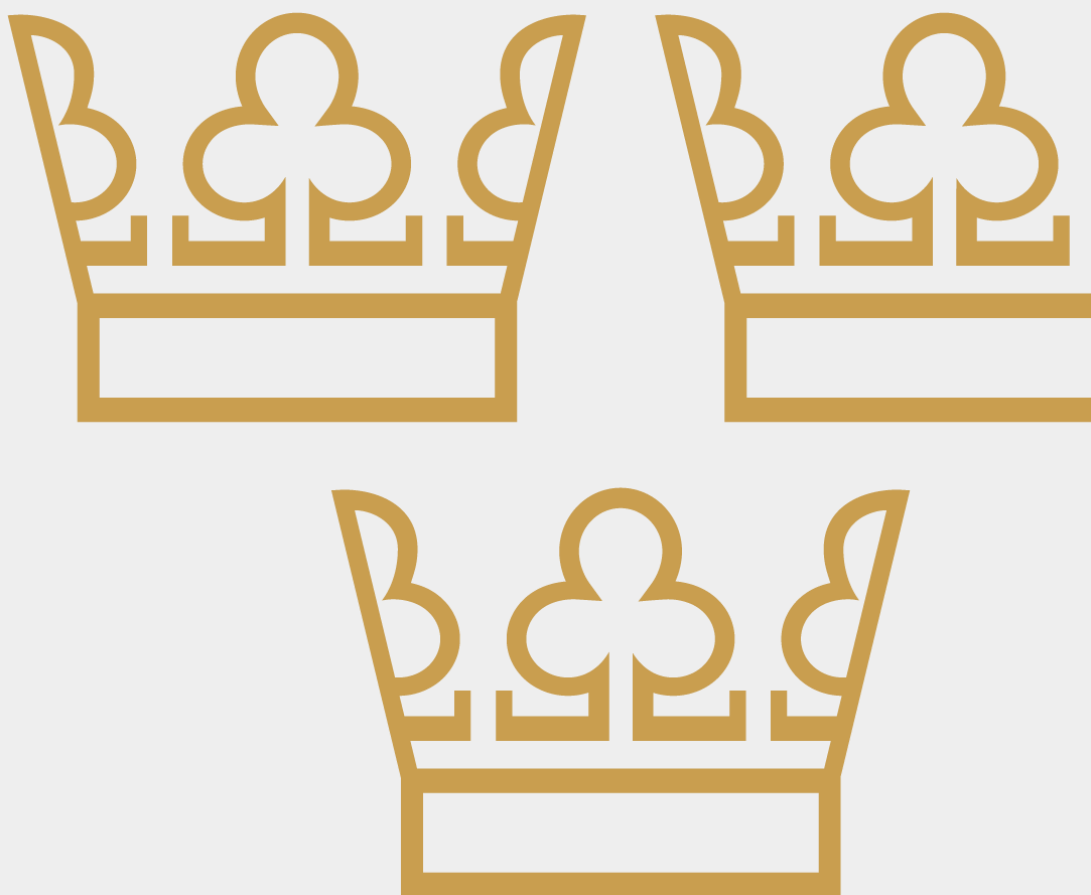


Modell för beräkning av kompletteringsbelopp för reaktorinnehavare



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

Den som har tillstånd att inneha eller driva en kärnteknisk anläggning som ger eller har gett upphov till restprodukter ska ställa säkerheter för finansieringsbelopp och kompletteringsbelopp.

Under 2017 förändrades finansieringslagstiftningen. Av de nya regleringarna framgår bl.a. att finansieringsbeloppet och kompletteringsbeloppet, tillsammans med reaktorinnehavarens andel i kärnavfallsfonden, ska göra att reaktorinnehavaren med hög sannolikhet kan fullgöra sina skyldigheter även om inga ytterligare kärnavfallsavgifter betalas och inga ytterligare säkerheter ställs. En konsekvens av denna reglering är att kompletteringsbeloppen, från att tidigare enbart beakta osäkerheter i de framtida kostnaderna för reaktorinnehavarna, nu även ska beakta osäkerheter som rör reaktorinnehavarnas tillgångar i kärnavfallsfonden. Vidare ska Riksgälden, och inte reaktorinnehavarna som tidigare, beräkna storleken på kompletteringsbeloppen.

Riksgälden ska enligt 14 § finansieringsförordningen lämna förslag till regeringen på kärnavfallsavgifter, finansierings- och kompletteringsbelopp för reaktorinnehavare för kommande treårsperiod. Under september 2021 lämnar Riksgälden in förslag på kärnavfallsavgifter, finansieringsbelopp och kompletteringsbelopp för reaktorinnehavare för 2022-2023. Beräkningen av kompletteringsbeloppen i det förslaget bygger på den uppdaterade finansieringslagstiftningen. I denna rapport beskrivs modellen som används för att beräkna de nya kompletteringsbeloppen i Riksgäldens förslag.

Från den 31 mars till den 10 maj 2021 remitterades denna rapport tillsammans med preliminära nivåer på kompletteringsbelopp. Syftet var att ge berörda parter insyn i hur modellen fungerar och möjlighet att lämna synpunkter på beräkningsprinciper och modellfunktionalitet innan Riksgälden använder modellen för att föreslå kompletteringsbelopp för reaktorinnehavare. Under våren hölls möten där Riksgälden presenterat underlag för representanter för reaktorbolagen och deltagarna har haft möjlighet att ställa frågor på remitterat underlag. Inkomna synpunkter har inte föranlett några förändringar av beräkningsmodellen.

Ny definition av kompletteringsbeloppet

I och med att kompletteringsbeloppet nu även ska beakta osäkerheter i en reaktorinnehavares tillgångar innebär det att den definition och metod som tidigare använts av kärnkraftsindustrin för att beräkna kompletteringsbeloppet inte längre kan användas, eftersom den endast beaktar osäkerheter på skuldsidan. Riksgälden har, utifrån gällande regleringar, tagit fram en beräkningsmässig definition av kompletteringsbeloppet som sätter ramarna för beräkningsmodellen:

Beräkningsmässig definition av kompletteringsbeloppet

”Kompletteringsbeloppet beräknas som det belopp, som om det tillsammans med finansieringsbeloppet läggs till reaktorinnehavarens andel i kärnavfallsfonden vid starten på nästa avgiftsperiod, leder till att 90 procent av ett stort antal simulerade scenarier har ett positivt fondvärde vid kärnavfallsprogrammets slutår, även om inga ytterligare kärnavfallsavgifter betalas och inga ytterligare säkerheter ställs”

Modellens komponenter

Huvudsyftet med modellen är att beräkna kompletteringsbelopp för respektive reaktorinnehavare baserat på simuleringar av den framtida utvecklingen av reaktorinnehavarens fondandel. Därtill har modellen utformats för att kunna användas även till andra typer av analyser, som exempelvis kan ge underlag för beslut om allokering av fondens tillgångar.

För dessa ändamål krävs att modellen kan simulera ett stort antal scenarier för en rad olika variabler, däribland avkastningar för de instrument som fonden investerar i och kostnaderna i kärnavfallsprogrammet. Simuleringen måste sträcka sig över en lång period framöver, minst fram till 2080-talet. För att åstadkomma detta har Riksgälden tillsammans med de upphandlade konsulterna utgått från ett existerande ALM-system (GLASS, *Global Asset & Liability Simulation System*), som sedan har anpassats för att kunna modellera finansieringssystemets skuldsida och leva upp till de regleringar som framgår av finansieringslagen och finansieringsförordningen.

Modellering av skuldsidan

Skuldsidan i finansieringssystemet för kärnavfall består av framtida kostnader för de åtgärder som en reaktorinnehavare behöver vidta för avveckling och rivning av kärntekniska anläggningar samt hantering och slutförvaring av kärntekniska restprodukter. Därtill tillkommer statens och kommuners kostnader gällande tillsyn, forskning- och utvecklingsverksamhet samt förvaltning av kärnavfallsfonden.

En viktig källa till osäkerhet i finansieringssystemet som behöver beaktas i beräkningen av kompletteringsbeloppet är risken att grund- och merkostnaderna för att genomföra kärnavfallsprogrammet blir högre än de förväntade kostnader som tagits upp i kostnadsberäkningarna.

Modelleringen av risken i de framtida kostnaderna som har förutsättningar att fungera i en samlad ALM-analys skiljer sig från den ansats som använts av Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB) i den osäkerhetsanalys av kostnaderna som tidigare utgjort underlag för beräkningen av kompletteringsbeloppet. Riksgälden har därför behövt utveckla nya metoder för att modellera risken på skuldsidan. De viktigaste egenskaperna i denna komponent av modellen sammanfattas nedan.

- Risker delas upp i två kategorier – volymrisk och prisrisk – som hanterar osäkerheter i dels omfattningen av insatsfaktorer i kärnavfallsprogrammet dels i den framtida prisutvecklingen för dessa insatsfaktorer.
- En metod har utvecklats för att kunna översätta riskfaktorer uttryckta som total risk för hela programmet till riskfaktorer uttryckta som årliga risker som utvecklar sig över tid. Metoden möjliggör en replikering av resultatet från SKB:s osäkerhetsanalys, såväl som att kalibrera modellens riskparametrar med andra värden.
- Antalet riskfaktorer har reducerats avsevärt, vilket reflekterar Riksgäldens bedömning att ett stort antal riskfaktorer inte bidrar till en högre kvalitet på den samlade analysen, utan istället riskerar att missa viktiga samvariationer och därför underskatta den totala risknivån. Ett fåtal riskfaktorer gör dessutom modellen lättare att tolka och innebär att antaganden blir mer transparenta.
- Modellen har god flexibilitet och är framtidssäker i det att ny funktionalitet kan byggas upp inom den befintliga modellstrukturen.

Modellering av tillgångssidan

Tillgångssidan i finansieringssystemet för kärnavfall består av en reaktorinnehavarens andel av kärnavfallsfondens marknadsplaceringar och reaktorinnehavarens framtida förväntade avgiftsinbetalningar till kärnavfallsfonden. Kompletteringsbeloppet kan endast tas i anspråk om avgiftsinbetalningarna från en reaktorinnehavare har upphört. Avgiftsinbetalningar modelleras därför endast för den första simuleringsperioden, dvs. från beräkningstillfället och fram till den tidpunkt då det förutsätts att kompletteringsbeloppet behöver kallas på. Därefter modelleras inga avgiftsinbetalningar.

Kärnavfallsfonden är indelad i två portföljer, basportföljen (statsobligationer och säkerställda obligationer) och den långsiktiga portföljen (företagsobligationer och aktier). Reaktorinnehavare äger andelar av respektive portfölj.

Modelleringen av tillgångarna följer regleringarna i förvaltningsförordningen och finansieringsförordningen, och försöker så långt som möjligt efterlikna Kärnavfallsfondens placeringspolicy. Scenarier för de tillgångsslag som kärnavfallsfonden placerar i skapas i en scenario-modul i GLASS. Modelleringen av tillgångssidan kan sammanfattas som följer:

- Riktmerkesvikterna i placeringspolicyn antas vara den sammansättning tillgångar som gäller för basportföljen och den långsiktiga portföljen.
- De strategiska vikterna i placeringspolicyn används som underlag för hur stora andelar varje reaktorinnehavare ska ha av de två portföljerna i modelleringen. Reaktorinnehavarnas andelar begränsas också av den så kallade 20-års-regeln.
- Scenarier för de tillgångsslag som kärnavfallsfonden tillåts placera i skapas genom en samverkan av olika komponenter i en scenario-generator i GLASS. Utgångspunkten är nuvarande marknadsläge, som successivt övergår till ett långsiktigt avkastningsantagande.
- Långsiktiga avkastningsantaganden byggs upp som en riskfri ränta som är gemensam för flera tillgångsslag och en riskpremie som är unik för tillgångsslaget.
- Av regleringarna framgår att kompletteringsbeloppet ska diskonteras med den avkastning som kan förväntas på kärnavfallsfondens marknadsplaceringar. För att efterleva regleringen kalibreras avkastningarna i GLASS så att de motsvarar de avkastningar som implicit ges av diskonteringsräntekurvan.

Innehåll

Sammanfattning	2
Ny definition av kompletteringsbeloppet	2
Modellens komponenter	3
Modellering av skuldsidan	3
Modellering av tillgångssidan	4
1. Inledning	6
2. Principer för beräkning av kompletteringsbeloppet	7
2.1. Regleringar i finansieringslagen och finansieringsförordningen	7
2.2. Förutsättningar för beräkning av kompletteringsbelopp	8
2.3. När behövs säkerheterna - ett exempelscenario	10
2.4. Kompletteringsbeloppet för ett enskilt scenario	11
2.5. Kompletteringsbeloppet för flera scenarier	15
2.6. Konfidensgrad	17
2.7. Definition av kompletteringsbeloppet	18
3. Modellutveckling	19
3.1. Grundläggande modellkrav	19
3.2. Överväganden vid utveckling av modell	22
4. Modellbeskrivning	29
4.1. Scenario-generering och programvara	29
4.2. Beräkningsmässig definition av kompletteringsbeloppet	32
4.3. Modellering av framtida kostnader	36
4.4. Modellering av kärnavfallsfondens marknadsplaceringar	60
4.5. Modellering av framtida avgiftsintäkter	71
4.6. Simulering av fondtillgången för beräkning av kompletteringsbeloppet	76
Referenser	81
Bilaga 1: Närmare beskrivning av GLASS	83
Moduler i GLASS	83
Användargränssnitt	84
Riksgäldens GLASS-licens	85
Bilaga 2: Sammanställning av synpunkter på remitterad beräkningsmodell och kommentarer till dessa	87

1. Inledning

Den som har tillstånd att inneha eller driva en kärnteknisk anläggning som ger eller har gett upphov till restprodukter ska enligt lag (2006:647) om finansiering av kärntekniska restprodukter (finansieringslagen) ställa en säkerhet motsvarande kompletteringsbeloppet.

Kompletteringsbeloppet är ett säkerhetsbelopp som tillsammans med finansieringsbeloppet och reaktorinnehavarens andel i kärnavfallsfonden gör att reaktorinnehavaren med hög sannolikhet kan fullgöra sina skyldigheter enligt finansieringslagen om inga ytterligare kärnavfallsavgifter betalas och inga ytterligare säkerheter ställs.

Riksgälden ska enligt 14 § förordningen (2017:1179) om finansiering av kärntekniska restprodukter (finansieringsförordningen) till regeringen 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 getts in. Ett förslag för åren 2022-2023 kommer att ges in till regeringen under september 2021. Reaktorinnehavare och andra berörda kommer, i enlighet med 15 § samma förordning ges tillfälle att lämna synpunkter på detta förslag i särskild ordning.

Under 2017 trädde den nya finansieringslagen och finansieringsförordningen i kraft. Detta innebar bl.a. förändringar i finansieringslagstiftningen avseende beräkning av kompletteringsbeloppen. Från att tidigare enbart beakta osäkerheter i de framtida kostnaderna för reaktorinnehavarna ska även osäkerheter som rör reaktorinnehavarnas tillgångar i kärnavfallsfonden beaktas. Vidare ska Riksgälden, och inte industrin som tidigare, beräkna storleken på kompletteringsbeloppet.

Arbetet med att utveckla en ny modell för beräkning av kompletteringsbeloppen har pågått under flera år. Syftet med denna rapport är beskriva modellen som Riksgälden utvecklat för att beräkna kompletteringsbeloppen enligt den uppdaterade finansieringslagstiftningen. Modellen används för första gången i Riksgäldens förslag på kärnavfallsavgifter, finansierings- och kompletteringsbelopp för reaktorinnehavare för 2022-2023. Parametersättning, resultat och analys av beräknade belopp framgår i Riksgäldens avgiftsrapport med tillhörande bilagor [1].

