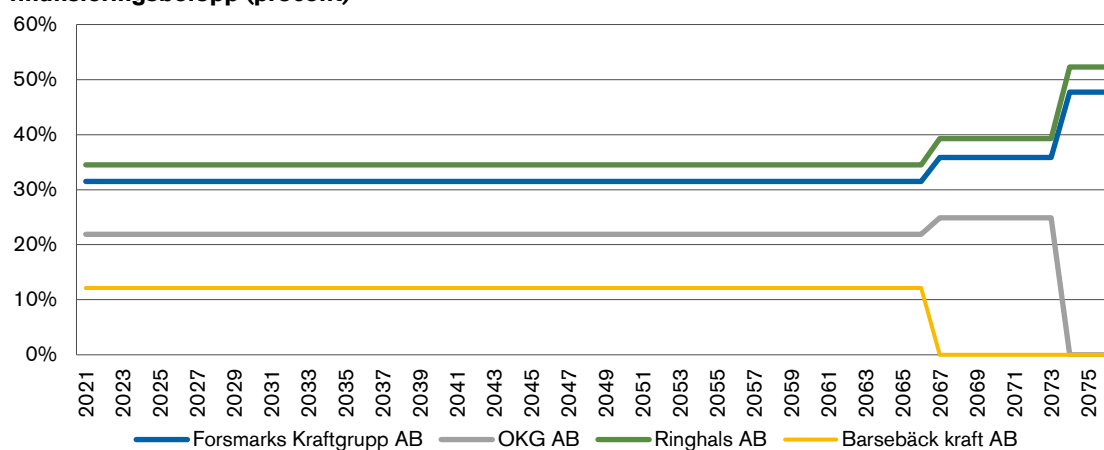
⁶ Gemensamma merkostnader har uppskattats som ett aggregat för samtliga reaktorinnehavare. Detta har gjorts för samtliga merkostnader exklusive de tillståndshavarspecifika merkostnader Strålsäkerhetsmyndigheten har enligt 4 § 6 finansieringslagen och Kärnavfallsfondens merkostnader. I dessa fall har Strålsäkerhetsmyndigheten och Kärnavfallsfonden själva inkommit med uppgifter om förväntade merkostnader per reaktorinnehavare.

⁷ Samma metod används vid fördelningen av de merkostnader som ligger till grund för finansieringsbeloppet, med skillnaden att de förväntade grundkostnaderna som ligger till grund för finansieringsbeloppet används som fördelningsnyckel.

⁸ Finansieringsbeloppet bygger på antagandet om att kärnkraftsreaktorernas drifttid är till den sista december 2020, eftersom beloppet ska beräknas under förutsättningen att inga ytterliga kärnavfallsavgifter betalas in. Detta antagande påverkar slutåret för kärnkraftsprogrammet enligt SKB.

Diagram 1. Årlig fördelning av gemensamma merkostnader mellan reaktorinnehavare för kärnavfallsavgifter (procent)


Källa: Egna beräkningar

Diagram 2. Årlig fördelning av gemensamma merkostnader mellan reaktorinnehavare för finansieringsbelopp (procent)


Källa: Egna beräkningar

Merkostnader per myndighet samt övriga

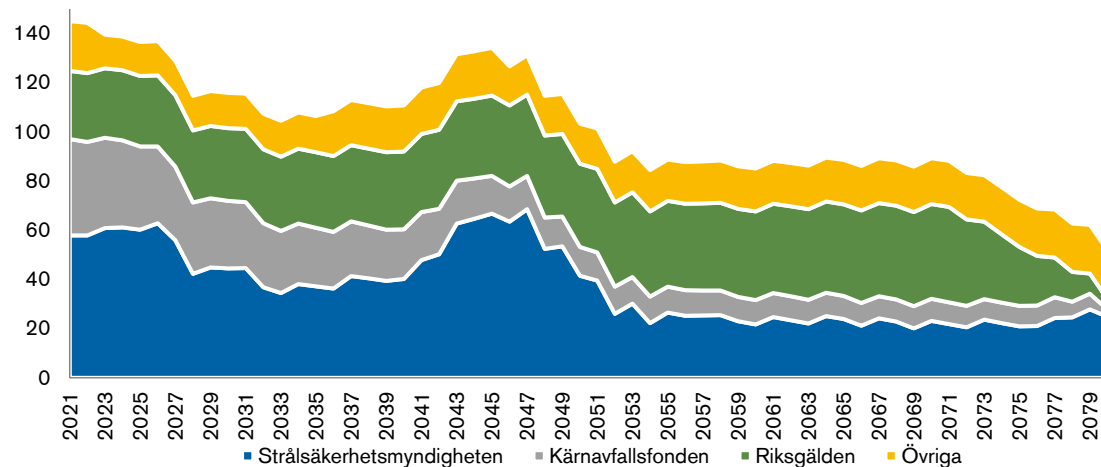
Tabell 4 redovisar totala merkostnader per myndighet samt övriga.

