

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

## Sammanfattning

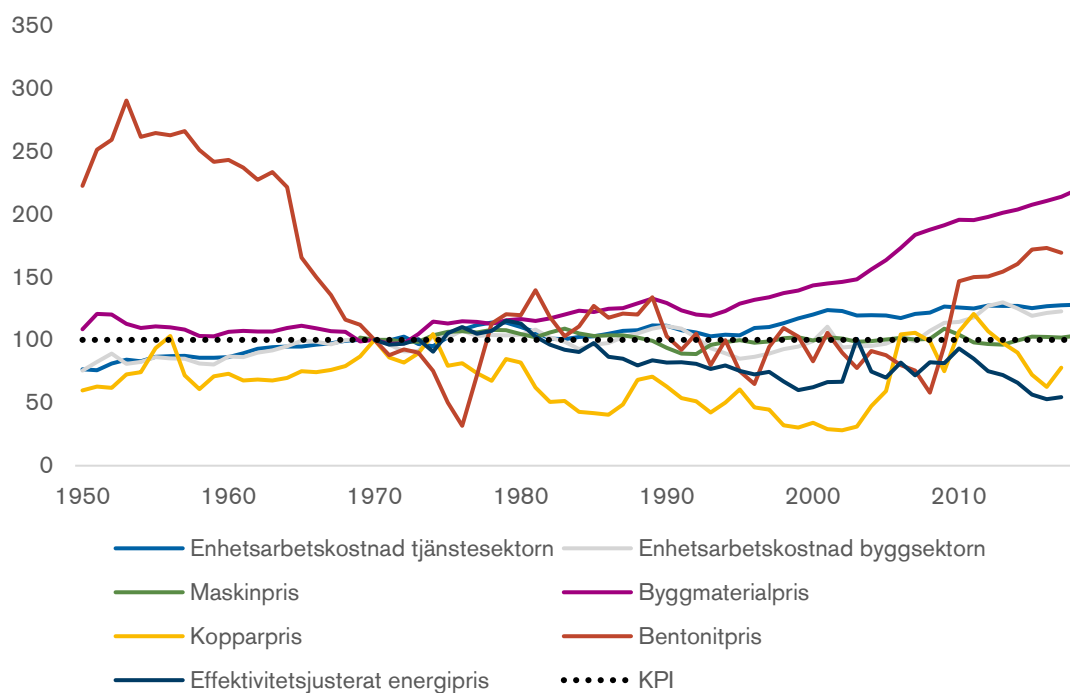
- Riksgälden bedömer att den kostnadsberäkning som Svensk Kärnbränslehantering (SKB) menar ska ligga till grund för kärnavfallsavgifter och säkerheter, i vilken grundkostnaderna uppgår till 110,0 miljarder kr, inte kan användas för detta ändamål. Riksgälden bedömer i stället att SKB:s alternativa kostnadsberäkning, 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 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 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 kärnavfallsprogrammet<sup>1</sup>. 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.

<sup>1</sup> 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 valt<sup>2</sup>. 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

---

<sup>2</sup> 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)<sup>3</sup>.

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-variablerna<sup>4</sup> 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

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

<sup>4</sup> 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 jämförbara<sup>5</sup> 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.

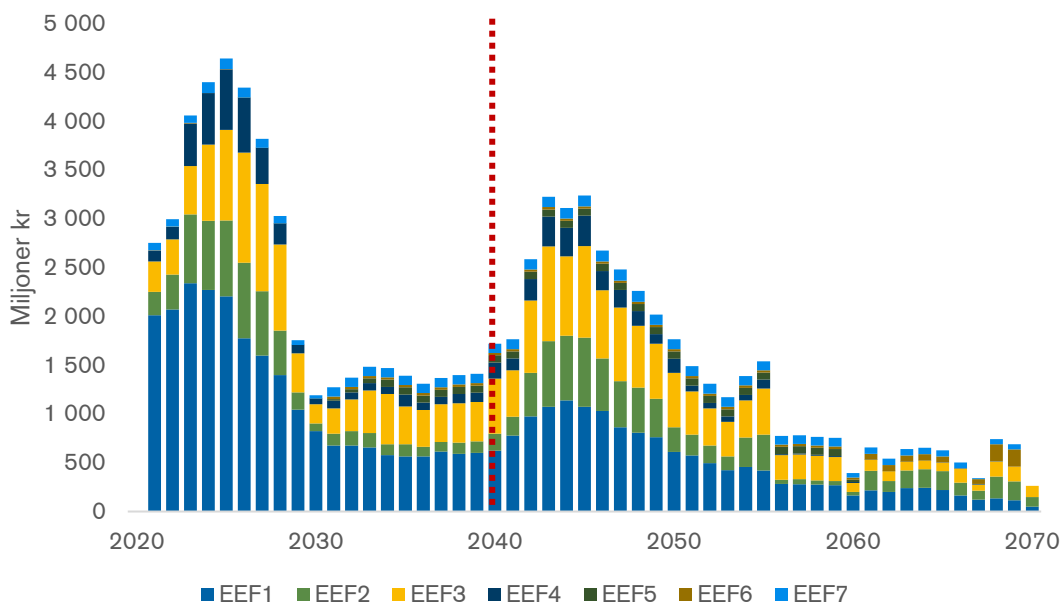
1. Bestäm variabel av intresse och vilken tidshorisont som är av intresse (t ex "årlig KPI-inflation på två års prognoshorisont")
2. Dela in tillgängliga historiska data i träningsdata respektive testdata<sup>6</sup>
3. Använd träningsdata för att estimerar en prognosmodell och generera prognoser för 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.