Från den 31 mars till den 10 maj 2021 remitterades denna rapport tillsammans med preliminära nivåer på kompletteringsbelopp. Syftet var att ge berörda parter insyn i hur modellen fungerar och möjlighet att lämna synpunkter på beräkningsprinciper och modellfunktionalitet innan Riksgälden använder modellen för att föreslå kompletteringsbelopp för reaktorinnehavare. Under våren hölls möten där Riksgälden presenterat underlag för representanter för reaktorbolagen och deltagarna har haft möjlighet att ställa frågor på remitterat underlag. Inkomna synpunkter har inte föranlett några förändringar av beräkningsmodellen. Synpunkter från remissinstanser och Riksgäldens kommentarer till dessa framgår av bilaga 2: sammanställning av synpunkter på remitterad beräkningsmodell och kommentarer till dessa.

Rapporten är disponerad på följande sätt: Först beskrivs principerna för beräkning av kompletteringsbeloppen. Sedan följer en beskrivning av de grundläggande kraven för en modell och vilka överväganden som gjorts i utvecklingsprocessen. Slutligen beskrivs modellens ingående komponenter.

2. Principer för beräkning av kompletteringsbeloppet

De förändringar i finansieringslagstiftningen som infördes 2017 innebär en breddning av kompletteringsbeloppet, som nu ska beakta osäkerheter i en reaktorinnehavares skulder och även i dess tillgångar. Det innebär att den definition och metod som tidigare använts av kärnkraftsindustrin för att beräkna kompletteringsbeloppet inte längre kan användas eftersom den endast beaktar osäkerheter på skuldsidan. Första steget i Riksgäldens utveckling av en ny metod är därför att, utifrån gällande regleringar, ta fram en definition av kompletteringsbeloppet som sätter ramarna för beräkningsmodellen.

2.1. Regleringar i finansieringslagen och finansieringsförordningen

I finansieringslagen och finansieringsordningen regleras hur säkerheterna definieras, vem som ska beräkna dem och ger även vägledning för hur de ska beräknas. Av 14 § finansieringsförordningen framgår att Riksgälden ska lämna förslag på kompletteringsbelopp för reaktorinnehavare.

Vad som avses med finansieringsbelopp och kompletteringsbelopp framgår huvudsakligen av 5 § och 9 § i finansieringslagen.

5 b § I denna lag avses med finansieringsbelopp ett belopp som för varje tillståndshavare motsvarar skillnaden mellan å ena sidan de förväntade återstående grundkostnaderna och merkostnaderna för de restprodukter som har uppkommit då beräkningen görs och å andra sidan tillståndshavarens andel i kärnavfallsfonden.

5 c § I denna lag avses med kompletteringsbelopp ett belopp som kompletterar finansieringsbeloppet med hänsyn till att det kan visa sig otillräckligt

9 §

...

Kompletteringsbeloppet ska bestämmas till det belopp som tillsammans med finansieringsbeloppet och reaktorinnehavarens andel i kärnavfallsfonden gör att reaktorinnehavaren med hög sannolikhet kan fullgöra sina skyldigheter enligt denna lag även om inga ytterligare kärnavfallsavgifter betalas och inga ytterligare säkerheter ställs

För det första framgår av 5 § att de två säkerheterna har olika syften men även att de har en relation till varandra. Finansieringsbeloppet ska, något förenklat¹, säkra de framtida avgifter som ännu inte

¹ Finansieringsbeloppen är mindre än de nuvärdesberäknade förväntade avgiftsintäkterna eftersom endast kostnader för de restprodukter som uppkommit vid beräkningstillfället ska beaktas. Skillnaden mellan finansieringsbeloppet och avgiftstillgången utgörs av skillnaden mellan skulden som baseras på kostnadsmängden som antas i avgiftsberäkningen respektive kostnadsmängden som antas i beräkningen av finansieringsbeloppet. Med Riksgäldens definition kommer dock denna skillnad att fångas upp i kompletteringsbeloppet.

betalats in till kärnavfallsfonden medan kompletteringsbeloppet ska komplettera finansieringsbeloppet i de fall det inte räcker. Ett exempel på när finansieringsbeloppet inte räcker och kompletteringsbeloppet kan behövas är om de framtida kostnaderna blir högre än vad som tagits upp i reaktorinnehavarnas kostnadsberäkning. Ett andra exempel är om kärnavfallsfonden avkastar sämre än den förväntade avkastningen som antas vid beräkningen av avgifter och finansieringsbeloppet. Ett tredje exempel är en kombination av ogynnsamma utfall både på tillgångs- och skuldsidan i finansieringssystemet inträffar samtidigt. Medan den tidigare gällande lagstiftningen enbart inriktade sig på det första exemplet, det vill säga osäkerheten i de framtida förväntade kostnaderna, så ska kompletteringsbeloppet enligt nuvarande lagstiftning täcka osäkerheter både på skuld- och tillgångssidan i finansieringssystemet.

För det andra framgår av 9 § att kompletteringsbeloppet ska bestämmas på ett sådant sätt att det med stor sannolikhet räcker till för att varje reaktorinnehavare ska kunna fullfölja sina skyldigheter även om inga avgifter betalas in eller nya säkerheter ställs. Att inga avgifter betalas in eller nya säkerheter ställs är nämligen en förutsättning för att ta säkerheterna i anspråk enligt 18 § i finansieringslagen.

18 § En säkerhet som har ställts enligt 9 § får tas i anspråk och tillföras fonden, om

1. det kan förväntas att fonderade medel inte kommer att räcka för att säkerställa finansieringen av de kostnader som tillståndshavaren ska finansiera enligt 4 §, och
2. tillståndshavaren inte betalar beslutade kärnavfallsavgifter eller vidtar de åtgärder som i övrigt behövs för att säkerställa finansieringen enligt 4 §.

Vad gäller begreppet hög sannolikhet framgår det av författningskommentarerna till 9 § finansieringslagen (*Prop. 2016/17:199*) att:

"Enligt rådande praxis bestäms kompletteringsbeloppet utifrån en konfidensgrad om 90 procent. Några större avvikelser nedåt från denna procentsats ryms inte inom kravet på hög sannolikhet. Kravet avser inte heller kompletteringsbelopp som med full säkerhet svarar mot de aktuella osäkerheterna (vilket skulle motsvara en konfidensgrad om 100 procent)."

2.2. Förutsättningar för beräkning av kompletteringsbelopp

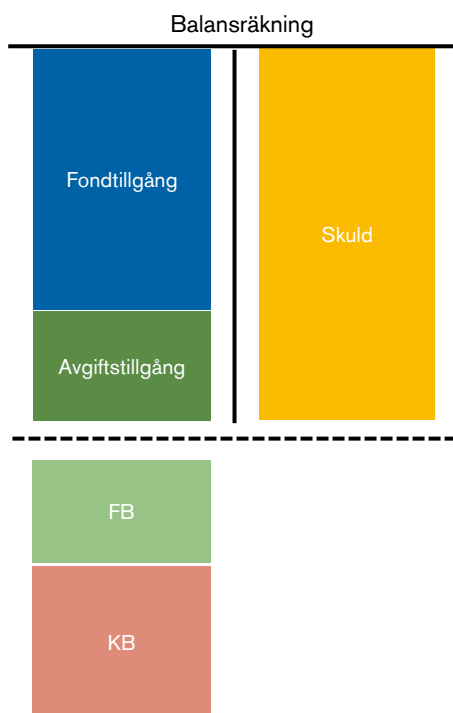
Det följer av 9 § och 18 § i finansieringslagen att säkerheterna är till för de fall då den normala treåriga cykeln med nya kärnavfallsavgifter och säkerheter (den så kallade rullningsmekanismen) i finansieringssystemet har upphört att fungera, det vill säga i de fall balansen mellan en reaktorinnehavares tillgångar och skulder inte kan återställas genom att höja kärnavfallsavgiften eller vidta andra åtgärder. Det innebär att kompletteringsbeloppet behöver vara tillräckligt stort för att tillsammans med finansieringsbeloppet med stor sannolikhet täcka potentiella underskott i finansieringen, inte bara under innevarande avgiftsperiod, utan fram till att kärnavfallsprogrammet är slutfört i sin helhet (då slutförvaret för använt kärnavfall är slutligt förslutet och ansvaret har övergått

till staten).² Finansieringsbeloppet kommer även fortsättningsvis att beräknas på det sätt som beskrivs i Riksgäldens förslag på kärnavfallsavgifter och säkerheter för 2021 [2].

Följaktligen behöver beräkningen av kompletteringsbeloppet baseras på en modellering av en reaktorinnehavares balansräkning fram till och med kärnavfallsprogrammets slutdatum³. Idag, och vid alla framtida tidpunkter kommer denna balansräkning att bestå av en tillgångssida respektive skuldsida, där tillgångssidan utgörs av reaktorinnehavarens andel i kärnavfallsfonden tillsammans med nuvärdet av framtida avgiftsbetalningar och skuldsidan utgörs av nuvärdet av de förväntade återstående kostnaderna (figur 1).

Om det blir aktuellt att kalla på finansieringsbeloppet och/eller kompletteringsbeloppet, alltså för scenarier där rullningsmekanismen inte längre fungerar och inga kärnavfallsavgifter betalas in (eller andra åtgärder vidtas) som återställer balansen, så har avgiftstillgången fallit bort och är således inte längre relevant⁴. Balansräkningen, i de fall då en reaktorinnehavares avgiftsbetalningar uteblir, består således av en tillgångssida i form av reaktorinnehavarens fondtillgång och en skuldsida i form av nuvärdet på reaktorinnehavarens framtida återstående kostnader.

Figur 1. Balansräkning för en reaktorinnehavare



Vid tidpunkten då kärnavfallsprogrammet är slutfört kommer finansieringssystemets balansräkning emellertid bara att bestå av en post, nämligen kärnavfallsfondens saldo, eftersom det varken finns några framtida avgiftsbetalningar eller framtida kostnader. I det fall utfallen varit gynnsamma så finns

² Detta är reglerat i 5 § lagen (1984:3) om kärnteknisk verksamhet.

³ I industrins senaste kostnadsberäkning, Plan 2019, förväntas kärnavfallsprogrammet vara slutfört år 2080.

⁴ Detta följer av att säkerheterna kan tas i anspråk endast om avgiftsbetalningarna har upphört, och det finns därför inget scenario där säkerheterna tillförs fonden samtidigt som avgifter betalas in.

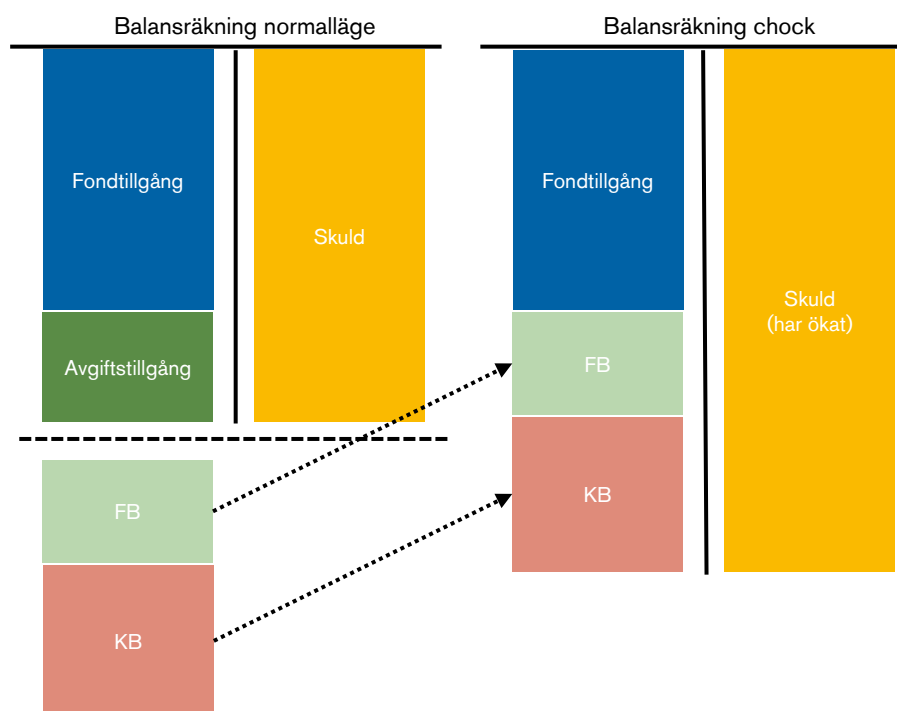
ett överskott i fonden som återbetalas till reaktorinnehavaren. I det fall utfallen varit ogynnsamma så finns ett underskott i fonden. Det är förvisso inte reglerat hur medel skulle tillföras i de scenarier där en reaktorinnehavare inte kan finansiera sina åtaganden (även efter att säkerheter tagits i anspråk). Dock står det klart att i ett sådant scenario har staten, och i förlängningen skattebetalaren, på något sätt behövt skjuta till medel för att kunna slutföra kärnavfallsprogrammet. Intuitivt kan man tänka sig att detta har möjliggjorts genom att kärnavfallsfonden lånat pengar av staten för att finansieringen inte ska upphöra. Som kommer att klargöras i följande avsnitt så spelar det dock mindre roll exakt hur medel antas tillföras fonden till fonden, eller till vilken ränta detta kan göras i ett sådant scenario, eftersom kompletteringsbeloppet beräknas till det belopp som krävs för att en situation där kärnavfallsfonden behöver låna pengar med hög sannolikhet inte ska uppstå från första början.

För att konkretisera bilden kan det vara värt att visa ett exempelfall för när det kan vara aktuellt att påkalla säkerheterna.

2.3. När behövs säkerheterna - ett exempelscenario

Nedan illustreras balansräkningar av finansieringssystemets ställning för ett exempelscenario. I själva verket består finansieringssystemet av fyra separata balansräkningar, en för respektive reaktorinnehavare. Följande exempel kan tolkas som balansräkningen för en godtyckligt vald reaktorinnehavare.

Figur 2. Illustration av hur säkerheterna påkallas för att återställa balans



I balansräkningen till vänster ("normalläge") illustreras fallet där kärnavfallsavgifter har beräknats för balans, det vill säga så att reaktorinnehavarens fondtillgång tillsammans med de nuvärdesberäknade förväntade framtida avgiftsinbetalningarna är lika med de nuvärdesberäknade förväntade framtida kostnaderna. Vidare har storleken på finansieringsbeloppet beräknats så att det, tillsammans med

reaktorinnehavarens fondtillgång, är lika med de nuvärdesberäknade förväntade framtida kostnaderna för avfall som uppkommit vid beräkningstillfället⁵. Anta dessutom att kompletteringsbeloppet, på ett än så länge okänt sätt, har beräknats så att det med hög sannolikhet kompletterar finansieringsbeloppet om det visar sig otillräckligt.

I balansräkningen till höger illustreras ett hypotetiskt scenario ("chock") där det antas att två ogynnsamma händelser inträffat. För det första har de framtida kostnaderna ökat vilket innebär att skulden, som är de nuvärdesberäknade framtida kostnaderna, har ökat. För det andra har utsikterna för fondens framtida avkastningar försämrats jämfört med vad som antagits vid den senaste avgiftsberäkningen, vilket sänker de avkastningar som kan realiseras framöver och därför ökar värdet av skulden idag (som diskonteras med fondens förväntade avkastning). Dessutom antas att reaktorinnehavaren inte vidtar någon annan åtgärd för att säkerställa finansieringen, vilket innebär att de nödvändiga kriterierna enligt finansieringslagen för att kalla på säkerheterna är uppfyllda.

Givet att finansieringsbeloppet och kompletteringsbeloppet är av tillräcklig storlek kan balansen i finansieringssystemet återställas genom att reaktorinnehavarens andel i kärnavfallsfonden tillförs både finansieringsbeloppet och (delar av eller hela) kompletteringsbeloppet⁶. Frågan är hur stora säkerheterna behöver vara för återställa balansen.