Tabell 4. Merkostnader per myndighet samt övriga (miljoner kronor), odiskonterad summa för perioden 2021-2080

Aktör	För kärnavfallsavgift	För finansieringsbelopp
Strålsäkerhetsmyndigheten	2 238	2 136
Kärnavfallsfonden	988	958
Riksgälden	1 866	1 708
Övriga	1 035	957
Summa	6 128	5 758

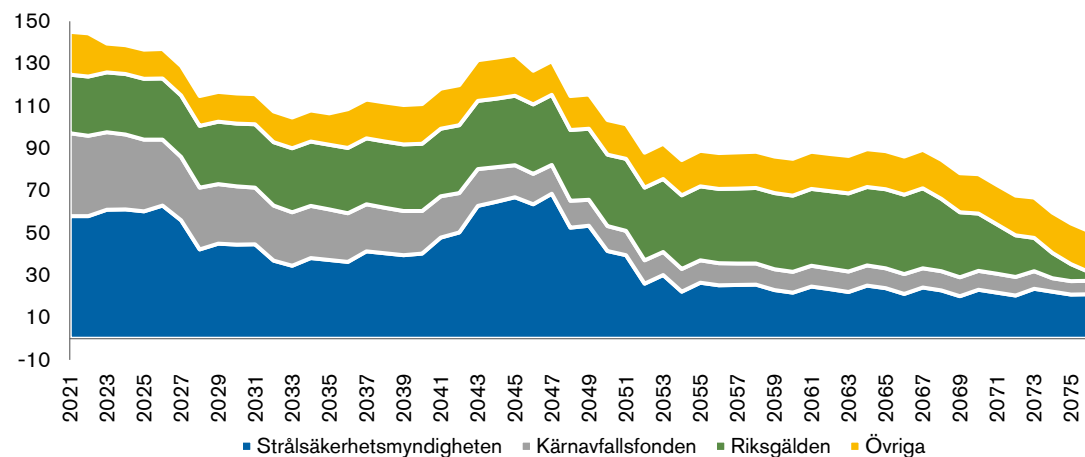
Diagram 3 och diagram 4 visar årliga merkostnaderna per myndighet samt övriga.

Diagram 3. Årliga merkostnader per myndighet samt övriga för kärnavfallsavgifter (miljoner kronor)



Källa: Strålsäkerhetsmyndigheten, Kärnavfallsfonden, Kärnavfallsrådet och egna beräkningar

Diagram 4. Årliga merkostnader per myndighet samt övriga för finansieringsbelopp (miljoner kronor)



Källa: Strålsäkerhetsmyndigheten, Kärnavfallsfonden, Kärnavfallsrådet och egna beräkningar

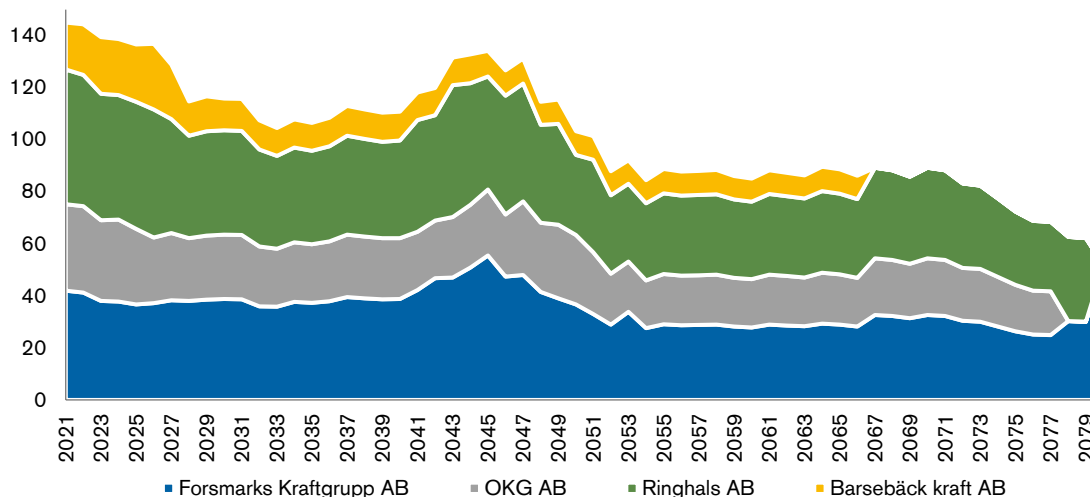
Merkostnader per reaktorinnehavare

Tabell 5 redovisar de totala merkostnaderna per reaktorinnehavare som används i Riksgäldens förslag på kärnavfallsavgifter och finansieringsbelopp för 2021.