---

<sup>5</sup> 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.

<sup>6</sup> 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 1950<sup>7</sup> 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.

<sup>7</sup> 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 prognoshorisonten. 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 dataserier<sup>8</sup> 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

---

<sup>8</sup> Se Edvinsson (2005)

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

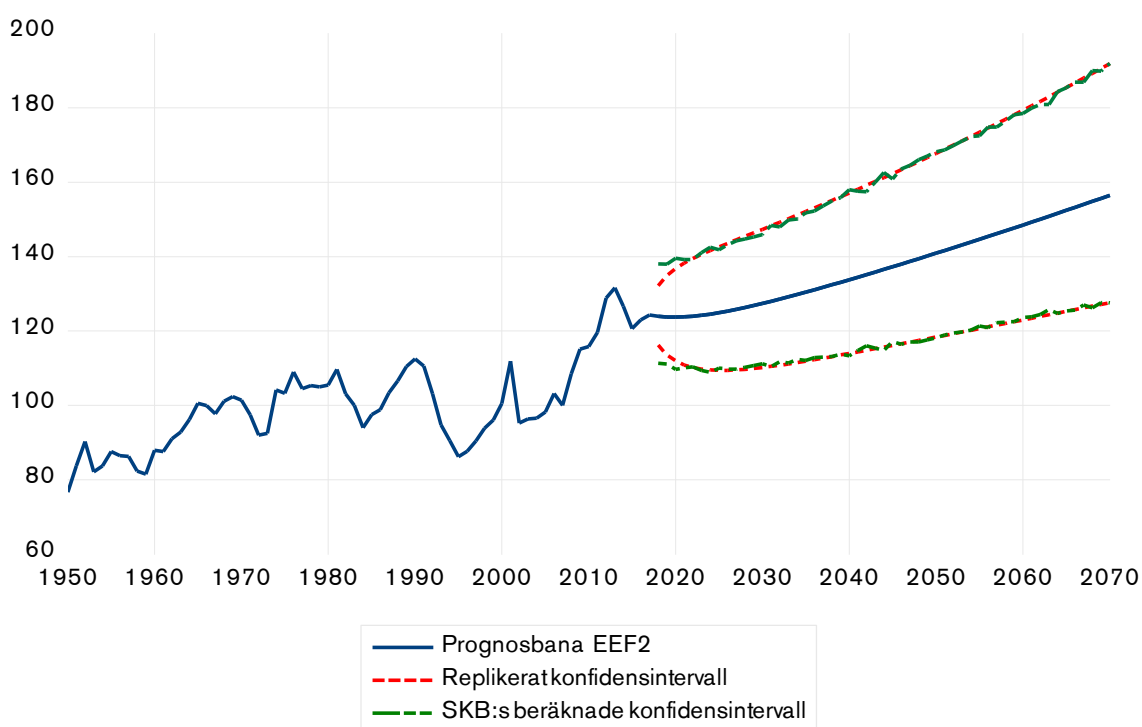
KI har tidigare påpekat att den serie som tidigare använts är olämplig eftersom faktorprisindex för byggnader till stor del utgörs av lönekostnader (vilket ska fångas av EEF2) och att en mer rättvisande serie bör tas fram<sup>9</sup>. Riksgälden konstaterar att den reviderade serie som SKB tagit fram 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.

<sup>9</sup> 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 nivån<sup>10</sup>. Hur dessa modelleras får en relativt begränsad effekt givet den långa prognoshorisonten och behandlas därför inte här<sup>11</sup>.

### 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 exponentiell<sup>12</sup>. Utöver dessa två specialfall finns oändligt många val av funktionsform som skulle kunna väljas<sup>13</sup>.