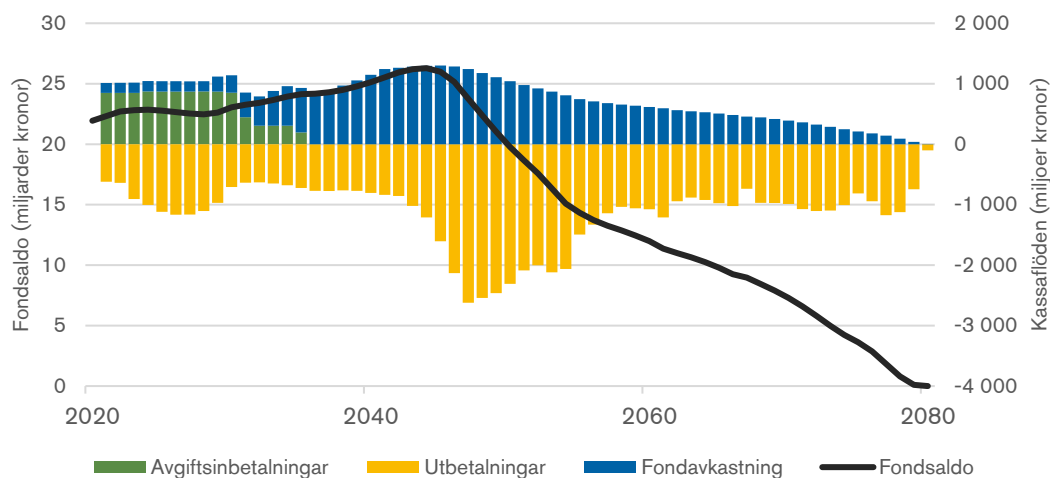
2.4. Kompletteringsbeloppet för ett enskilt scenario

Samma exempel som ovan, men istället sett över tid, ger intuitionen för hur kompletteringsbeloppet kan beräknas för ett enskilt scenario. Därefter inses lättare hur kompletteringsbeloppet kan beräknas givet flera scenarier, vilket är den metod som slutligen kommer att användas.

Diagram 1 illustrerar det tidigare fallet ("normalläge") där avgifter beräknats för balans för en reaktorinnehavare. Denna avgiftsberäkning bygger på en prognos över reaktorinnehavarens förväntade kostnader, fondens förväntade avkastning samt den förväntade elproduktionen under resterande drifttid. Om alla ingående komponenter i beräkningen faller ut precis som förväntat kommer fonden att gå ut exakt på noll när reaktorinnehavaren uppfyllt sina åtaganden, vilket är ett annat sätt att se att reaktorinnehavarens tillgångar och skulder är i balans.

⁵ Finansieringsbeloppet beräknas alltså med samma deterministiska beräkningsmetod som använts tidigare. Se Riksgäldens senaste avgiftsförslag för reaktorinnehavare [2], avsnitt 4, för en mer detaljerad beskrivning.

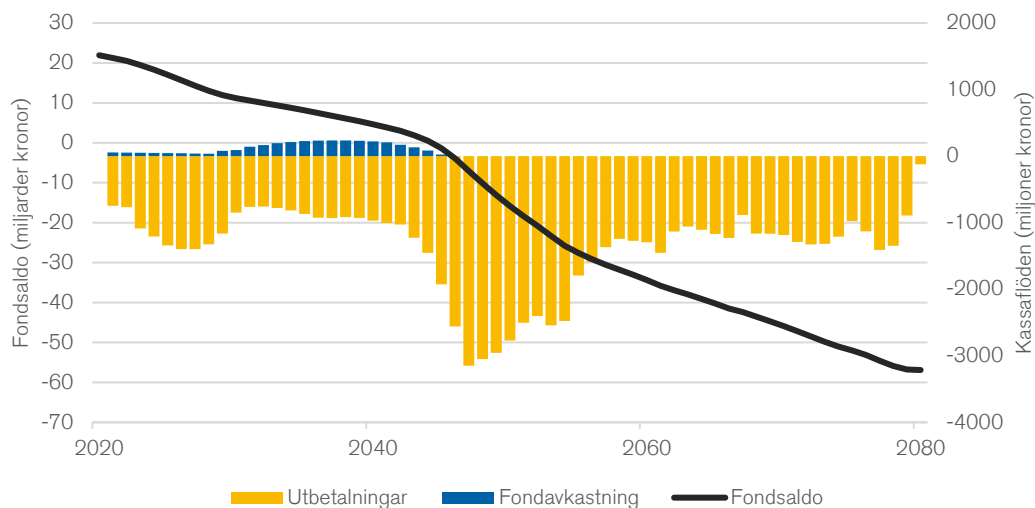
⁶ Detta förutsätter att den part som ställt säkerheten (normalt ställer reaktorinnehavarens moderbolag en borgensförbindelse) kan omvandla ett belopp motsvarande säkerheten till likvida medel som kan tillföras fonden. Riksgälden prövar styrkan i de säkerheter som tillståndshavarna föreslår i samband med varje ny avgiftsperiod, och har även i uppdrag att löpande pröva värdebeständigheten i säkerheterna.

Diagram 1. Fondsaldot över tid givet att avgifter betalas och utfall enligt prognos ("normalläge")

Not: Illustrativ beräkning för en reaktorinnehavare där avgifter är beräknade för balans.

Det är förstås osannolikt att en prognos för kostnader, fondavkastningar och elproduktion för flera decennier i framtiden kommer att falla ut precis som förväntat, vilket är anledningen till att kärnavfallsavgifter och säkerheter räknas om vart tredje år för att beakta ny information och återställa balansen. Så länge varje reaktorinnehavare fortsätter betala kärnavfallsavgifter kommer avvikelser från tidigare prognosticerade finansieringsbehov att beaktas och korrigeras löpande. Denna rullningsmekanism fortsätter även efter det att elproduktionen upphört, då kärnavfallsavgifter för balans istället betalas in som ett fast belopp över nästkommande tre år (såsom Barsebäck gör redan idag). Först när slutförvaret för använt kärnbränsle är slutligt förslutet och ansvaret övergått till staten upphör skyldigheten att betala avgifter och att ställa säkerheter. Säkerheterna är emellertid inte till för detta normalläge, utan för de potentiella ogynnsamma utfall där en eller flera av komponenterna som påverkar kärnavfallsfondens fonsdsaldo inte utvecklas som förväntat, samtidigt som en reaktorinnehavare inte har vilja eller förmåga att betala kärnavfallsavgifter (eller på annat sätt fullgöra sina skyldigheter).

Diagram 2. Fondsaldo över tid givet att avgiftsbetalningar upphör och utfall sämre än prognos ("chock") – säkerheter påkallas ej



Not: Illustrativ beräkning för en reaktorinnehavare som ställer in avgiftsbetalningar vid avgiftsperiodens början, men säkerheter inte påkallas.

Diagram 2 illustrerar samma hypotetiska ogynnsamma scenario som beskrivits i föregående avsnitt ("chock") men här istället sett över tid. Jämfört med diagram 1 har utbetalningarna från fonden (reaktorinnehavarens kostnader) ökat, den genomsnittliga fondavkastningen har minskat och avgiftsinbetalningarna har fallit bort. Givet att inga åtgärder vidtas (d.v.s. utan påkallande säkerheter) kommer reaktorinnehavarens andel av fondmedel att ta slut innan kärnavfallsprogrammet upphör, vartefter det för fonden uppstår ett lånebehov för att kärnavfallsprogrammet ska kunna fortlöpa⁷.

Eftersom scenariot är konstruerat finns det i detta fall perfekt information om de årliga avkastningar och utbetalningar som kommer att falla ut från idag fram till kärnavfallsprogrammets slutförande och därför kan det belopp som skulle behöva läggas till fonden idag, för att fonden vid kärnavfallsprogrammets slut ska gå ut på noll, beräknas för detta specifika scenario. Det går till som följer.

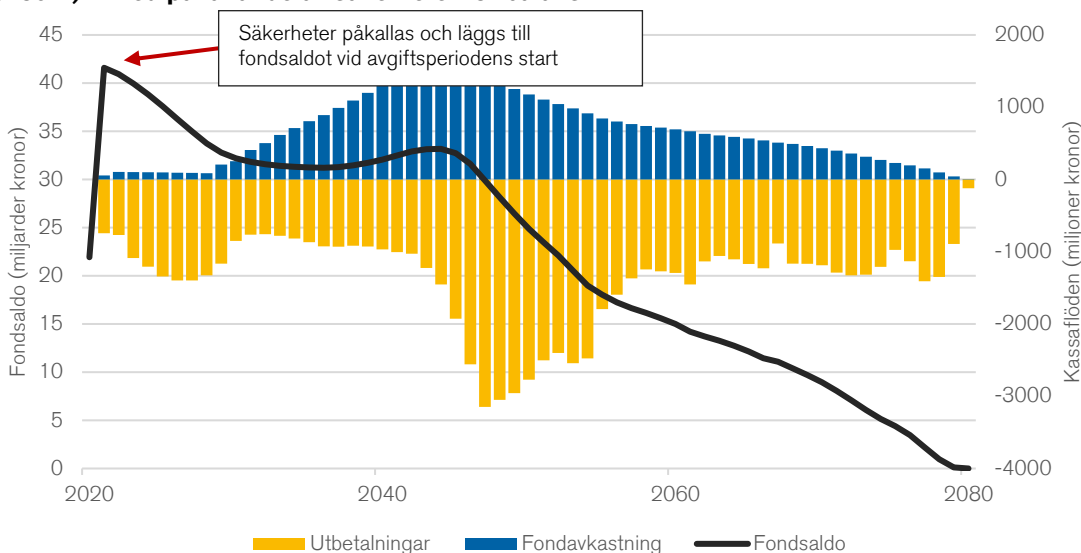
⁷ I illustrationen antas att fondavkastningarna är desamma oavsett värdet i kärnavfallsfonden till dess att pengarna i fonden är slut. I själva verket innehåller Kärnavfallsfondens förordning tvingande riskbegränsande åtgärder som gör att allokeringen i ett sådant scenario förskjuts till tillgångar med lägre risk, vilket sänker avkastningen ytterligare i ett sådant scenario. Denna dynamiska portföljallokering modelleras i Riksgäldens modell. Vidare antas avkastningen vara noll när pengarna i kärnavfallsfonden är slut, vilket innebär ett antagande om att kärnavfallsfonden kan låna pengar räntefritt. Detta förenklade antagande påverkar dock inte beräkningen av kompletteringsbeloppet, vilket påpekats ovan och även framgår av senare avsnitt.

Principiell metod för att beräkna kompletteringsbeloppet för ett enskilt scenario

1. Konstruera ett scenario med antaganden om årliga utbetalningar (kostnader) och fondavkastningar för en reaktorinnehavare, för hela kärnavfallsprogrammet löptid.
2. Spela upp scenariot och beräkna fondsaldot för varje år fram till kärnavfallsprogrammet slutdatum, och notera fondsaldot på slutåret.
3. Spola tillbaka samma scenario och håll allt oförändrat förutom att ett (initialt gissat) belopp läggs till fonden vid nästa avgiftsperiods början.
4. Spela upp scenariot igen, där fondsaldot vid nästa avgiftsperiod nu är förändrat, vilket förändrar hur fondvärdet utvecklas i efterföljande perioder. Beräkna fondsaldot för varje år fram till kärnavfallsprogrammets slutdatum och notera återigen fondvärdet på slutåret.
5. Iterera steg 2 till 4 med olika kandidatvärden som läggs till fondsaldot vid början på nästa avgiftsperiod, till dess att det belopp som gör att fondsaldot på kärnavfallsprogrammet slutår är lika med noll.
6. Subtrahera från detta värde det finansieringsbelopp som tidigare och deterministiskt utanför denna modell beräknats för reaktorinnehavaren.

Med denna procedur har ett belopp beräknats, som om det läggs till reaktorinnehavarens fondandel tillsammans med finansieringsbeloppet, räcker till att finansiera reaktorinnehavarens framtida kostnader i detta specifika scenario. Lösningen som erhållits efter dessa beräkningssteg illustreras grafiskt i diagram 3, där vi kan se att det belopp som lagts till reaktorinnehavarens fondandel precis räcker till för att balansera scenariot och göra att det fondsaldot på slutåret återigen är lika med noll.

Diagram 3. Fondsaldot över tid givet att avgiftsinbetalningar upphör och utfall sämre än prognos ("chock") – med påkallande av säkerheter för balans



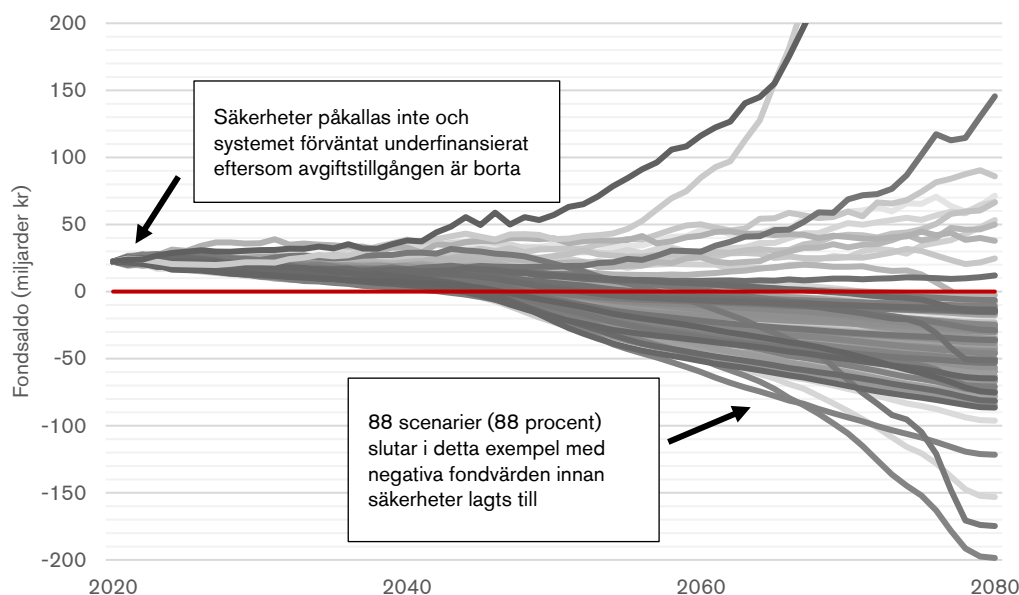
Not: Illustrativ beräkning för en reaktorinnehavare där avgiftsbetalningar upphör vid avgiftsperiodens början, samtidigt som säkerheter av tillräcklig storlek påkallas och läggs till reaktorinnehavarens fondandel.

2.5. Kompletteringsbeloppet för flera scenarier

Enligt finansieringslagen ska kompletteringsbeloppet med *hög sannolikhet*, tillsammans med reaktorinnehavarens nuvarande fondandel och finansieringsbeloppet, räcka till att finansiera en reaktorinnehavares åtaganden. För att kunna säga något om sannolikheten för att kompletteringsbeloppet är tillräckligt stort kan vi inte förlita oss på ett enskilt scenario utan behöver simulera ett stort antal olika möjliga scenarier. Med ovan metod för ett enskilt scenario i åtanke kan dock metoden för ett enskilt scenario översättas till ett fall med ett stort antal scenarier. I nedan exempel används 100 scenarier för visuell tydlighet, medan ett mycket större antal simuleringar kommer användas i de slutliga beräkningarna av kompletteringsbeloppen⁸.

Likt exemplet för det enskilda scenariot (diagram 2) illustreras först fondsaldots utveckling givet att säkerheter inte tillförs fonden. För tydlighetens skull visas i diagram 4 till skillnad från tidigare enbart fondsaldots utveckling, men inte de årliga in- och utbetalningarna till fonden.

Diagram 4. Fondsaldo över tid i 100 scenarier innan varken finansieringsbelopp eller kompletteringsbelopp påkallats



Not: Illustrativ beräkning för en reaktorinnehavare.