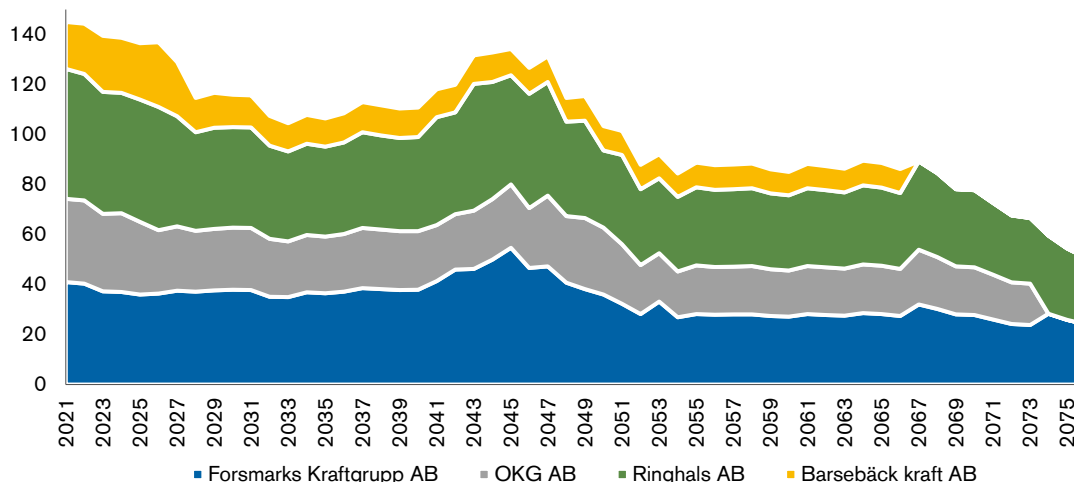
Tabell 5. Merkostnader per reaktorinnehavare (miljoner kronor), odiskonterad summa för perioden 2021-2080

Reaktorinnehavare	För kärnavfallsavgift	För finansieringsbelopp
Forsmarks Kraftgrupp AB	2 128	1 922
OKG AB	1 295	1 210
Ringhals AB	2 160	2 054
Barsebäck kraft AB	545	572
Summa	6 128	5 758

Diagram 5 och diagram 6 visar årliga merkostnader per reaktorinnehavare.

Diagram 5. Årliga merkostnader per reaktorinnehavare för kärnavfallsavgifter (miljoner kronor)


Källa: Strålsäkerhetsmyndigheten, Kärnavfallsfonden, Kärnavfallsrådet och egna beräkningar

Diagram 6. Årliga merkostnader per reaktorinnehavare för finansieringsbelopp (miljoner kronor)


Källa: Strålsäkerhetsmyndigheten, Kärnavfallsfonden, Kärnavfallsrådet och egna beräkningar

Bilaga 4.1

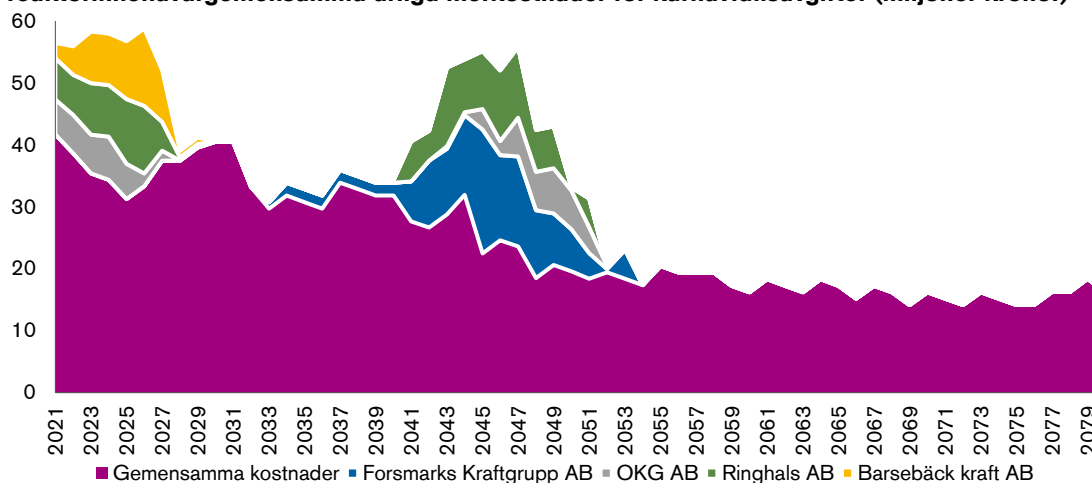
Beräkning av myndigheternas samt övrigas merkostnader