---

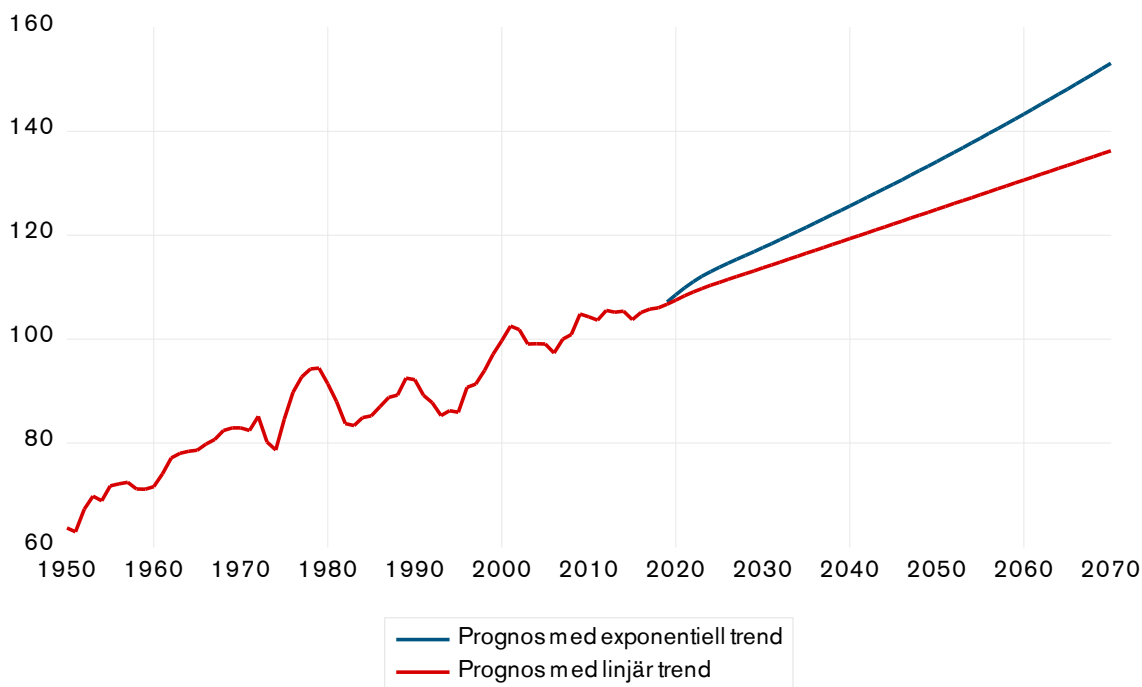
<sup>10</sup> I praktiken innebär detta att modellera ARMA-strukturen på feltermen i den valda modellen, vilket kan göras utifrån ett antal olika kriterier.

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

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

<sup>13</sup> Se t.ex. [https://en.wikipedia.org/wiki/Power\\_transform](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 bana<sup>14</sup>. 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:

<sup>14</sup> 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 fram<sup>15</sup>.

### 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 tiden<sup>16</sup>. 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.

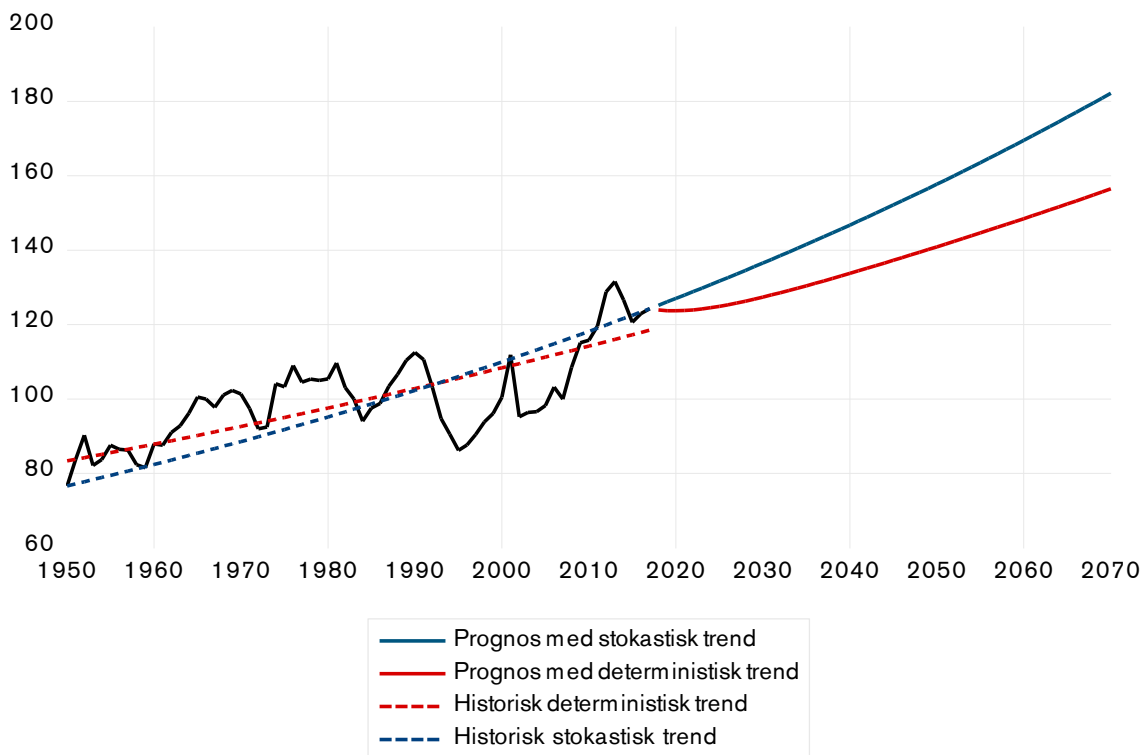
Om data är stationär påverkas nivån på lång sikt inte av tillfälliga slumpmässiga förändringar i utvecklingen. Om en trend finns i data sägs den vara *deterministisk*. Serien kommer på sikt att konvergera mot dataseriens medelvärde eller mot banan för den deterministiska trenden om en sådan finns. Nedan 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

<sup>15</sup> 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.

<sup>16</sup> 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 successivt<sup>17</sup> att återgå mot den identifierade trenden på sikt.