Var och en av linjerna i diagrammet representerar fondutvecklingen över tid för ett enskilt scenario. Majoriteten av scenarierna (88 stycken av 100) slutar med negativa fondvärden, vilket förklaras av att kärnavfallsavgifter inte antas betalas in till fonden och säkerheterna ännu inte påkallats. Reaktorinnehavarens tillgångar och skulder är således inte i balans och det finns ett förväntat finansieringsbehov. Trots den initiala underfinansieringen syns dock även ett fåtal (12 stycken) scenarier där fondvärdena är positiva, vilket innebär att dessa scenarier haft en så pass gynnsam utveckling att de "övervunnit" den initiala underfinansieringen. Hur scenarierna tas fram och de

⁸ Riksgälden har använt 10 000 scenarier i beräkningarna som ligger till grund för ALM-analysen som bifogas till denna rapport, men det finns i teorin ingen övre begränsning för hur många scenarier som kan användas. I praktiken är valet av antal scenarier en avvägning mellan precision i beräkningarna och beräkningstid.

underliggande antagandena för bl.a. dess förväntade utveckling och volatilitet beskrivs i detalj i avsnitt 4 och vi fokuserar här istället på hur kompletteringsbeloppet kan beräknas givet att 100 sådana scenarier finns tillgängliga.

Det är möjligt att använda den metod som beskrivits ovan för ett enskilt scenario för att hitta de belopp som för vart och ett av de 100 scenarierna gör att fondvärdet går ut på noll. Det skulle ge 100 belopp som vart och ett täcker ett enskilt, specifikt scenario⁹. Det högsta av dessa belopp skulle, om det tillförs fonden idag, räcka för att fullt finansiera det mest ogynnsamma scenariot och således ge 100 procent sannolikhet att säkra finansieringen för de simulerade utfallen. Men, det som eftersöks är inte 100 olika belopp som räcker i enskilda scenarier utan det belopp som räcker i en *stor andel* av de simulerade scenarierna¹⁰. Den nya frågan ger en något förändrad metod jämfört med det enskilda fallet, vilken kan beskrivas som följer.

Principiell metod för att beräkna kompletteringsbeloppet för flera scenarier

1. Simulera ett stort antal scenarier med varierande antaganden om årliga utbetalningar (kostnader) och fondavkastningar för hela kärnavfallsprogrammets löptid.
2. Välj önskad konfidensgrad mellan 0 och 1, som definieras som andelen scenarier som har positiva fondvärden på slutåret.
3. Spela upp scenarierna och beräkna fondsaldona för varje scenario för varje år fram till kärnavfallsprogrammet slutår. Beräkna andelen scenarier som har positiva fondvärden på slutåret.
4. Spola tillbaka scenarierna och håll allt oförändrat förutom att ett (initialt gissat) belopp läggs till fonden i samtliga scenarier vid nästa avgiftsperiods början.
5. Spela upp scenarierna igen, där fondsaldot vid nästa avgiftsperiod nu är förändrat, vilket förändrar hur fondvärdet utvecklas i efterföljande perioder. Beräkna fondsaldona för varje år fram till kärnavfallsprogrammets slutår och beräkna andelen fondscenarier som har positiva fondvärden på slutåret.
7. Iterera steg 3 till 5 med olika kandidatvärden som läggs till fondsaldot vid början på nästa avgiftsperiod, till dess att det belopp som gör att andelen scenarier som slutar över noll är exakt lika med den på förhand bestämda konfidensgraden.
8. Subtrahera från detta värde det finansieringsbelopp som tidigare och deterministiskt utanför denna modell beräknats för reaktorinnehavaren.

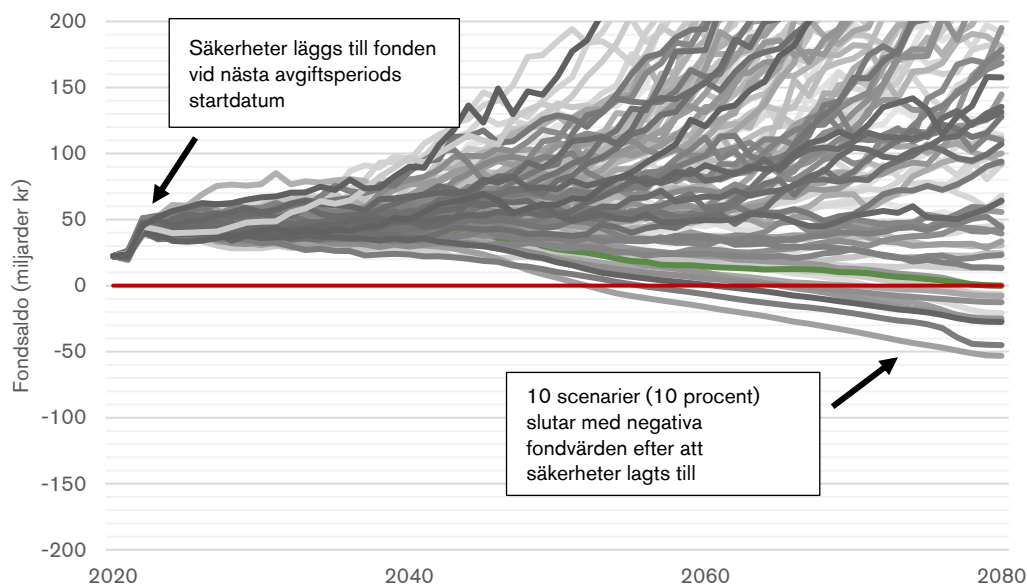
Det som beräknats med ovan metod är det belopp, som om det läggs till reaktorinnehavarens fondandel tillsammans med finansieringsbeloppet, räcker till att finansiera reaktorinnehavarens framtida kostnader med den konfidensgrad som valts. Om till exempel konfidensgrad 0,9 väljs innebär det att 90 procent av scenarierna kommer att ge positiva fondvärden och 10 procent negativa fondvärden. Annorlunda uttryckt är sannolikheten 90 procent att slumpmässigt dra ett scenario med positivt fondvärde på slutåret från ett stort antal scenarier där detta belopp lagts till

⁹ I fåtalet gynnsamma scenarier ovan skulle dessa belopp vara negativa, eftersom det krävs att vi reducerar fondsaldot initialt för att samma scenario ska gå ut på noll, allt annat lika.

¹⁰ Eller, annorlunda uttryckt, ett belopp som med hög sannolikhet räcker i en slumpmässigt dragen simulering.

fonden. Diagram 5 illustrerar grafiskt lösningen givet en konfidensgrad på 90 procent, där exakt 90 stycken av de 100 scenarierna har positiva fondvärden medan 10 stycken har negativa fondvärden.

Diagram 5. Fondsaldo över tid i 100 scenarier efter att säkerheter har påkallats, där kompletteringsbeloppet beräknats med konfidensnivå 90 procent



Not: Illustrativ beräkning för en reaktorinnehavare.

Av diagrammet kan även ett samband skönjas mellan beräkningsmetoden för ett enskilt scenario och för flera scenarier. Med blott 100 scenarier är det relativt stor skillnad i utfall på slutåret mellan två närliggande scenarier, speciellt för mer extrema scenarier. Men, i takt med att mängden scenarier som simuleras ökas kommer utfallsmängden av fondvärden på slutåret att bli alltmer tät och när antal scenarier går mot oändligheten kommer fondvärdena på slutåret att gå mot en kontinuerlig fördelning. Principerna för att beräkna kompletteringsbeloppet för ett enskilt scenario och flera scenarier sammanfaller då – det kompletteringsbelopp som beräknas för att 90 procent av scenarierna ska ha positivt utfall är det samma som det kompletteringsbelopp som beräknas för att "marginalscenariot" på 10:e percentilen av distributionen av fondvärden på slutåret är lika med noll. Detta illustreras i diagram 5 av det grönmarkerade scenariot (som dock inte kommer gå ut exakt på noll eftersom 100 scenarier inte är ett tillräckligt stort antal scenarier).

2.6. Konfidensgrad

Riksgälden har valt att följa skrivningar i förarbetena och kommer således att använda en konfidensgrad om 90 procent vid beräkningarna av kompletteringsbeloppet. Till syvende och sist är konfidensgraden ett uttryck för statens riskpreferens som avgörs av regeringen vid beslut om säkerheter. Det är möjligt att med Riksgäldens modell beräkna kompletteringsbeloppet för valfri konfidensgrad 0 – 100 procent.

2.7. Definition av kompletteringsbeloppet

Givet den beskrivna metoden för att beräkna kompletteringsbeloppet för en reaktorinnehavare kan definitionen av kompletteringsbeloppet i finansieringslagen nu översättas till en beräkningsmässig definition.

Definition av kompletteringsbeloppet i finansieringslagen

"Kompletteringsbeloppet ska bestämmas till det belopp som tillsammans med finansieringsbeloppet och reaktorinnehavarens andel i kärnavfallsfonden gör att reaktorinnehavaren med hög sannolikhet kan fullgöra sina skyldigheter enligt denna lag även om inga ytterligare kärnavfallsavgifter betalas och inga ytterligare säkerheter ställs"



Beräkningsmässig definition av kompletteringsbeloppet

"Kompletteringsbeloppet beräknas som det belopp, som om det tillsammans med finansieringsbeloppet läggs till reaktorinnehavarens andel i kärnavfallsfonden vid starten på nästa avgiftsperiod, leder till att 90 procent av ett stort antal simulerade scenarier har ett positivt fondvärde vid kärnavfallsprogrammets slutår, även om inga ytterligare kärnavfallsavgifter betalas och inga ytterligare säkerheter ställs"

I avsnitt 4 beskrivs hur de scenarier som ligger till grund för beräkningen av kompletteringsbeloppet simuleras fram och hur kompletteringsbeloppet beräknas i mer detalj.

3. Modellutveckling

Utveckling av en ny modell för att bestämma storleken på kompletteringsbeloppen har pågått sedan hösten 2018. Arbetet har inneburit att identifiera krav för att uppfylla aktuella regleringar, upphandling av konsulter för att bistå i analys- och utvecklingsarbetet och tillsammans med konsulterna genomföra utvecklingen och genomföra en preliminär analys. Kärnavfallsfonden identifierade tidigt ett behov av en modell som kan utgöra underlag för beslut om fondens allokeringsstrategi. Med tanke på att bägge myndigheter har behov av en modell där en reaktorinnehavares skulder och tillgångar analyseras samlat, har utgångspunkten varit att samma modell bör utgöra grunden för respektive myndighets arbete. Riksgälden har förvisso ansvarat för utvecklingsarbetet, men myndigheterna har samarbetat och kraven på modellen har anpassats för att tillgodose respektive myndighets behov. I utvecklingsarbetet har Riksgälden övervägt om det är möjligt, eller till vilken grad det är möjligt, att använda en befintlig modell som utgångspunkt för utvecklingsarbetet.

3.1. Grundläggande modellkrav

Tidigt i utvecklingsarbetet identifierade Riksgälden grundläggande tekniska krav för att modellen ska uppfylla Riksgäldens tolkning av regleringen för beräkning av kompletteringsbeloppen. Utöver tekniska krav finns krav avseende öppenhet, säkerhet och användarvänlighet. I ett senare skede preciserades och utökades kraven, baserat på iakttagelser som gjordes i samband med implementeringen av modellen och diskussioner med experter inom stokastisk riskanalys. I nedanstående avsnitt görs en genomgång av de mest fundamentala kraven.

3.1.1. Beräkningsmetod

Som tidigare konstaterats ska kompletteringsbeloppet för en reaktorinnehavare beräknas som det belopp, om det tillförs reaktorinnehavarens andel i kärnavfallsfonden tillsammans med finansieringsbeloppet, gör att fondens saldo med 90 procent sannolikhet ska vara större eller lika med noll när kärnavfallet är omhändertaget. Modellen behöver därför simultant simulera utvecklingen av en reaktorinnehavares tillgångar och skulder. Den metod som är bäst lämpad för detta ändamål är Asset Liability Management (ALM) analys. Metoden innebär att variabler på både skuld- och tillgångssidan simuleras tillsammans, för varje tidssteg. Metoden är väletablerad och används av exempelvis pensions- och försäkringsbolag för att begränsa risken för underfinansiering, uppfylla kapitalkrav enligt regelverk eller för att ta fram strategier för långsiktig allokering av tillgångar.

3.1.2. Tekniska beräkningskrav

Modellen behöver skapa ett stort antal scenarier för de variabler som definierar en reaktorinnehavares framtida balansräkning. Realistiska scenarier måste produceras för den förväntade avkastningen för de tillgångsslag som kärnavfallsfonden har mandat att placera i enligt förordning (2017:1180) om förvaltningen av kärnavfallsfondens medel för fondens kapitalplaceringar (förvaltningsförordningen), dvs. statspapper, obligationer, aktier, fondcertifikat och företagsobligationer. Scenarier måste även kunna skapas för storleken på de förväntade utbetalningarna från fonden, tillika reaktorinnehavarens kostnader för dess andel av

kärnavfallsprogrammet och dess andel av statens kostnader för programmet. Om modellen används som underlag för beslut om allokering av tillgångar, krävs dessutom att scenarier för förväntade avgiftsinbetalningar kan modelleras, vilket i förlängningen innebär att modellera framtida elproduktion från reaktorerna. Ett sådant scenario innebär att reaktorinnehavarna fortsätter betala kärnavfallsavgifter och att det inte finns behov av att kalla på varken finansieringsbelopp eller kompletteringsbelopp.

Simuleringarna måste kunna göras under de placeringsrestriktioner som gäller enligt förvaltningsförordningen. Förvaltningsförordningen anger att det totala innehavet av riskfyllda tillgångar (aktier, fondcertifikat och företagsobligationer) inte får överstiga 40 procent samt att summan av nuvärdet av nettobetalningarna för innevarande år samt kommande 19 måste placeras i statsobligationer eller säkerställda bostadsobligationer. De förväntade utbetalningarna¹¹, som uttrycks i fasta priser, måste enligt 3 § finansieringsförordningen räknas om till löpande priser med förväntad inflation.

Simuleringarna ska även förhålla sig till Kärnavfallsfondens beslutade placeringsstrategi, exempelvis vilken referensportfölj som förvaltarna använder och med vilket intervall rebalansering av portföljen sker. Om modellen används som underlag för beslut om allokering av tillgångar krävs även att modellen ger optimala placeringsstrategier, baserat på riskpreferens. Denna optimering måste kunna ske med hänsyn till olika riksmål och preferenser. Det ska även vara möjligt för användaren att specificera olika sammansättningar av portföljer, för att studera vilken effekt sammansättningen har på exempelvis risk och förväntad avkastning.

Ytterligare ett krav är att scenarier för variabler kan genereras årligen och att årliga scenarion kan länkas samman. Detta är viktigt eftersom det finns årliga variationer i utbetalningarnas storlek över programmets löptid. Under perioder med intensiv byggnation eller avveckling, exempelvis uppförande av slutförvar som sammanfaller med avvecklingen av flera reaktorer, förväntas stora utbetalningar ur kärnavfallsfonden. Under perioder med normal drift av reaktorer och förberedande åtgärder är utbetalningarna av naturliga skäl lägre. Dessutom varierar de årliga utbetalningar mellan de olika reaktorinnehavarna. Exempelvis kommer Forsmarks utbetalningar för avveckling att falla ut tiotals år efter Barsebäcks.

Reaktorinnehavarnas avkastning på deras kapital i kärnavfallsfonden kommer av naturliga skäl också att variera från år till år. Dessa behöver därför modelleras gemensamt för varje år och för varje reaktorinnehavare för att återspegla hur en reaktorinnehavares kapital förändras över tid.

Det är även viktigt att osäkerhetsprofilen för dessa kostnader och avkastningar kan variera med tiden. Det är exempelvis rimligt att anta att det är mer osäkert att göra kostnadsuppskattningar för aktiviteter som sker 50 år fram i tiden, än för aktiviteter som sker 5 år fram i tiden. Risker i kostnaderna kan därför anses öka med tiden.