I denna bilaga ges en utförligare beskrivning av de antaganden och de metoder som används vid beräkning av respektive myndighets samt övrigas merkostnader.⁹

Strålsäkerhetsmyndighetens merkostnader

Strålsäkerhetsmyndighetens har beräknat sina framtida förväntade kostnader uppdelat på kostnader som är reaktorinnehavarspecifika respektive reaktorinnehavargemensamma. Diagram 7 redovisar Strålsäkerhetsmyndighetens årliga indelning av kostnaderna.

Diagram 7. Strålsäkerhetsmyndighetens reaktorinnehavarspecifika respektive reaktorinnehavargemensamma årliga merkostnader för kärnavfallsavgifter (miljoner kronor)

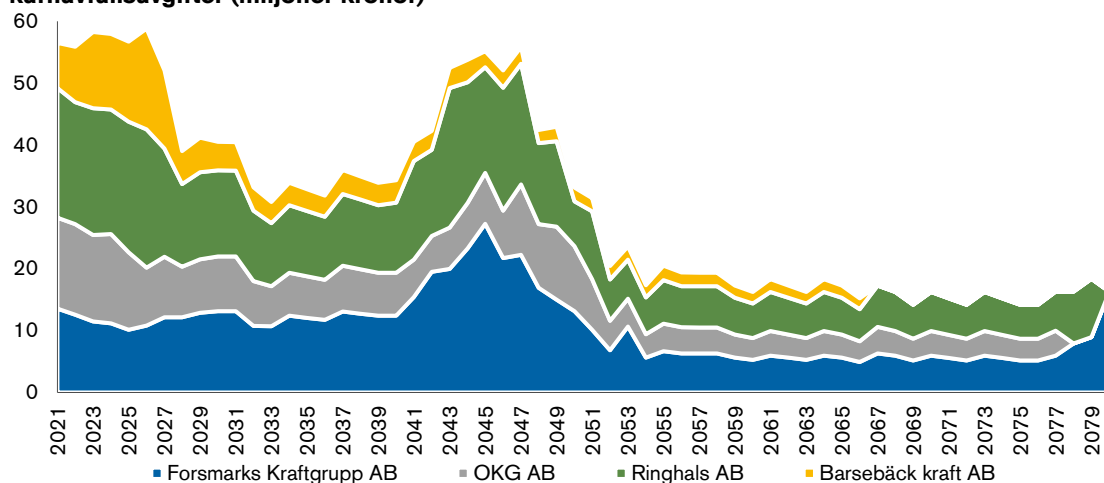


Källa: Strålsäkerhetsmyndigheten och egna beräkningar.

Riksgälden har fördelat de reaktorinnehavargemensamma kostnaderna enligt metoden beskriven i underlagsrapporten denna bilaga tillhör (diagram 1 och diagram 2). Diagram 8 och diagram 9 visar Strålsäkerhetsmyndighetens årliga merkostnader per reaktorinnehavare som används i Riksgäldens förslag på kärnavfallsavgifter och finansieringsbelopp för 2021.

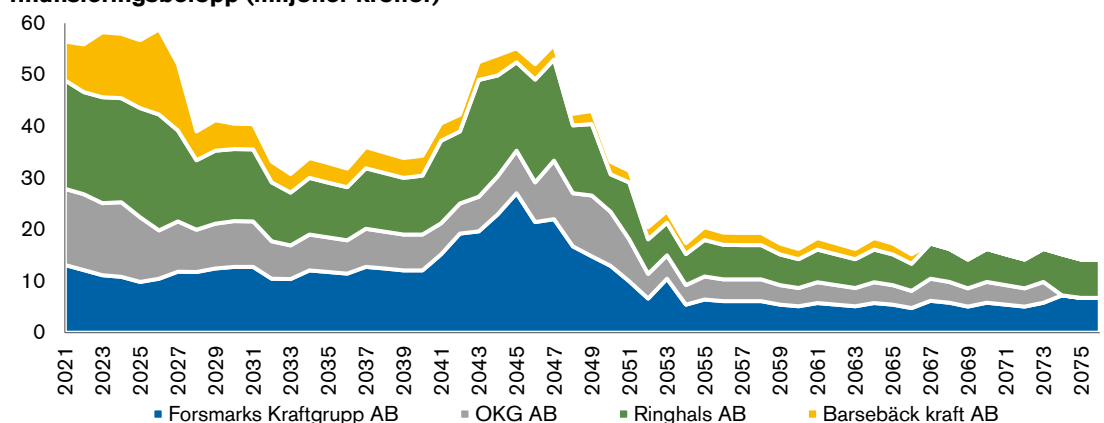
⁹ Till skillnad från i underlagsrapporten redovisas samtliga merkostnader, i denna bilaga, reallt exklusive EEF1. Samtliga kostnader redovisas i 2019-års penningvärde.