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

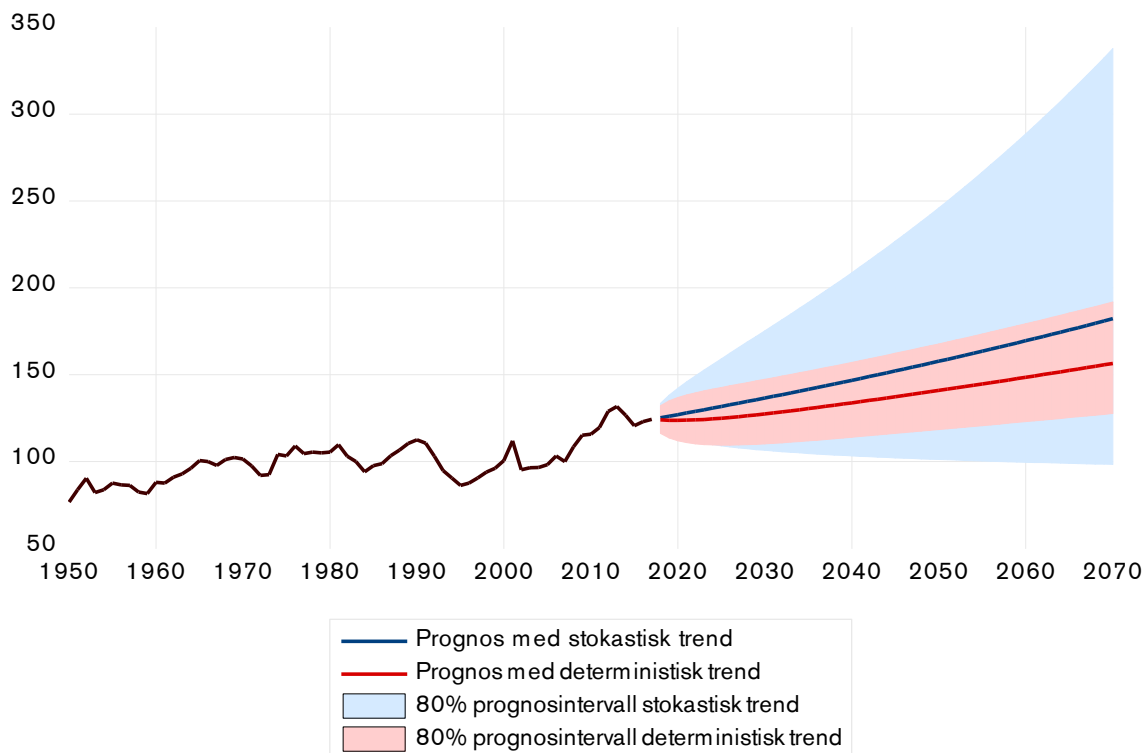


Källa: Egna beräkningar.

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.

<sup>17</sup> 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 fall<sup>18</sup>. 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.

---

<sup>18</sup> 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-testet<sup>19</sup> 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 håll<sup>20</sup>. 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 funktionsform<sup>21</sup>
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) informationskriterie<sup>22</sup> 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.

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

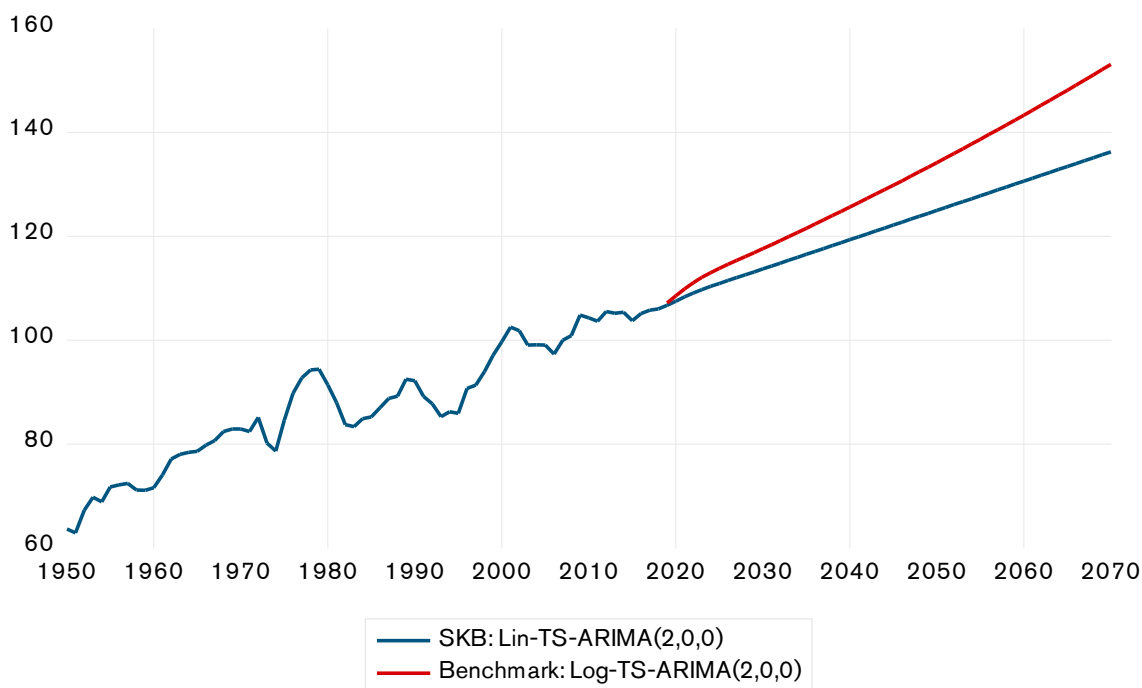
<sup>20</sup> ADF-testet har, till skillnad från KPSS-testet, nollhypotesen att data följer en random walk

<sup>21</sup> 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.