För att göra nödvändiga simuleringar krävs stor processor-kapacitet. Dessutom kommer det finnas behov av att hantera, lagra och sammanställa en stor mängd data i olika former. Av naturliga skäl är det nödvändigt att beräkningsmodellen ingår som en del i ett komplett IT-system. Det är inte

¹¹ Förväntade utbetalningar består i praktiken av grundkostnaderna; reaktorinnehavarnas kostnader för avveckling av kärnkraftverk och hantering av restprodukterna och merkostnader; kostnader för staten och kommuner i kärnavfallsprogrammet.

realistiskt att en modell med denna omfattning på problemet skulle kunna byggas i exempelvis Excel, som möjligen kan ses som ett alternativ till ett IT-system. Förutom behov av ett IT-system krävs också kompetens inom området för stokastisk risk- och ALM-analys. Kompetensen krävs för att skraddarsy nödvändiga specialfunktioner i beräkningsmodellen.

3.1.3. Transparens och öppenhet

Utomstående ska ha möjlighet att ta del av det material som ligger till grund för beräkning av Riksgäldens förslag till kompletteringsbelopp. Riksgälden ska också, enligt 15 § finansieringsförordningen, ge reaktorinnehavarna, berörda myndigheter, kommuner och organisationer tillfälle att lämna synpunkter på förslagen på kompletteringsbelopp, innan de överlämnas till regeringen. För att uppfylla kraven på transparens och öppenhet krävs att beräkningsfunktioner, antaganden och dataunderlag är grundligt dokumenterade. Väsentliga delar av underlagen ska vid behov kunna offentliggöras. För att skapa bästa förutsättningar vad gäller tillgängligheten i underlagen, konstateras återigen att modellen i grunden måste bestå av ett robust IT-system. Ett IT-system möjliggör säker och smidig åtkomst till data och resultaten, givet att data och resultat går att exportera till exempelvis Excel.

3.1.4. Säkerhet

För Riksgäldens del är huvudsyftet med beräkningsmodellen att vart tredje år ge underlag för förslag till kompletteringsbelopp. Därutöver kan det finnas behov att med viss regelbundenhet, göra andra analyser. Modellen är främst ett analysverktyg och inte ett system som kommer användas för löpande verksamhet. Tyngdpunkten i säkerhetskraven ligger därför inte i tillgängligheten utan snarare i att säkerställa riktigheten i resultaten. Riktighet i resultaten garanteras genom att det går att spåra vilka och vem som gör inställningar i systemet, samt att inte obehöriga får tillgång till systemet. Systemet måste därför ha en fullständig så kallad "audit trail", dvs. det ska vara möjligt att spåra åtgärder som påverkar resultaten och vem som utförde dessa åtgärder. Detta innefattar bland annat inläsning av data, inställning av olika parametrar och andra systemförändringar. Dessutom måste systemet erbjuda lagring och säkerhetskopiering av data.

Riksgälden har även generella krav på IT-säkerhet och hantering av data. För alla moln-baserad lösningar krävs att data sparas på servrar som är belägna inom EU eller EEA. Åtkomst till ett IT-system ska ske genom tvåfaktorautentisering för att garantera att olovlig åtkomst inte sker. IT-systemet ska även kunna integreras, om så krävs, i Riksgäldens interna IT-miljö.

3.1.5. Användarvänlighet

IT-systemet kommer främst att användas av Riksgäldens personal men även personal på Kärnavfallsfonden (Kammarkollegiet) kan utgöra användare. Systemet måste därför ha möjlighet att hantera flera olika användarkonton. Användare måste dessutom ha möjlighet att utnyttja systemet simultant och oberoende av varandra. Samtidigt ska systemet erbjuda användaren kontroll över parametrar som styr olika antaganden för beräkningarna, som exempelvis riskpremier eller tillgångsfördelning. På så sätt säkerställs att resultaten inte nödvändigtvis styrs av de antaganden som leverantörerna av IT-systemet gör. Dessutom blir det möjligt för att Riksgälden och Kärnavfallsfonden att använda olika antaganden för sina beräkningar eftersom de två myndigheterna inte nödvändigtvis är intresserade av att analysera samma scenarier. Det ska vara möjligt att exportera data både numeriskt och grafiskt, för användning i andra sammanhang, exempelvis styrelserapporter. Systemet ska även erbjuda ett pedagogiskt och lätthanterligt användargränssnitt.

3.1.6. Sammanfattning - modellkrav

De grundläggande kraven för att utveckla en modell för beräkning av kompletteringsbeloppen kan sammanfattas med följande:

- Modellen ska kunna skapa ett stort antal årliga scenarier för de variabler som definierar en reaktorinnehavares framtida balansräkningar, i första hand:
 - den förväntade avkastningen för de tillgångsslag som kärnavfallsfonden har mandat att placera i
 - storleken på de förväntade utbetalningarna från fonden
- Beräkning av kompletteringsbeloppen ska göras med ALM-analys, vilket innebär att modellen ska kunna användas för att beräkna sannolikhetsfördelningen av finansieringssystemets nettoförmögenhet när kärnavfallet slutförvarats
- Variabler ska kunna uppvisa olika typer av samvariation.
- Simuleringarna ska återspegla Kärnavfallsfondens placeringsmandat och placeringsstrategi.
- Beräkningsmodellen ska ingå som en del i ett robust IT-system.
- Beräkningsfunktioner, antaganden och dataunderlag ska vara grundligt dokumenterade och utomstående ska ha möjlighet att ta del av det material som ligger till grund för förslagen.
- Beräkningssystemet måste ha fullständig "audit trail"

3.2. Överväganden vid utveckling av modell

Riksgälden har gjort överväganden om, eller till vilken grad, det är möjligt att använda en befintlig modell som utgångspunkt för utvecklingsarbetet. Sammanlagt har fyra olika alternativ identifierats:

- Alternativ 1 – använda SKB:s osäkerhetsanalys i befintligt tillstånd
- Alternativ 2 – anpassa och använda SKB:s osäkerhetsanalys
- Alternativ 3 – använda modell utvecklad i samband med utredning av ny lagstiftning
- Alternativ 4 – inköp och anpassning av existerande ALM-ramverk från extern leverantör

Utvärdering av de olika alternativen görs mot tidigare identifierade modellkrav men även mot bakgrund av samlad erfarenhet från flera års granskningsarbete av SKB:s osäkerhetsanalys samt resultatet av arbetet i samband med utredningen av den nya finansieringslagstiftningen.

3.2.1. Alternativ 1 - använda SKB:s osäkerhetsanalys i befintligt tillstånd

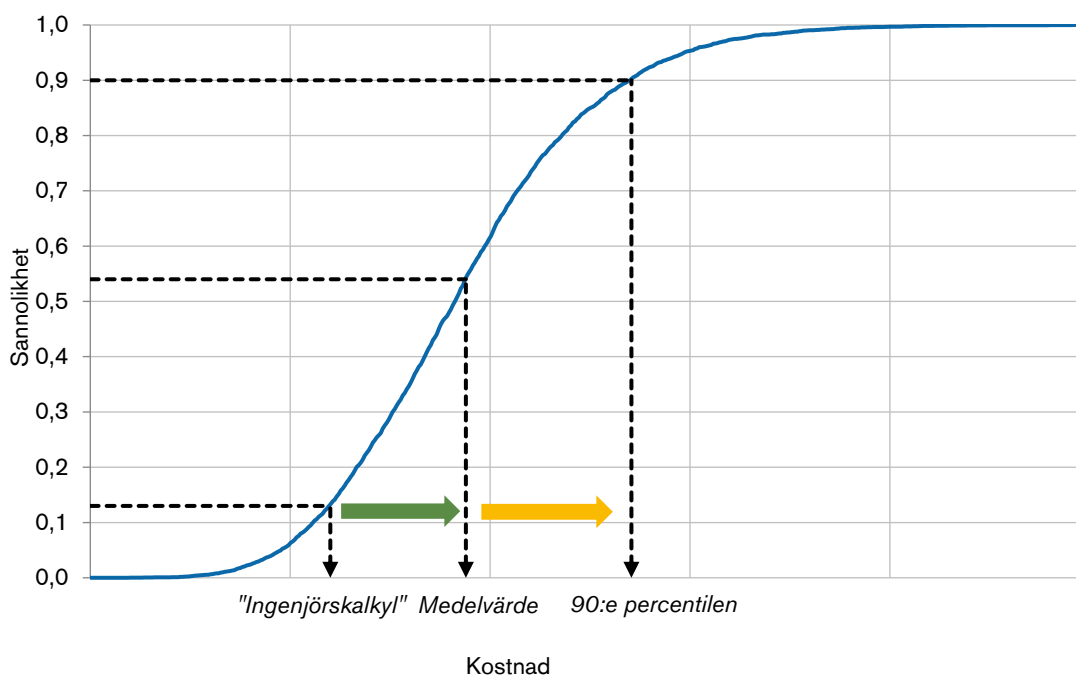
Det första alternativet består av att använda SKB:s osäkerhetsanalys, som är en del av det gemensamma kostnadsunderlag som reaktorinnehavarna genom SKB regelbundet lämnar in i samband med Plan-rapporterna. Resultatet av osäkerhetsanalysen är en fördelning av de totala kostnaderna för kärnavfallsprogrammet. Fördelningen har två huvudsakliga ändamål.

För det första beräknas, för varje reaktorinnehavare, det påslag som görs för att gå från den deterministiska "ingenjörskalkylen" till de förväntade kostnaderna (grundkostnaderna), se grön pil i principiell figur nedan. Påslaget är typiskt runt 20 procent. Grundkostnaderna, eller medelvärdet,

används som underlag för de förväntade kostnaderna av Riksgälden för beräkning av kärnavfallsavgifter och säkerhetsbelopp.

För det andra kan fördelningen ses som en bedömning av risken på skuldsidan i en reaktorinnehavares balansräkning. Innan implementeringen av nya finansieringslagstiftningen utgjorde differensen mellan medelvärdet och den 90:e percentilen i kostnadsfördelningen underlag för beräkning av kompletteringsbeloppet, se gul pil figuren nedan. Med den nya lagstiftningen, och Riksgäldens tolkning av lagstiftningen, är dock definitionen av kompletteringsbeloppet en helt annan.

Figur 3. Osäkerhetsanalysens resultat illustrerad som en principiell kumulativ fördelningsfunktion



Källa: Riksgäldens illustration

Osäkerhetsanalysen består av två delar: en tillämpning av den så kallade *successiva principen* och en stokastisk beräkningsmodell. Den successiva principen (även kallad successivprincipen eller Lichtenbergsmetoden) används för att bedöma framtida kostnader och osäkerheter för ett projekt. Metoden grundar sig på subjektiva bedömningar, som görs tillsammans i en heterogen sammansättning av olika personer. I gruppen identifieras och värderas osäkerheter. Den probabilistiska beräkningsmodellen har till uppgift att beräkna fördelningsfunktioner för alla variationer baserat på gruppens bedömningar och utföra Monte Carlo-simuleringar för att skapa en sannolikhetsfördelning för kostnaderna, vilket utgör den andra delen. Beräkningarna i osäkerhetsanalysen görs i en Excelmodell utvecklad av SKB med tillhörande underlagsfiler. För mer information hänvisas till Riksgäldens beskrivning och granskning osäkerhetsanalysen i samband med myndighetens avgiftsförslag för 2021 [3].

En rimlig utgångspunkt är att SKB:s osäkerhetsanalys i någon utsträckning skulle kunna användas för beräkning av kompletteringsbeloppet även under den nya finansieringslagstiftningen. Analysen och

modellen har utvecklats och nyttjats under lång tid av SKB. Riksgälden har genom tidigare granskningar viss insyn i modellen. Genom SKB:s roll som ansvarig för genomförandet av programmet för hantering och slutförvaring av kärnavfall samt sin roll i att samordna arbetet med att utarbeta kostnadsberäkningar för reaktorinnehavare, finns dessutom en erfarenhet för bedömning av risker och kostnader i programmet. Tillgång till denna erfarenhet kan möjligen anses viktigt i arbetet med att kvantifiera risker i skuld-delen av ALM-analysen. Att använda SKB:s osäkerhetsmodell skulle potentiellt även spara både tid och pengar i utvecklingsfasen av modellen, eftersom behov av att anlita konsulter och inköp av system torde vara lägre.

Vid närmare analys framgår dock att SKB:s osäkerhetsmodell har flera egenskaper som gör att den inte kan användas i en ALM-analys. ALM-analys innebär att både tillgångar och skulder analyseras tillsammans. I SKB:s osäkerhetsmodell skapas en fördelning över de framtida *kostnaderna* för kärnavfallsprogrammet. I modellen görs inga analyser över tillgångarna i kärnavfallsfonden, med andra ord saknas en tillgångssida (A:et som står för "Assets" i ALM-analys). En tillgångssida krävs för att generera scenarier för tillgångsslagen i kärnavfallsfonden. Utan en tillgångssida är det alltså inte möjligt att göra ALM-analys och därmed kan inte heller kraven på kompletteringsbeloppet enligt finansieringslagen uppfyllas.

Ytterligare ett tekniskt problem är att osäkerhetsmodellen inte simulerar tidsfördelade osäkerheter. I modellen summeras effekten av analysgruppens variationsbedömningar på kostnadskalkylen. De summerade hög- och låg-värdena utgör sedan grund för Monte Carlo-simuleringen. Simulering görs alltså på summerade värden. Fördelningen av osäkerhetspåslaget över tid görs i efterhand med en metod som SKB kallar stretchning. Metoden sträcker ut tidsaxeln för programmet med en faktor så att de totala kostnaderna med ett summerat osäkerhetspåslag och ett tidsfördelat osäkerhetspåslag är lika vid en specificerad diskonteringsräntekurva. Tillvägagångssättet med att summera variationer innebär att information om när i tiden risker inträffar kastats bort. Sålides ger det svårigheter att modellera tidsvariationer. Dessutom varierar inte osäkerhetens riskbild över tid. Att variera riskbilden över tiden kan exempelvis vara lämpligt för att modellera att storleken på osäkerheten för ett projekt växer som funktion av hur lång tid projektet tar att genomföra.

En annan brist i osäkerhetsmodellen är att reaktorinnehavarnas kostnader simuleras gemensamt. I SKB:s osäkerhetsmodell, beräknades kompletteringsbeloppets storlek på den totala kostnadsfördelningen och fördelades därefter på ut på respektive reaktorinnehavare i förhållande till deras andel av grundkostnaderna.

Vidare finns det egenskaper hos modellen som gör att den beräknade risken i kostnaderna troligen underskattas. För de första är detaljeringsgraden i analysen alltför hög, vilket gör att analysarbetet blir omfattande och svåröverblickbart, och ger 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 (dvs. risken). För det andra innebär analysgruppens sammansättning, med en stark koppling till kärnkraftsindustrin, en risk för bias i bedömningarna. Bristerna gör att den totala risken i kostnaderna troligen är underskattad, vilket bekräftas av indikativa jämförelser med spridningen i kostnader för andra stora infrastrukturprojekt.

3.2.2. Alternativ 2 – anpassa och använda SKB:s osäkerhetsmodell

Som framgår ovan är det inte tekniskt möjligt att använda SKB:s osäkerhetsmodell i dess nuvarande konfiguration som underlag för beräkning av kompletteringsbeloppet eller som underlag för

allokeringsbeslut. Dessutom har analysen och modellen brister som gör att spridningen i den totala kostnadsfördelningen underskattas. En naturlig följdfråga är då om osäkerhetsanalysen kan vidareutvecklas eller anpassas så att den i någon omfattning kan användas i arbetet med att beräkna nya kompletteringsbelopp?