Diagram 8. Strålsäkerhetsmyndighetens årliga merkostnader per reaktorinnehavare för kärnavfallsavgifter (miljoner kronor)



Källa: Strålsäkerhetsmyndigheten och egna beräkningar

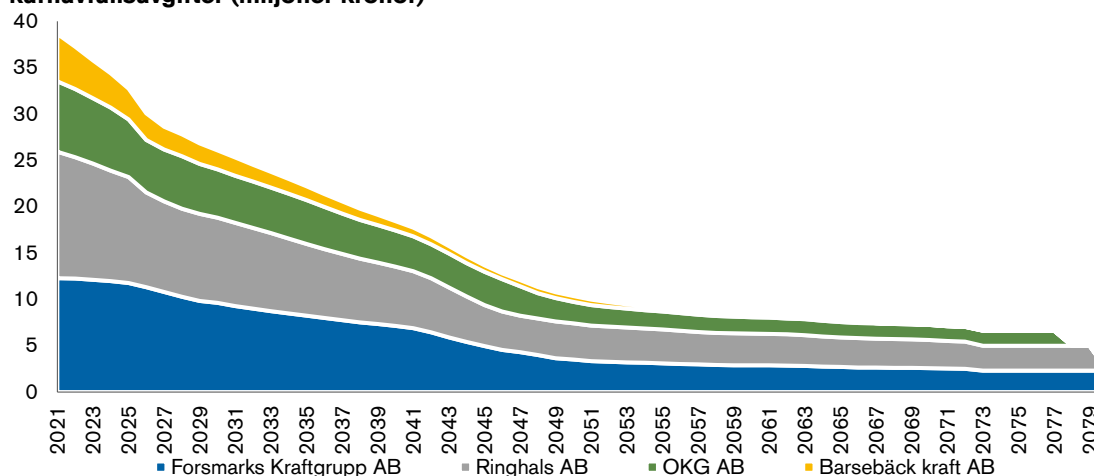
Diagram 9. Strålsäkerhetsmyndighetens årliga merkostnader per reaktorinnehavare för finansieringsbelopp (miljoner kronor)



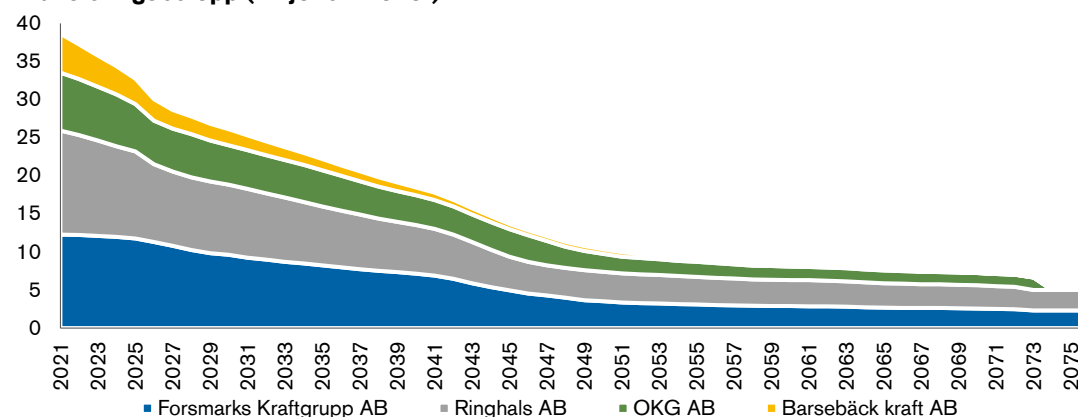
Källa: Strålsäkerhetsmyndigheten och egna beräkningar

Kärnavfallsfondens merkostnader

Riksgälden har inhämtat uppgifter från Kärnavfallsfonden om fondens framtida årliga merkostnader per reaktorinnehavare. Kärnavfallsfonden har beräknat sina förväntade förvaltningskostnader genom att uppskatta ett förväntat fondvärde över tid per reaktorinnehavare. Diagram 10 och diagram 11 redovisar Kärnavfallsfondens årliga merkostnader per reaktorinnehavare som används i Riksgäldens förslag på kärnavfallsavgifter och finansieringsbelopp för 2021.