<sup>22</sup> 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 lika<sup>23</sup>.

#### *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**

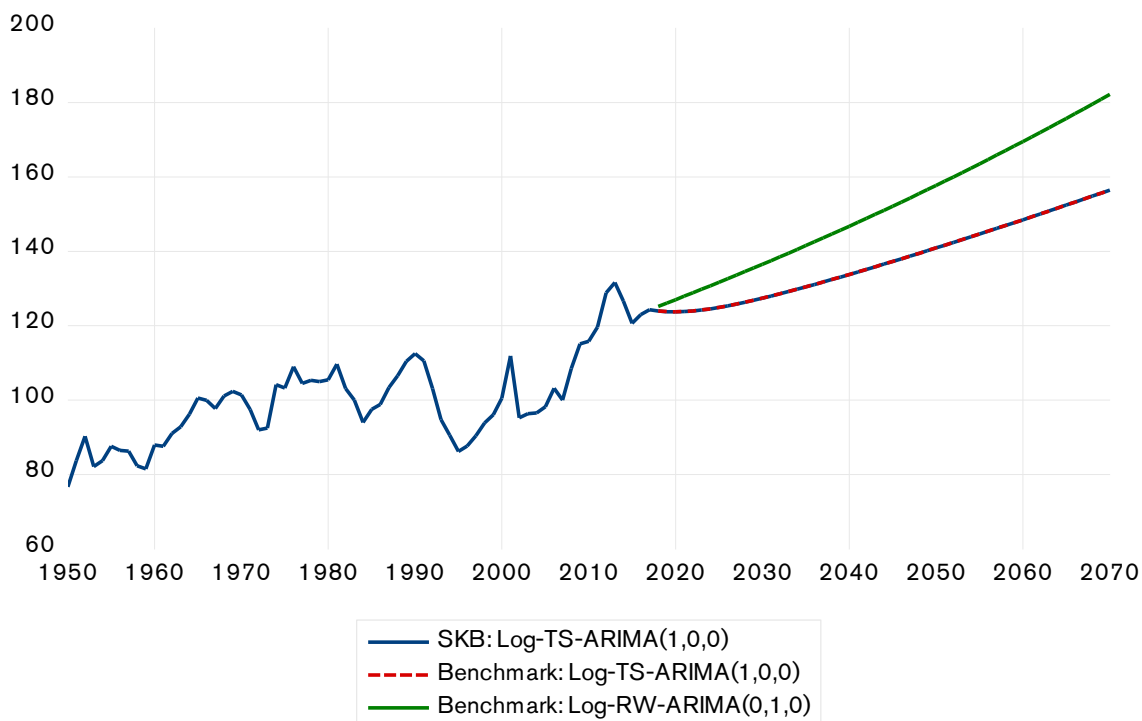
#### *Prognosmodeller för EEF2*

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)*.

---

<sup>23</sup> 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-uppräknning
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.

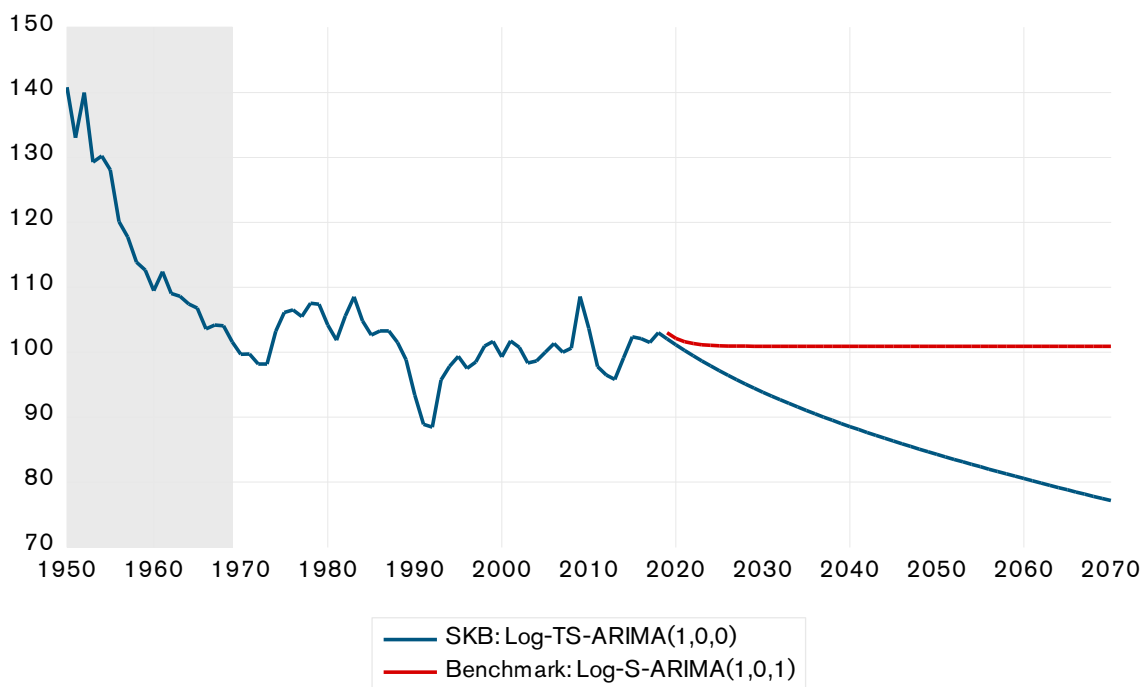
SKB:s modell för EEF2 uppfyller riktlinjerna för EEF och sammanfaller med den skattade trendstationära benchmarkmodellen.