Svaret på den frågan är både ja och nej. Riksgälden ser ingen möjlighet att vidareutveckla själva modellen så att den får de funktioner som krävs för att ändamålsenligt användas för ALM-analys. Åtgärderna skulle för det första innebära att addera en tillgångssida och en ekonomisk scenario-generator – ett arbete som i sig är extremt komplext och inte lämpat för Excel som verktyg. Beräkningsmodellen som sådan är dessutom knuten till metoden för successiv kalkylering, en metod som innebär att en analysgrupp gör bedömningar för kostnader över hela programmets löptid. Modellen skulle alltså behöva konfigureras om så den kan simulera osäkerheter över tidssteg och inte som nu, på summerade värden. Ingreppen i modellen skulle vara omfattande och i praktiken skulle den resulterande nya modellen inte ha någon meningsfull koppling till SKB:s ursprungsanalys.

Osäkerhetsmodellen uppfyller dessutom inte Riksgäldens krav på säkerhet och transparens för en modell i den här omfattningen. Som konstaterats tidigare ligger tyngdpunkten i säkerhetskraven på att säkerställa riktigheten i resultaten. Riktighet i resultaten garanteras genom att det går att spåra vilka och vem som gör inställningar i systemet, samt att inte obehöriga får tillgång till systemet. Systemet måste därför ha en fullständig så kallad "audit trail", dvs. det ska vara möjligt att spåra åtgärder som påverkar resultaten och vem som utförde dessa åtgärder. Enligt Riksgäldens kännedom saknas en sådan funktion i SKB:s osäkerhetsmodell. SKB:s arbete med att summera hög- och lågvärden innebär dessutom en hög grad av manuell handpåläggning och sammanställning av data i Excelfiler med över 150 flikar. Arbetsmomentet skapar dåliga förutsättningar för en säker och transparent myndighetsutövning.

Trots omfattande brister i SKB:s osäkerhetsmodell så har resultatet av analysen fortfarande en roll i Riksgäldens beräkning av kompletteringsbeloppet. Riksgälden har i dagsläget begränsad tillgång till datakällor som kan användas som underlag för bedömning av risker i kostnaderna för avveckling och slutförvaring av kärnavfall. Samtidigt visar preliminära jämförelser med andra stora infrastrukturprojekt att den beräknade risken i kärnavfallsprogrammet med osäkerhetsanalysen (16 procent standardavvikelse relativt medelvärdet) troligen är för låg. Följaktligen kan det exempelvis vara rimligt för Riksgälden att i beräkning av kompletteringsbeloppet justera spridningen i kostnadsfördelningen för att närmare spegla risken i andra stora infrastrukturprojekt, men behålla formen och medelvärdet i fördelningen. I den bemärkelsen fyller resultaten från modellen tills vidare en viss funktion. I kapitel 4 ges en närmare förklaring av hur resultatet från SKB:s analys kan användas i modelleringen av kompletteringsbeloppen.

3.2.3. Alternativ 3 - använda modell utvecklad i samband med SSM:s regeringsuppdrag att se över finansieringslagstiftningen

Det tredje alternativet innebär att använda modellen som utvecklades i samband med regeringsuppdraget i översynen av den nya lagstiftningen. Under 2011 gav regeringen SSM i uppdrag att, i samråd med Kärnavfallsfonden och Riksgälden, se över finansieringslagen och finansieringsförordningen. Syftet var att förtydliga principerna för beräkning av kärnavfallsavgifter och förvaltning av medlen i kärnavfallsfonden samt att se över bestämmelserna om säkerheternas användning. I SSM:s redovisning till regeringen 2013 [4] ingick en konsekvensanalys. I konsekvensanalysen gjordes en preliminär beräkning av nivåer på breddade kompletteringsbelopp för reaktorinnehavare som skulle täcka in risker på såväl tillgångs- som skuldsidan.

Beräkningarna grundades på en förenklad analys med en ALM-modell vilken på uppdrag av SSM utvecklats av Nordea Markets, på enheten för Institutional Solutions. Liknande modeller används av Nordea för att analysera institutionella kunders finansiella risker och placeringsbehov. Modellen simulerade scenarier över kärnavfallsfondens framtida utveckling. Simuleringarna tog hänsyn till marknadsrisker (ränterisker, valutarisker, aktiekursrisk, och kreditrisk), risker i den framtida elproduktionen och priser på insatsfaktorer i programmet. Kompletteringsbeloppet bestämdes sedan som det belopp som krävdes för att den beräknade sannolikheten för underfinansiering skulle uppgå till högst 5 procent, vilket kan ansågs motsvara att finansieringssystemets tillgångar tillsammans med kompletteringsbeloppet skulle räcka för att finansiera reaktorinnehavarnas skyldigheter i 95 procent av scenarierna.

Kan då Nordeas beräkningsmodell eller resultaten i någon omfattning användas som underlag för Riksgäldens beräkning av kompletteringsbeloppen? Nordeas beräkningsmodell bygger i grunden på ALM-analys, vilket är den metod som Riksgälden valt för beräkningen. Om samarbetet återupptogs skulle Nordea med sannolikt kunna bidra med värdefull kompetens och expertis inom området för ALM-modellering. Riksgälden skulle potentiellt även spara tid och pengar i utvecklingsfasen.

Det finns dock flera anledningar till varför Nordeas ALM-modell inte kan användas som underlag för Riksgäldens beräkningar. För det första har Nordea så kallad "proprietary rights" (äganderätt) till modellen och Riksgälden har varken tillgång till modellen eller rätt att använda den utan att genom upphandling knyta till sig Nordea som konsult.

Syftet med Nordeas beräkningsmodell var aldrig att ge underlag för myndighetens förslag till nya kompletteringsbelopp, utan snarare att ge preliminära och indikativa nivåer givet de förutsättningar som gällde vid tidpunkten för beräkningen. Modellen var därför förenklad, och utelämnade bland annat vissa riskfaktorer. Exempelvis så togs ingen hänsyn till så kallade "volymrisker"¹², dvs. risker som kommer av att det behövs större volymer av insatsfaktorer. De förändringar och tillägg som skulle behöva göras för att anpassa modellen till Riksgäldens behov skulle vara omfattande, och i princip betyda att Nordea inte har nämnvärt större förspåring än någon annan aktör på marknaden.

3.2.4. Alternativ 4 - inköp och anpassning av existerande ALM-ramverk

Det sista, och egentligen enda kvarvarande alternativet, innebär att köpa in ett existerande ALM-ramverk och anpassa det till Riksgäldens och Kärnavfallsfondens behov.

ALM-analys används inom många branscher. Pensions- och försäkringsbolag använder exempelvis ALM-analys för att begränsa risken för underfinansiering, uppfylla kapitalkrav enligt regelverk eller för att ta fram strategier för långsiktig allokering av tillgångar. Likt finansieringssystemet för kärnavfall har pensions- och försäkringsbolag mer eller mindre osäkra framtida åtaganden med lång löptid, som behöver finansieras med avsättningar på de finansiella marknaderna. Följaktligen finns det flertalet etablerade konsultbolag (exempelvis Willis Towers Watson, Ortec och MSCI) och banker (exempelvis SEB eller Nordea) som erbjuder mer eller mindre skräddarsydda ALM-system tillsammans med expertis inom området. Det finns därför goda möjligheter att inhandla ett ALM-system och tillhörande tjänster inom riskanalys.

Genom att inhandla ett en ALM-modell har Riksgälden möjlighet att få tillgång till ett komplett IT-system som genom ALM-analys uppfyller alla krav på teknik, transparens och säkerhet. Dessutom får

¹² Volymrisk kommer användas och definieras även senare i denna rapport.

Riksgälden tillgång till expertkompetens inom stokastisk riskmodellering. Kompetensen är värdefull vid analys av resultat och stöd i anpassning av det befintliga ALM-ramverket till de specifika behov som beräkning av kompletteringsbeloppet kräver.

I oktober 2018 beslutade därför Riksgälden att genomföra en förhandlad upphandling med föregående annonsering gällande tjänst för beräkning av kompletteringsbeloppet genom ALM-modellering [5]. Ansökan om inbjudan att få lämna anbud annonserades under november samma år. I januari 2019 inbjöd Riksgälden utvalda kandidater att lämna anbud på tjänsten. Efter förhandling och utvärdering av kandidater valdes slutligen Ortec Finance (Ortec) som leverantör av system och tjänster. Ortec är ett Nederländskt konsultbolag som arbetar med investerings- och riskanalys samt tillhandahåller olika typer av IT-system (däribland för ALM-analys). Ortec har ca 500 kunder, finns representerade i över 20 länder och har ca 275 anställda. Ortec har tidigare erfarenhet av att arbeta med Svenska kunder, bland annat leverans av performance- och ALM-system till AP-fonderna. Under perioden juni 2019 till mars 2021 har utveckling och implementering av ALM-modellen pågått. Utvecklingen har gjorts tillsammans med Kärnavfallsfonden enligt en överenskommelse om samarbete [6]. Närmare beskrivning av systemet och dess olika delar följer i kapitel 4. Det bör uppmärksammas att arbetet med att utveckla ett ALM-system är komplext, tidskrävande och till viss utsträckning en iterativ process. Förväntansbilden är därför att modellens funktioner och parametersättning kommer att vidareutvecklas.

3.2.5. Sammanfattning – överbäganden vid utveckling av modell

Följande sammanfattar Riksgäldens utvärdering vid utveckling av en modell för beräkning av kompletteringsbeloppen:

- Riksgälden identifierade fyra alternativ som utgångspunkt för utveckling av ny modell för beräkning av kompletteringsbeloppen. Dessa har utvärderats mot tidigare identifierade modellkrav och om de är genomförbara i praktiken.
 - Alternativ 1 – använda SKB:s osäkerhetsanalys i befintligt tillstånd
 - Alternativ 2 – anpassa och använda SKB:s osäkerhetsanalys
 - Alternativ 3 – använda modell utvecklad i samband med utredning av ny lagstiftning
 - Alternativ 4 – inköp och anpassning av existerande ALM-ramverk från extern leverantör
- Alternativ 1 är inte möjligt eftersom SKB:s osäkerhetsmodell har flera tekniska egenskaper som göra att den inte kan användas tillsammans med ALM-analys. Framför allt saknar modellen en tillgångssida och osäkerhetspåslaget fördelas schablonmässigt på grundkostnaderna efter simuleringarna.
- Alternativ 2 är inte möjligt eftersom arbetet inte lämpar sig för Excel som verktyg. Ingreppen i modellen skulle vara omfattande och i praktiken skulle den resulterande nya modellen inte ha någon meningsfull koppling till SKB:s ursprungsanalys.
- Alternativ 3 är inte möjlig eftersom Riksgälden varken har tillgång till modellen eller har rätt att använda den utan att genom upphandling knyta till sig Nordea som konsult. Modellen var vid tidpunkten för redovisning av regeringsuppdraget dessutom än så länge ofullständig och förenklad, och utelämnade bland annat viktiga riskfaktorer.
- Alternativ 4 valdes eftersom det möjliggör för Riksgälden att få tillgång till ett komplett IT-system som genom ALM-analys uppfyller grundläggande tekniska krav, samt krav på transparens och säkerhet. Myndigheten får också tillgång till expertkompetens inom stokastisk riskmodellering. Efter upphandling valdes Ortec i juni 2019 som leverantör av system och tjänster.

4. Modellbeskrivning

Huvudsyftet med modellen är att simulera den framtida nettotillgången i kärnavfallsfonden så att kompletteringsbeloppet kan beräknas för varje reaktorinnehavare. Därtill kan modellen användas av Kärnavfallsfonden som underlag för beslut om allokering av fondens tillgångar. För dessa ändamål krävs att modellen kan simulera ett stort antal scenarier för en rad olika variabler, däribland avkastningar för de instrument som fonden investerar i och kostnaderna i kärnavfallsprogrammet. Simuleringen måste sträcka sig över en lång period framöver, minst fram till 2080-talet. För att åstadkomma detta har Riksgälden tillsammans med de upphandlade konsulterna utgått från ett existerande ALM-ramverk, som sedan har utvecklats för att passa de krav som ställs på beräkningarna enligt regelverket som styr beräkningarna.

4.1. Scenario-generering och programvara

Beräkning av kompletteringsbeloppet sker i ett IT-system som tillhandahålls av Ortec. Systemet heter Global Asset & Liability Simulation System (GLASS) och har många beräkningsfunktioner som används av kunder från olika branscher, bland annat försäkringsbolag, pensionsfonder och fondförvaltare. Gemensamt för dessa och Riksgälden är ett behov av att skapa scenarier för utvecklingen av finansiella och ekonomiska variabler. Scenarierna används tillsammans med ALM-analys som underlag för beslut om exempelvis investeringsstrategier, kapitalkrav, portföljrisker, eller som för Riksgälden, sannolikheten för underskott i en reaktorinnehavares andel av kärnavfallsfonden. I följande avsnitt görs en beskrivning av metod och implementering av scenario-generering, som är systemets mest centrala funktion. I bilaga 1 finns dessutom en övergripande beskrivning av systemets uppbyggnad och exempel på några av systemets funktioner.

4.1.1. Metod för scenario-generering

Kärnan i GLASS är en så kallad Dynamic Scenario Generator (DSG), som har till uppgift att skapa scenarier för vad som kan tänkas hända i framtiden med ekonomiska och finansiella variabler, exempelvis obligationspriser, valutor, eller inflation. Totalt skapas scenarier för över 600 variabler, s.k. "core"-variabler. Underliggande teori och metod för DSG:n bygger på forskning från Erasmusuniversitetet i Rotterdam. Scenario-generering utgår från en probabilistisk beräkningsmetodik, vilket innebär att en stor mängd scenarier skapas baserat på förhand uppsatta villkor och samband. Scenarierna används som underlag för att skapa distributioner och för att göra de beräkningar som efterfrågas i analysen. För att resultatet av scenario-genereringen ska kunna användas för analyser är det av naturliga skäl viktigt att scenarierna är så realistiska som möjligt. Ett realistiskt scenario kännetecknas inte av att det nödvändigtvis *kommer* inträffa, utan snarare att det möjligen *kan* inträffa.

Metoden för att generera scenarier med DSG:n bygger på tre grundpelare. För det första används historiska tidsserier för att skatta "core"-variablernas parametrar. Enligt Ortec innehåller historisk data relevant information om vad som *kan* hända i framtiden. Vidare menar Ortec att historiska

tidsserier uppvisar empiriskt konsistenta grundprinciper (på engelska "stylized facts") som är följande:

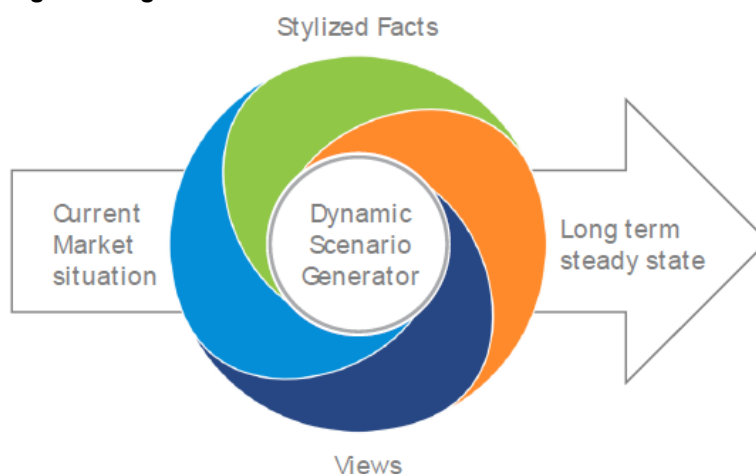
- Risk och avkastning varierar beroende på placeringshorisonten.
- Ekonomisk aktivitet följer cykliska mönster för expansion och kontraktion.
- Volatiliteten för variabler varierar med tiden.
- Sannolikheten för extrema utfall, s.k. svansrisk, är högre än vad som ges av en normalfördelning.
- Flera variabler uppvisar andra icke-normalfördelade egenskaper, såsom skevhet och svansrisk
- Yield-kurvan hos variabler med en löptidsstruktur har vissa grundläggande kvantifierbara egenskaper som är historiskt observerbara, exempelvis hur volatiliteten förändras med tiden.