Diagram 10. Kärnavfallsfondens årliga merkostnader per reaktorinnehavare för kärnavfallsavgifter (miljoner kronor)


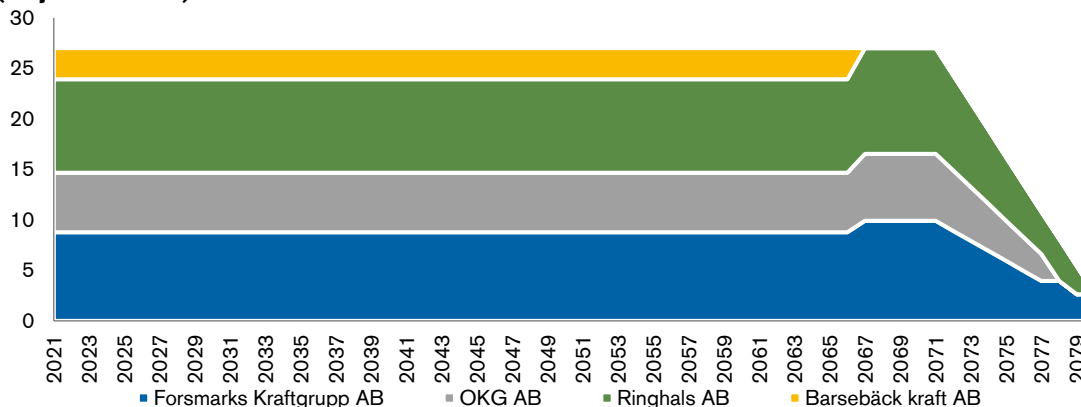
Källa: Kärnavfallsfonden och egna beräkningar

Diagram 11. Kärnavfallsfondens årliga merkostnader per reaktorinnehavare för finansieringsbelopp (miljoner kronor)


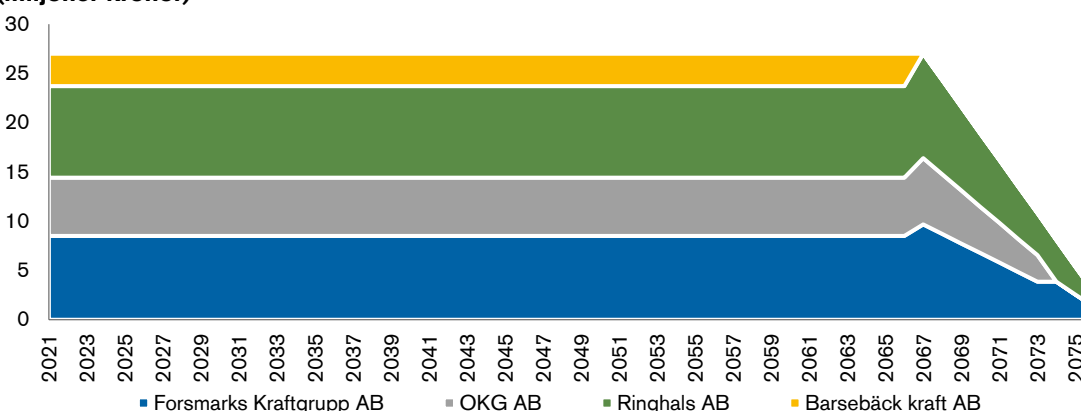
Källa: Kärnavfallsfonden och egna beräkningar

Riksgäldens merkostnader

Riksgälden antar att myndighetens nuvarande budgeterade kostnader, om 30 miljoner kronor, är konstanta över hela kärnavfallsprogrammet. Reaktorinnehavarna antas bära 27 miljoner kronor av dessa årliga kostnader (resterande del bärs av de andra tillståndshavarna). Riksgälden bedömer vidare att myndighetens prövning av frågor enligt finansieringslagen kommer minska då det svenska kärnavfallsprogrammet närmar sig sitt slut och antar därmed att de totala kostnaderna avtar linjärt tio år innan det att det svenska kärnavfallsprogrammet är avslutat. Diagram 12 och diagram 13 redovisar Riksgäldens merkostnader per reaktorinnehavare som används i Riksgäldens förslag på kärnavfallsavgifter och finansieringsbelopp för 2021.