### **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.

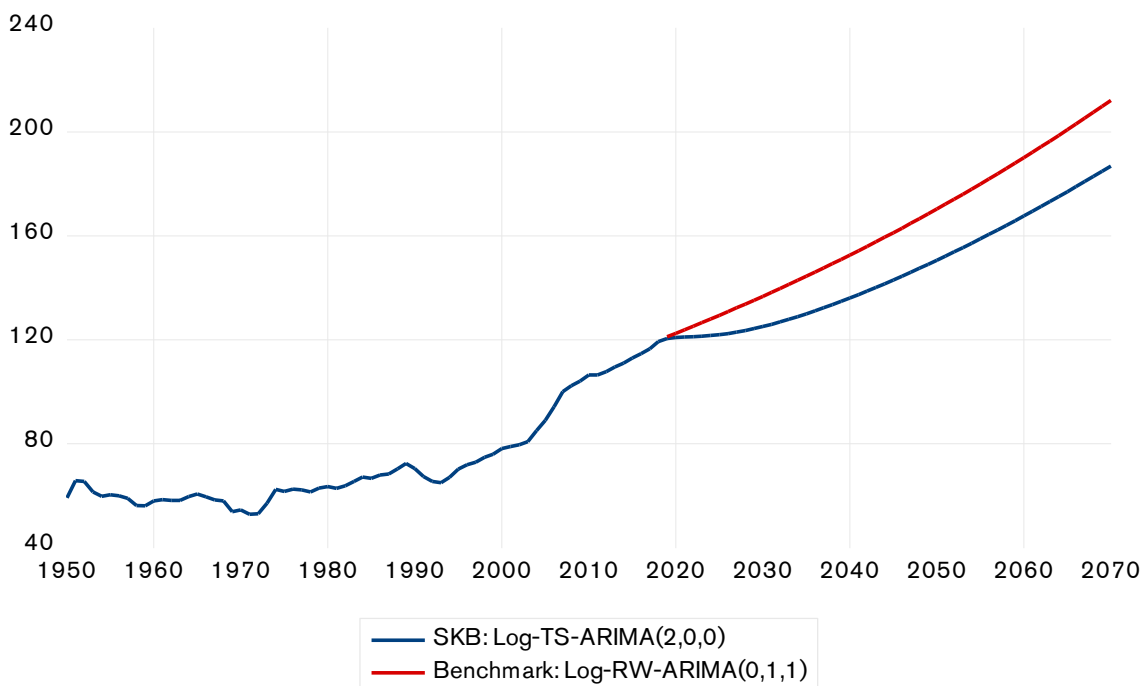
### EEF4 – Reala byggmaterialkostnader

#### 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)**

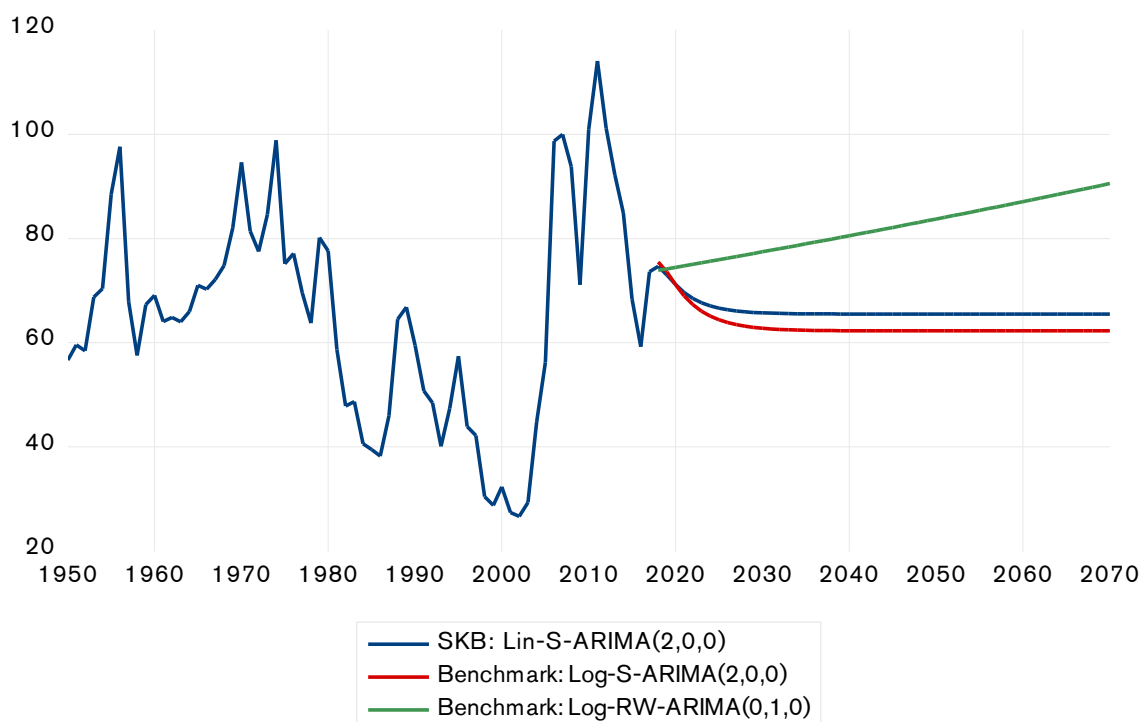
##### *Prognosmodeller för EEF5*

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 testprocedur indikerar att bästa stationära modellen har två AR-termer, medan samma testprocedur 