DSG:n kalibreras så att de genererade scenarierna ska återskapa dessa grundprinciper. Den andra grundpelaren innebär att metoden kontinuerligt testas på data som inte ingår som underlag för kalibrering av parametrar (på engelska "out-of-sample testing"). För det tredje vävs bedömningar och expertkunskap in som en del av parameterskattningen för vissa variabler. Ortec menar att relevant information kan finnas som inte visas i historiska tidsserier. Exempelvis har tidigare expertbedömningar använts för att kalibrera scenarion för den politiska och finansiella osäkerhet som skapades av spekulationer om Storbritanniens utträde ur EU. Ett annat exempel kan vara bedömningar om ett lands centralbanks-policy.

4.1.2. Scenario-generering med DSG

Metoden som beskrivs i föregående avsnitt appliceras i GLASS för att skapa scenarier över finansiella och ekonomiska variabler för den period som efterfrågas. Något förenklat kan processen förklaras genom en samverkan av fyra komponenter, se figuren nedan.

Figur 4. Scenario-generering i DSG



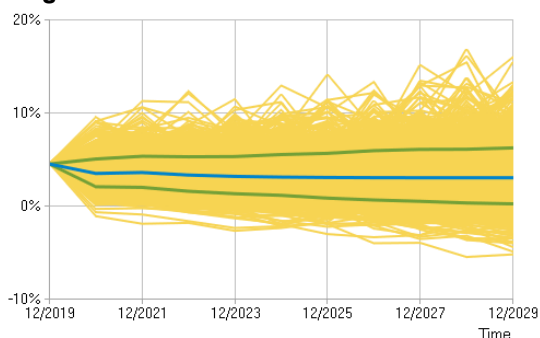
Källa: Ortec.

DSG:n utgår från nuvarande marknadsläge (vänstra delen i figuren), som ger senast kända värdering på finansiella och ekonomiska marknadsvariabler. Komponenten beskriver också marknaderna i en

bredare bemärkelse, exempelvis vilken trend marknader uppvisat senaste perioden. Utifrån rådande marknadsläge simuleras scenarier för variabler som långsiktigt konvergerar mot ett jämviktsläge (den högra delen i figuren). Scenariernas övergång från rådande marknadsläge till ett långsiktigt jämviktsläge drivs dels av grundprinciper som uppvisas i historiska tidsserier (övre delen av figuren), dels av bedömningar och expertkunskap (nedre delen av figuren). De fyra komponenterna i figuren är inte nödvändigtvis oberoende utan samverkar för att generera scenarier. Exempelvis kan nivåer på långsiktiga medelvärden som används i modellen vara en direkt konsekvens av expertbedömningar.

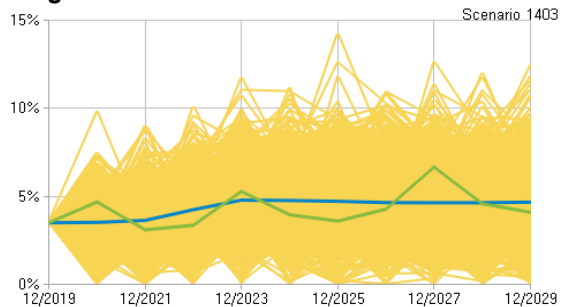
I praktiken skapas scenarier i DSG:n genom att utgå från ett fåtal underliggande faktorer uppdelade på investeringshorisonter. På lång horisont (normalt 25-40 år och av Ortec kallad "trend") används tre variabler bestående av globala räntor, global tillväxt och global inflation. På mellan-lång horisont (av Ortec kallad "business cycle") används nio ekonomiska och finansiella faktorer, exempelvis globala aktier. På kort sikt (av Ortec kallad "monthly") finns ytterligare tio faktorer. De underliggande faktorerna skapas från hundratals historiska tidsserier. Tillsammans interagerar grundvariablerna för att skapa alla scenarier som genereras i DSG:n för den investeringshorisont som efterfrågas. I nedanstående diagram ges exempel för 2000 scenarier som skapats för två olika variabler i DSG:n med december 2019 som värderingstidpunkt¹³.

Diagram 6. KPI Kina



Källa: Ortec GLASS.

Diagram 7. Arbetslöshet USA



Källa: Ortec GLASS.

I det första diagrammet har scenarier genererats för den årliga procentuella förändringen i konsumentprisindex i Kina för tio år fram i tiden. Varje gul linje representerar utfallet för ett av de 2000 scenarier som skapats. Den blå linjen visar medelvärdet av alla scenarier. De två gröna linjerna visar scenario nummer 1800 och scenario nummer 200, vilket representerar den 90:e och 10:e percentilen i fördelningen av årliga utfall. I det andra diagrammet illustreras scenarier för nivån på arbetslösheten i USA för tio år fram i tiden. Den blå linjen visar medelvärdet och den gröna linjen visar ett slumpvis utvalt scenario (i det här fallet nummer 1403).

Vidare kan det finnas behov för kunder att generera scenarier för variabler som inte finns definierade sedan tidigare. Därför finns möjligheten att i GLASS bygga specialanpassade moduler. Modulerna kan simuleras oberoende av andra variabler eller länkas till scenarier som skapas i DSG:n. Som det senare kommer beskrivas har Riksgälden implementerat sådana funktioner, bland annat för att skapa scenarier för kostnader för kärnavfallsprogrammet.

¹³ Dessa är bara exempel och har inte nödvändigtvis relevans för beräkning av kompletteringsbeloppet

För mer information om scenario-generering i GLASS rekommenderas följande rapporter: *Relevance of scenario models* [7] och *Ortec Finance Scenario approach* [8].

4.2. Beräkningsmässig definition av kompletteringsbeloppet

Utifrån principerna som redovisats i avsnitt 2 har funktioner konstruerats i Ortec GLASS för att kunna beräkna kompletteringsbeloppet för respektive reaktorinnehavare. Dessa beskrivs nedan, följt av en beskrivning av algoritmen som används vid beräkningarna.

4.2.1. Beräkning av kompletteringsbeloppet

I avsnitt 2 redogjordes för de principer som används för beräkningen av kompletteringsbelopp på ett övergripande plan, vilket inbegrep en stokastisk optimering där ett värde på komplettering iterativt behöver målsökas fram. En sådan metod innebär att ett stort antal scenarier behöver simuleras för varje kandidatvärde på kompletteringsbeloppet. Givet att ett stort antal, t.ex. 10 000 scenarier, används blir beräkningarna potentiellt mycket tidskrävande även med en effektiv optimeringsalgoritm.

Genom att inse att scenarierna för inbetalningar, utbetalningar och avkastningar för de underliggande portföljerna KAF Bas respektive KAF Lång genereras på samma sätt i varje simuleringsrunda kan emellertid resultaten från den första (och enda) simuleringsrundan återanvändas. Detta reducerar komplexiteten i beräkningarna avsevärt, och tillåter att ett stort antal scenarier används utan att det blir för tidsödande¹⁴. Beräkningsalgoritmen som används i ALM-modellen kan beskrivas som följer.

Beräkningsalgoritm för kompletteringsbeloppet för en reaktorinnehavare

1. Gör övergripande inställningar för simuleringen:
 - a. Antal scenarier, n
 - b. Önskad konfidensgrad, q^*
 - c. Statiska strategiska portfölj-vikter till KAF Bas respektive KAF Lång (w^B, w^L) där $w^B + w^L = 1$.
 - d. Antal år till dess att säkerheterna antas kallas på, m
2. Starta simuleringen som skapar n scenarier med årliga inbetalningar, utbetalningar och fondavkastningar från idag till det förväntade slutåret för kärnavfallsprogrammet. Närmare bestämt beräknas följande resultat för alla år $t = 1, \dots, T$ och alla scenarier $i = 1, \dots, n$.
 - a. Inbetalningar för reaktorinnehavaren till dess att säkerheterna kallas på, p_t^i , sparas i en matris $\mathbf{P}_{(n \times m)}$.
 - b. Årliga utbetalningar för reaktorinnehavaren c_t^i sparas i en matris $\mathbf{C}_{(n \times T)}$
 - c. Avkastningar för KAF Bas $r_{Bas,t}^i$ respektive KAF Lång, $r_{Lång,t}^i$ sparas i två matriser $\mathbf{R}_{Bas (n \times T)}$ respektive $\mathbf{R}_{Lång (n \times T)}$.
 - d. Dynamiska allokeringsvikter (beaktat restriktioner i Kärnavfallsfondens placeringsförordning) för KAF Bas, $w_{Bas,t}^i$ respektive KAF Lång, $w_{Lång,t}^i$ sparas i två matriser $\mathbf{W}_{Bas (n \times T)}$ respektive $\mathbf{W}_{Lång (n \times T)}$.

¹⁴ I nuvarande utformning kan 10 000 scenarier för en reaktorinnehavare simuleras och kompletteringsbeloppet beräknas på under 30 minuter.

3. Årliga fondsaldo för reaktorinnehavaren, y_t^i , kan nu beräknas baserat på ovan genererade resultat för inbetalningar, utbetalningar och avkastningar. Dessa sparas i en matris $Y_{(n \times T)}$ där $Y = f(P, C, R_{Bas}, W_{Bas}, R_{Lång}, W_{Lång})$. Vidare beräknas den erhållna konfidensgraden, q_0 , som andelen scenarier med positivt fondsaldo vid slutåret T .
4. Lägg till ett (initialt gissat) kandidatvärde för de totala säkerheter, k_m^1 , till reaktorinnehavarens fondandel år m i alla n scenarier. Detta medför nya dynamiska allokeringsvikter, $\bar{W}_{Bas(n \times T)}$ och $\bar{W}_{Lång(n \times T)}$, eftersom dessa är en funktion av bl.a. fondvärdet. Inbetalningar, utbetalningar och procentuella avkastningar är oförändrade. Tillägget av k_m^1 samt de nya dynamiska vikterna för KAF Bas och KAF Lång innebär nya scenarier för fondsaldot $\tilde{Y}_{(n \times T)} = f(P, C, R_{Bas}, \bar{W}_{Bas}, R_{Lång}, \bar{W}_{Lång}, k_m^1)$. Beräkna återigen den erhållna konfidensgraden, q_1 , givet kandidatvärdet för säkerheter på.
5. Upprepa steg 4 med olika kandidatvärden k_m^j för $j = 1, 2, \dots, l$ till dess att andelen scenarier, q_j , med positiva fondvärden är lika med q^* och definiera denna lösning som k^* .
6. Subtrahera det tidigare (utanför modellen) beräknade finansieringsbeloppet från k^* för att erhålla kompletteringsbeloppet. Klart.

4.2.2. Funktioner för beräkning av kompletteringsbeloppet

GLASS innehåller två funktioner för att beräkna kompletteringsbelopp. Den första och mest relevanta, *RiskMarginAmountNeeded*, beräknar kompletteringsbeloppet som behövs för att nå en förutbestämd konfidensgrad.

Figur 5. Funktion för att beräkna kompletteringsbelopp för en given konfidensgrad

● Edit Expression ×

Expression

RiskMarginAmountNeeded(0.01, 0, 1, <, 0, 0.38, 0.62, Dynamic, Total Assets e.o.p., Inv Ret Risk - LONG TERM, Inv Ret Low Risk - Base portfolio, Liabilities Value 20y e.o.p., Payments current ALM PH all objects, Fee Income used for RM Score, PV Exp Fut Fees e.o.p., Inv Ret Cash short, TimeFrame, Annual)

Edit

Constant

Variable

Function

RiskMarginAmountNeeded(0.01, 0, 1, <, 0, 0.38, 0.62, Dynamic, Total Assets e.o.p., Inv Ret Risk - LONG TERM, Inv Ret Low Risk - Base portfolio, Liabilities Value 20y e.o.p., Payments current ALM PH all objects, Fee Income used for RM Score, PV Exp Fut Fees e.o.p., Inv Ret Cash short, TimeFrame, Annual)

Manual

Info

RiskMarginAmountNeeded Solves the needed Risk Margin Amount such that the probability of scenario's below the 'Level Value' at time T is equal to Y-% ?

Argument:

Description:

Format:

Källa: Ortec GLASS.

Funktionen har ett antal argument som behöver anges av användaren där de viktigaste är:

- **Y-%:** Ett minus konfidensgraden, det vill säga sannolikheten för att få scenarier under noll på slutåret. För 90 procent konfidensgrad, som används i beräkningen av kompletteringsbelopp, är värdet på detta argument 0,1.
- **Credit Risk Amount:** Finansieringsbeloppet för reaktorinnehavaren som beräknas utanför modellen. Detta eftersom GLASS först beräknar det totala belopp som krävs för önskad konfidensgrad, och kompletteringsbeloppet därefter beräknas som detta belopp subtraherat finansieringsbeloppet.
- **Deferred years:** Antalet år mellan beräkningstillfället innan säkerheterna läggs till fondvärdet. Vid beräkningarna antas att säkerheterna läggs till vid starten av nästa avgiftsperiod, det vill säga Deferred years = ett givet att beräkningen görs året innan¹⁵.
- **Static Targets Weights:** Den strategiska fondallokering som antas gälla mellan KAF Bas och KAF Lång-portföljerna (om inte restriktioner från maxallokering och/eller 20-årsregeln slår in). Dessa anges som två separata argument som summerar till 1¹⁶.

¹⁵ Kan i teorin läggas till valfritt år, men rimliga värden är begränsade till 1-3 år (eftersom en ny beräkning av säkerheter äger rum efter 3 år). Avgiftsperiodens start väljs då det är det mest ogynnsamma tillfället att säkerheterna påkallas (eftersom inga kärnavfallsavgifter då betalas in).

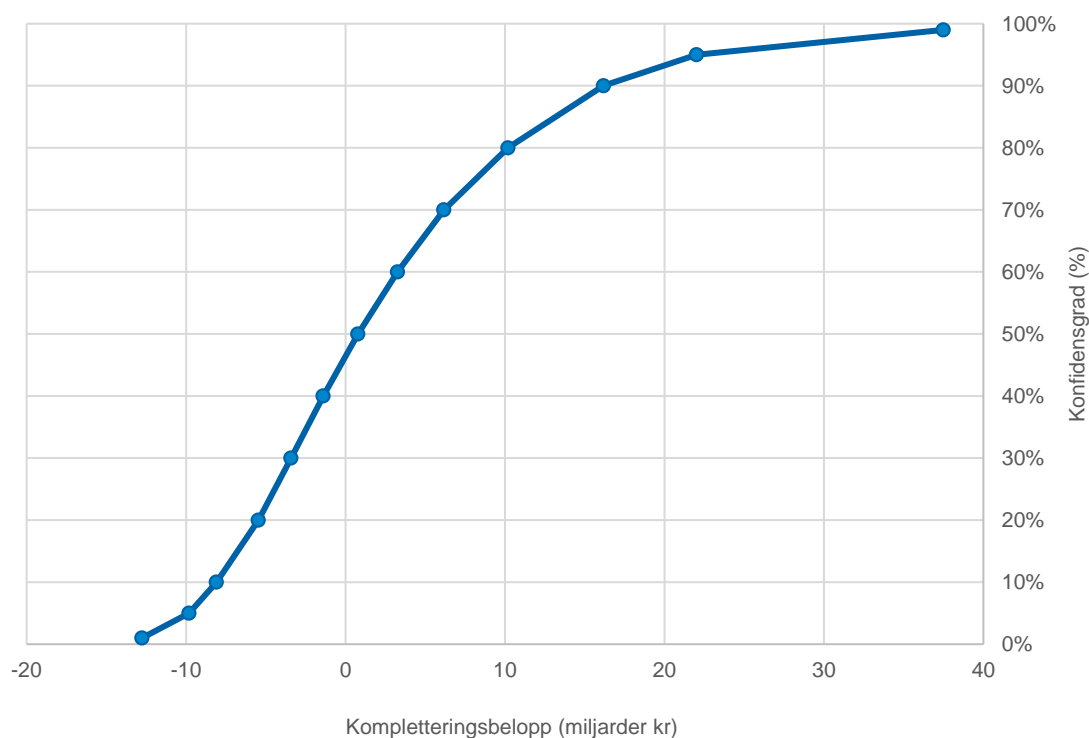
¹⁶ I skrivande stund är den av KAF beslutade statiska strategiska tillgångsallokeringen 62 procent KAF Bas och 38 procent KAF Lång.