Diagram 12. Riksgäldens årliga merkostnader per reaktorinnehavare för kärnavfallsavgifter (miljoner kronor)


Källa: Egna beräkningar

Diagram 13. Riksgäldens årliga merkostnader per reaktorinnehavare för finansieringsbelopp (miljoner kronor)


Källa: Egna beräkningar

Övriga aktörers merkostnader

I detta avsnitt beskrivs hur Riksgälden har beräknat de övriga aktörernas merkostnader.

Kommunernas och regionernas merkostnader

Kommunernas och regionernas merkostnader har tagits fram av Riksgälden med utgångspunkt i den historiska förbrukningen av fondmedel och med hänsyn till beloppsbegränsningen i finansieringslagen. Kommunerna och regionerna kan ansöka om fondmedel för prövning av frågor om slutförvaring av restprodukter (4 § 7 finansieringslagen) samt finansiera information till allmänheten i frågor som rör hantering och slutförvaring av använt kärnbränsle och kärnavfall (4 § 8 finansieringslagen). Kommunernas merkostnader antas vara konstanta över olika tidsintervall. Riksgälden beräknar:

- en årlig kostnad på 7 miljoner kronor under hela kärnavfallsprogrammet för Östhammars kommun,

- en årlig kostnad på 4 miljoner kronor under hela kärnavfallsprogrammet för Oskarshamns kommun,
- en årlig kostnad på 1 miljon kronor under hela kärnavfallsprogrammet för regioner (Region Kalmar län och Region Uppsala) och
- en årlig kostnad på 3 miljoner kronor under 2036-2045 för den kommun där SFL ska byggas.

Länsstyrelsers merkostnader

Länsstyrelsen Uppsala län kan ansöka om fondmedel för prövning av frågor om slutförvaring av restprodukter (4 § 7 finansieringslagen) samt finansiera information till allmänheten i frågor som rör hantering och slutförvaring av använt kärnbränsle och kärnavfall (4 § 8 finansieringslagen). Merkostnaderna har uppskattats av Riksgälden med utgångspunkt i den historiska förbrukningen av fondmedel och med hänsyn till beloppsbegränsningen i finansieringslagen. Merkostnaderna antas vara konstanta över tid. Riksgälden beräknar en årlig kostnad på 1 miljon kronor under hela kärnavfallsprogrammet för Länsstyrelsen Uppsala län.

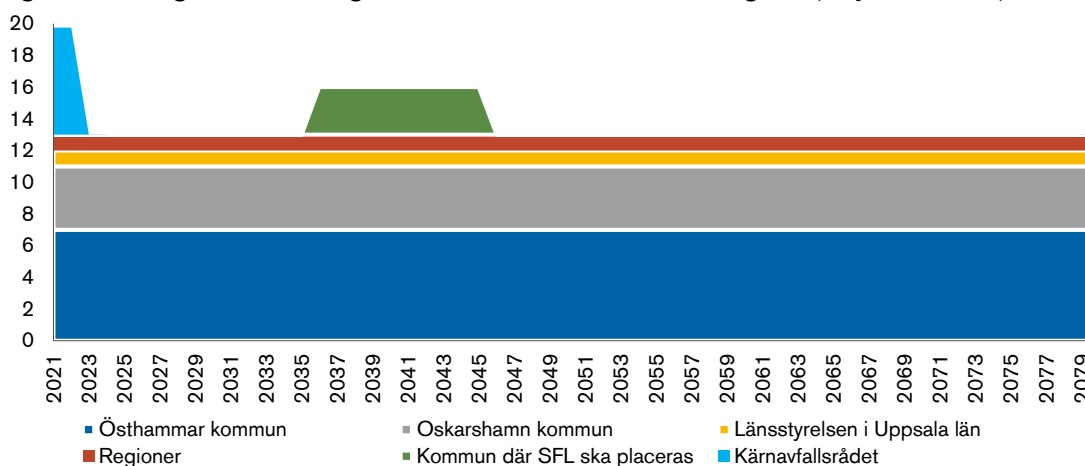
Kärnavfallsrådets merkostnader

Kärnavfallsrådet har rätt till medel för prövning av frågor om slutförvaring av restprodukter (4 § 7 finansieringslagen). Merkostnaderna har uppskattats, efter samråd med Kärnavfallsrådet, till 6,75 miljoner kronor under 2021 och 2022.