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 drift<sup>24</sup>.

<sup>24</sup> 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 kärnavfallsprogrammet<sup>25</sup>.

#### *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)**

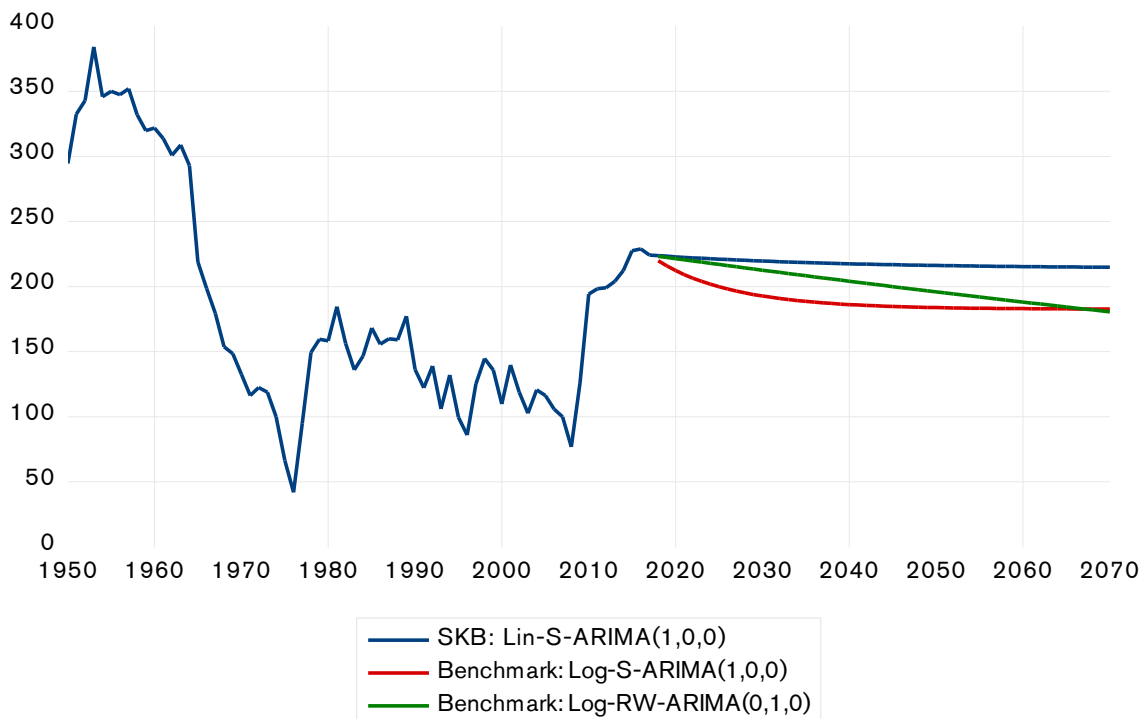
##### *Prognosmodeller för EEF6*

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 drifttermen 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.