Sammanställning av övriga aktörers årliga merkostnader

Diagram 14 sammanställer de övriga aktörernas årliga merkostnader.

Diagram 14. Övriga aktörers årliga merkostnader för kärnavfallsavgifter (miljoner kronor)



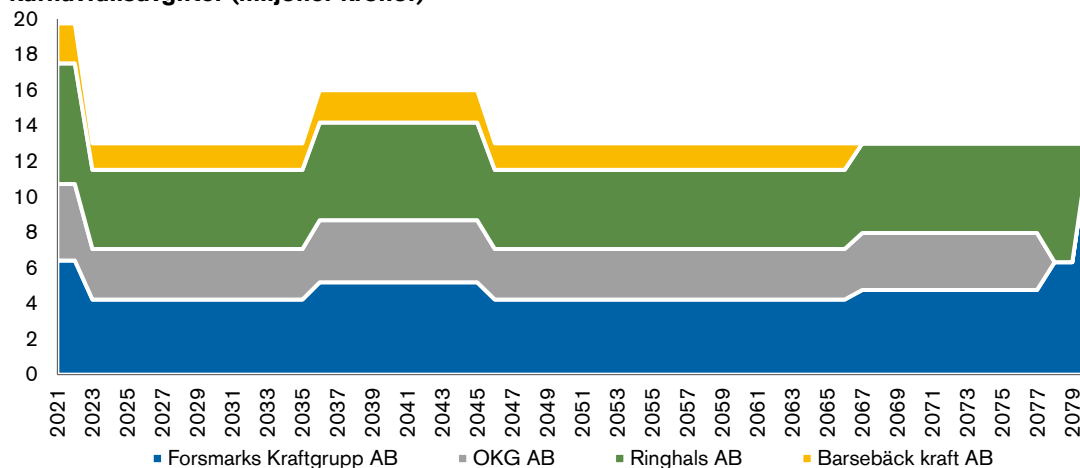
Källa: Kärnavfallsrådet och egna beräkningar

De övriga aktörernas merkostnader fördelade per reaktorinnehavare

De övriga aktörernas merkostnaderna fördelas enligt den metod som finns beskriven i denna underlagsrapport (diagram 1 och diagram 2). Diagram 15 och

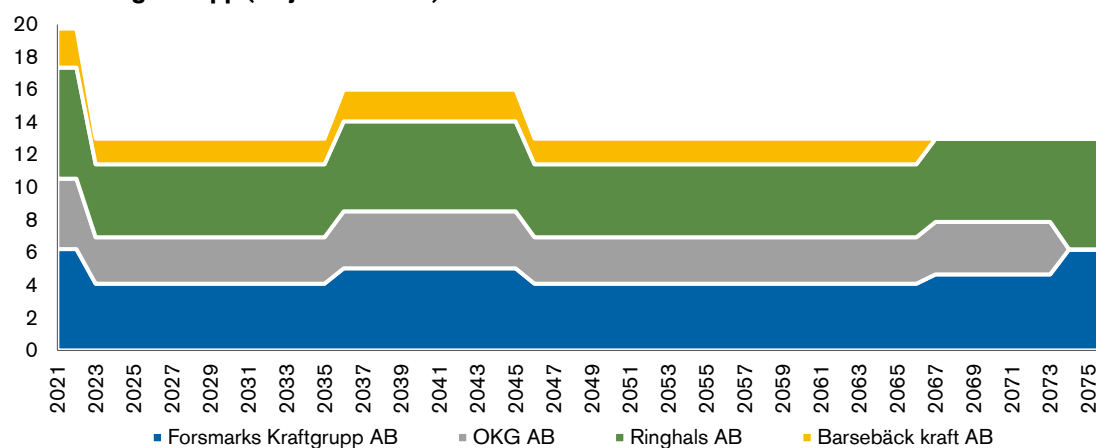
diagram 16 visar dessa merkostnader per reaktorinnehavare som används i Riksgäldens förslag på kärnavfallsavgifter och finansieringsbelopp för 2021.

Diagram 15. De övriga aktörernas årliga merkostnader per reaktorinnehavare till grund för kärnavfallsavgifter (miljoner kronor)



Källa: Kärnavfallsrådet och egna beräkningar

Diagram 16. De övriga aktörernas årliga merkostnader per reaktorinnehavare till grund för finansieringsbelopp (miljoner kronor)



Källa: Kärnavfallsrådet och egna beräkningar

Referenser

Förslag på kärnavfallsavgifter, finansierings- och kompletteringsbelopp för 2018–2020
(SSM2016-5513-66) Strålsäkerhetsmyndigheten.