<sup>25</sup> 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*

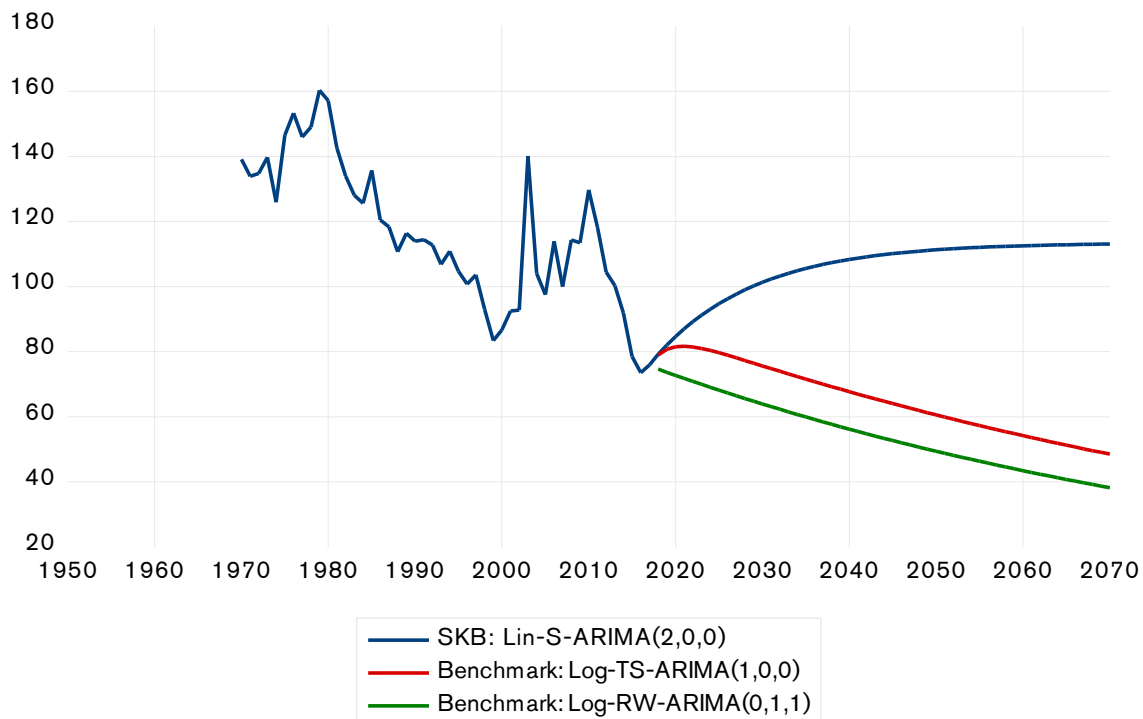
Enligt KPSS-testet är EEF7 trendstationär, medan ADF-testet inte kan förkasta nollhypotesen om enhetsrot. Båda modellerna leder till modeller med en negativ trend, deterministisk för den trendstationära modellen respektive stokastisk för den icke-stationära. Den trendstationära modellen har en AR-term för feltermen medan random walk-modellen<sup>26</sup> 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 tidstrend<sup>27</sup> 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.

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

<sup>27</sup> 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.

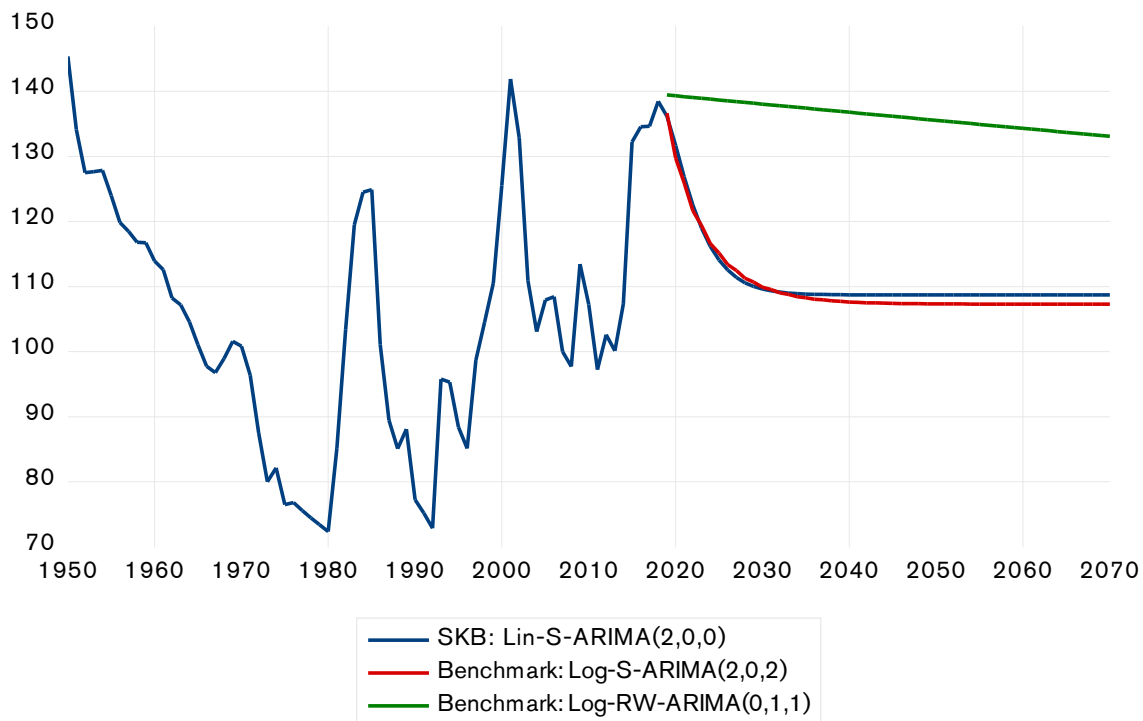
#### **EEF8 – Real växelkurs SEK/USD**

##### *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
<b>Summa</b>		<b>+ 6,3 miljarder kronor</b>

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 kostnadshöjande<sup>28</sup>.

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

---

<sup>28</sup> 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.

KI<sup>29</sup> 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

---

<sup>29</sup> <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 motiveringar 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.