- **Investment Strategy Method:** Reglerar om portföljen har statiska vikter (enligt ovan vikter) eller en dynamisk allokering som beaktar 20-årsregeln. Vid beräkning av kompletteringsbeloppet används en dynamisk investeringsstrategi för att beakta de restriktioner som Kärnavfallsfonden har enligt förvaltningsförordningen.

Resterande argument till funktionen används för att koppla ihop rätt kassaflöden och andra delberäkningar från GLASS som behövs i beräkningarna, och är således inte intressanta från ett användarperspektiv.

Genom att använda funktionen *RiskMarginAmountNeeded* upprepade gånger med varierande konfidensgrad kan en kumulativ fördelningsfunktion för kompletteringsbeloppet erhållas, vilket illustreras i diagram 8 nedan där kompletteringsbeloppet räknats ut för ett antal konfidensnivåer.

Diagram 8. Illustration av kompletteringsbelopp för varierande konfidensgrader



Not: Ovan är ett illustrativt beräkningsexempel.

Den andra funktionen, *RiskMarginPercentageOfDefault*, är inversen av den ovan beskrivna. Istället för att beräkna kompletteringsbeloppet för en given konfidensgrad, så beräknar den konfidensgraden givet ett kompletteringsbelopp. För huvudsyftet att beräkna kompletteringsbelopp med 90 procent konfidensgrad används således inte denna funktion, medan den är användbar för att besvara hur stor konfidensgrad ett godtyckligt valt kompletteringsbelopp skulle ge.

4.3. Modellering av framtida kostnader

Skuldsidan i finansieringssystemet består av framtida kostnader för de åtgärder som en reaktorinnehavare behöver vidta för avveckling och rivning av kärntekniska anläggningar samt hantering och slutförvaring av kärntekniska restprodukter. Dessutom tillkommer statens och kommuners kostnader gällande vissa kostnader för bl.a. tillsyn och forskning- och utvecklingsverksamhet.

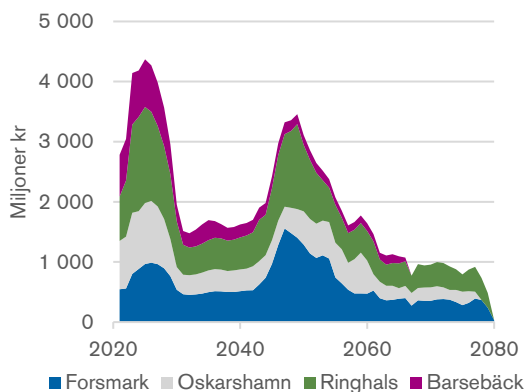
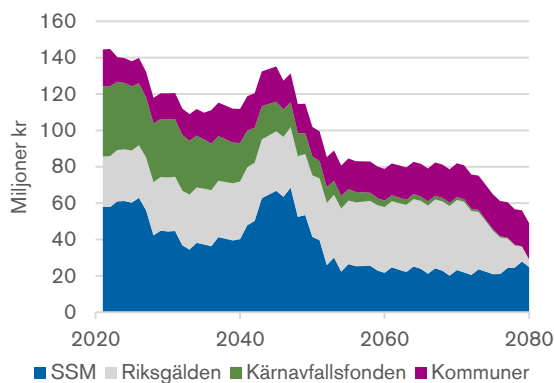
En viktig källa till osäkerhet i finansieringssystemet som behöver beaktas i beräkningen av kompletteringsbeloppet är risken att kostnaderna för att genomföra kärnavfallsprogrammet blir högre än de som tagits upp i kostnadsberäkningarna. I följande stycken beskrivs vilka kostnader som ligger till grund för beräkningarna och hur de påverkas av riskfaktorer för att beräkna stokastiska scenarier för utbetalningar från fonden.

4.3.1. Framtida kostnader (utbetalningar)

Enligt 14 § finansieringsförordningen ska Riksgäldens förslag på avgifter och säkerheter utgå från den kostnadsberäkning som lämnats in av reaktorinnehavarna (grundkostnader) samt kostnader som staten och kommuner har för tillsyn, övervakning och information till allmänheten (merkostnader). I 5 § finansieringslagen definieras grund- och merkostnader som de årliga förväntade kostnaderna för de åtgärder och verksamheter som ska finansieras enligt samma lag. I 9 § finansieringsförordningen specificeras närmare att de redovisade grundkostnaderna ska avse "det sannolikhetsvägda medelvärdet av samtliga kostnader i den utfallsmängd som antagits för beräkningen".

Som beskrivs närmare i Riksgäldens förslag på avgifter och säkerheter [3] beräknar SKB de förväntade totala kostnaderna för kärnavfallsprogrammet som medelvärdet av en stokastisk osäkerhetsanalys genomförd med en egenutvecklad simuleringsmodell¹⁷. Därefter fördelar SKB de totala grundkostnaderna som erhålls från osäkerhetsanalysen dels mellan tillståndshavarna och dels över tid. Grundkostnader från industrins senast tillgängliga kostnadsberäkning, Plan 2019, redovisas i diagram 9. Den senaste bedömningen av merkostnader som tagits fram av Riksgälden [9] baserat på indata från berörda myndigheter och kommuner redovisas i diagram 10.

¹⁷ Ej att förväxla med de simuleringar som görs i Riksgäldens ALM-modell som beskrivs i denna rapport.

Diagram 9. Grundkostnader i Plan 2019 (prisnivå 2019)**Diagram 10. Merkostnader i föregående avgiftsberäkning (prisnivå 2019)**

Källa: SKB och Riksgälden

Enligt det underlag som SKB redovisat i Plan 2019 förväntas kärnavfallsprogrammet, med de restriktioner som följer av finansieringslagen och finansieringsförordningen¹⁸, ha kostnadsutfall fram till år 2080. Utifrån SKB:s fördelning av kostnader mellan reaktorinnehavarna framgår att tidpunkten för när respektive reaktorinnehavare har uppfyllt sina åtaganden förväntas vara olika. Till exempel förväntas Barsebäck ha kostnader fram till 2066 medan Forsmark ha kostnader fram till 2080.

De beräknade grund- och merkostnaderna utgör indata till ALM-modellen som årliga kassaflöden¹⁹ som i modellen påverkas av olika riskfaktorer som beskrivs i följande avsnitt. Innan kassaflödena påverkats av dessa risker är kassaflödena att betrakta som deterministiska i ALM-modellen, vilket innebär att om alla riskfaktorer i modellen stängs av så erhålls som output från modellen samma förväntade årliga kassaflöden som redovisats av SKB.

Med tidigare gällande lagstiftning var skuldsidan, det vill säga de förväntade framtida kostnaderna för en reaktorinnehavare, den enda delen av balansräkningen i finansieringssystemet som modellerades stokastiskt vid beräkning av kompletteringsbeloppen (vilka då beräknades av reaktorinnehavarna och inte myndigheten). Det finns ett antal viktiga skillnader mellan den metod som SKB använder för att modellera risker i kostnaderna och en metod som har förutsättningar att fungera i en ALM-analys.

Varje kostnadspost i en kostnadsberäkning kan i teorin uttryckas som produkten av en kvantitet (q_i) av en insatsfaktor och styckpriset (p_i) för samma insatsfaktor. Kostnadsberäkningen som helhet blir då produktsumman av alla insatsfaktorer, $Q = q_1, q_2, \dots, q_m$, som ska utföras inom ramen för kärnavfallsprogrammet och dess priser, $P = p_1, p_2, \dots, p_m$. En sådan uppdelning innebär att

¹⁸ Kostnadsberäkningen bygger på en drifttid om 50 år enligt finansieringsförordningen, till skillnad från reaktorinnehavarnas referensscenario som bygger på en drifttid om 60 år.

¹⁹ Att kostnader jämförs med kassaflöden betyder att SKB:s kostnader förväntas betalas ut från kärnavfallsfonden under det år som de redovisats i kostnadsberäkningen.

kostnaderna kan brytas ned till varje enskilt moment (t.ex. arbetstimmar för en byggarbetare) och att förändringar i kostnaden kan bero på antingen att kvantiteten av insatsfaktorer förändrats (t.ex. en timme extra arbete) eller att priserna för insatsfaktorn förändrats (t.ex. en förändring av byggarbetarens timlön).

I praktiken tas inte kostnadsberäkningar i kärnavfallsprogrammet fram med denna detaljeringsgrad, vilket hade varit svårgörigt givet hur omfattande programmet är, utan istället genom en aggregering av ett stort antal underlagskalkyler som är framställda på olika sätt och av olika parter²⁰. I vissa fall bygger kostnadsuppskattningen i dessa underlagskalkyler på "å-priser", det vill säga hur många kronor det skulle kosta att genomföra ett delmoment utan en exakt redovisning vilken uppdelning av priser och kvantiteter som ligger till grund för beräkningen. I andra fall är antagandena mer detaljerade och explicita där det framgår vilka priser och kvantiteter som ligger till grund för beräkningen. För den slutliga kostnadsberäkning som SKB redovisar i Plan-rapporten är det dock inte möjligt att separera varje kostnadspost i termer av styckvisa kvantiteter och priser på specifika insatsfaktorer. Istället delar SKB in kärnavfallsprogrammets kostnader i olika delprojekt och kategorier (t.ex. "Slutförvarsanläggning för använt kärnbränsle – Investeringar"), vilket leder till en aggregerad redovisning med ett femtiotal poster. För denna kostnadsredovisning uppskattas för respektive kostnadspost hur stor andel som kan knytas till ett antal aggregerade insatsfaktorer, så kallade externa ekonomiska faktorer (EEF), för vilka priser kan observeras²¹. En förändring av en kostnadspost kan därför antingen sägas bero på en förändring av omfattningen av insatsfaktorer som krävs för att utföra momentet (vilken antas vara endogen och i viss mån kan påverkas av utföraren) eller på en förändring av priset på insatsfaktorn (vilken antas vara exogen, d.v.s. utföraren kan inte påverka priset).

Givet att SKB har en lång tradition av att använda denna redovisningsstruktur i sina kostnadsberäkningar har Riksgälden sett det som ändamålsenligt att applicera en liknande uppdelning för modelleringen av risker på skuldsidan i ALM-modellen. Därför används två kategorier av riskfaktorer:

- *Volymrisk* definieras som programspecifika risker i de framtida kostnaderna som gör att kostnaderna för kärnavfallsprogrammet blir högre eller lägre än de förväntade kostnaderna i kostnadsberäkningen. Denna osäkerhet beror således inte av marknadspriset på insatsfaktorer i kärnavfallsprogrammet, utan istället t.ex. på att omfattningen av någon insatsfaktor ökar eller minskar. Dessa antas vara endogena och i viss mån kan påverkas av utföraren²².
- *Prisrisk* definieras som risker i de framtida kostnaderna som beror på att framtida priser på insatsfaktorer är osäkert. Prisrisker kan vidare delas in i osäkerheter i den allmänna prisutvecklingen (mätt som KPI) och i osäkerheter i relativpriser (mätt som EEF). Både KPI och relativpriser antas vara exogena i förhållande till kärnavfallsprogrammet, d.v.s. reaktorinnehavarna eller SKB antas inte kunna påverka utvecklingen av dessa priser.

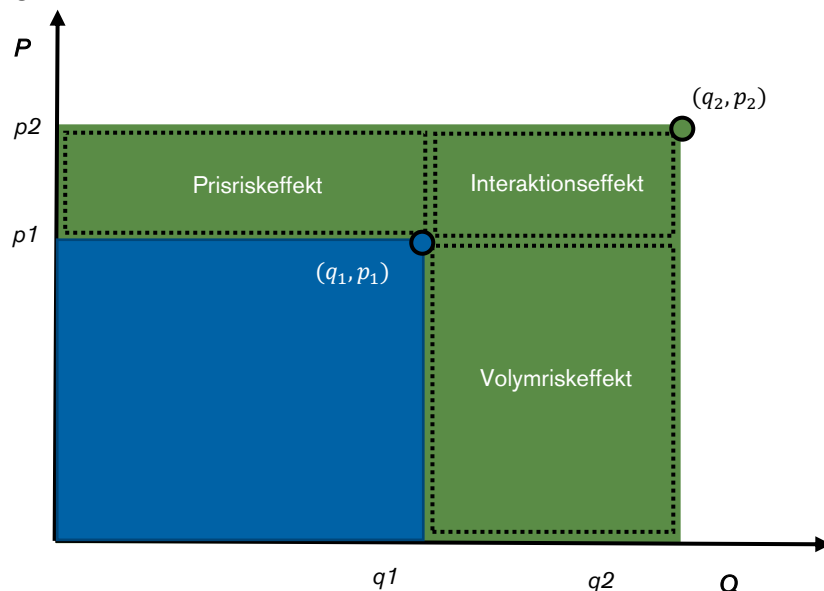
²⁰ T.ex. tas vissa underlagskalkyler fram av byggkonsulter medan andra görs "in-house" av SKB.

²¹ Totalt åtta externa ekonomiska faktorer används i Plan 2019, se bilaga 1 i Riksgäldens föregående avgiftsförslag [12] för närmare beskrivning.

²² T.ex. kan det finnas olika metoder för att lösa en given uppgift, som att avveckla en reaktor.

I ALM-modellen kan en given kostnad påverkas av flera olika risker genom att kostnaden knyts till en eller flera riskfaktorer av både typen volymrisk och prisrisk²³. Detta illustreras principiellt i figur 6 för en kostnad som antas påverkas av enbart en prisriskfaktor och en volymriskfaktor.

Figur 6. Illustration av interaktionen mellan riskfaktorer i modellen



I detta förenklade exempel har både behovet av insatsfaktorn och priset på en insatsfaktor ökat, från (q_1, p_1) till (q_2, p_2) , vilket leder till ökade kostnader som representeras av att arean på rektangeln i figuren ökar från blå till grön. Den totala kostnadsökningen kan knytas till tre effekter. För det första har priset ökat vilket även vid oförändrad volym hade ökat kostnaden – en priseffekt. För det andra har volymen ökat vilket även vid oförändrat pris hade ökat kostnaden – en volymeffekt. För det tredje har effekten av ett högre pris och en högre volym gett upphov till en interaktionseffekt, eftersom prisökningen och volymökningen verkar multiplikativt²⁴.

I exemplet illustreras interaktionen mellan en prisriskfaktor och en volymriskfaktor, men ALM-modellen fungerar på samma sätt givet två eller flera riskfaktorer oavsett om det rör sig om volym- eller prisrisker. Generellt kan man tänka sig olika typer av risker inom programmet som inträffar samtidigt, och därför interagerar med varandra där den totala effekten blir större än summan av effekterna från de enskilda riskerna.

4.3.2. Modellering av kärnavfallsprogrammets risker över tid

En förutsättning för att kunna göra en ALM-analys är att finansieringssystemets ställning kan modelleras över tid. För att beräkna kompletteringsbeloppet krävs scenarier för fondvärdesutfall från idag fram till året då kärnavfallsprogrammet är slutfört, vilket i sin tur kräver en modellering av

²³ Hur denna koppling går till beskrivs i senare avsnitt.

²⁴ Om t.ex. priset ökar med 5 procent och volymen med 5 procent så blir den totala kostnadsökningen $(1,05 \times 1,05 - 1) = 10,25$ procent varav 5 procent är en priseffekt, 5 procent en volymeffekt och 0,25 procent en interaktionseffekt.

kärnavfallsfondens utbetalningar (reaktorinnehavarens kostnader) över tid eftersom fondvärdet påverkas av dessa.

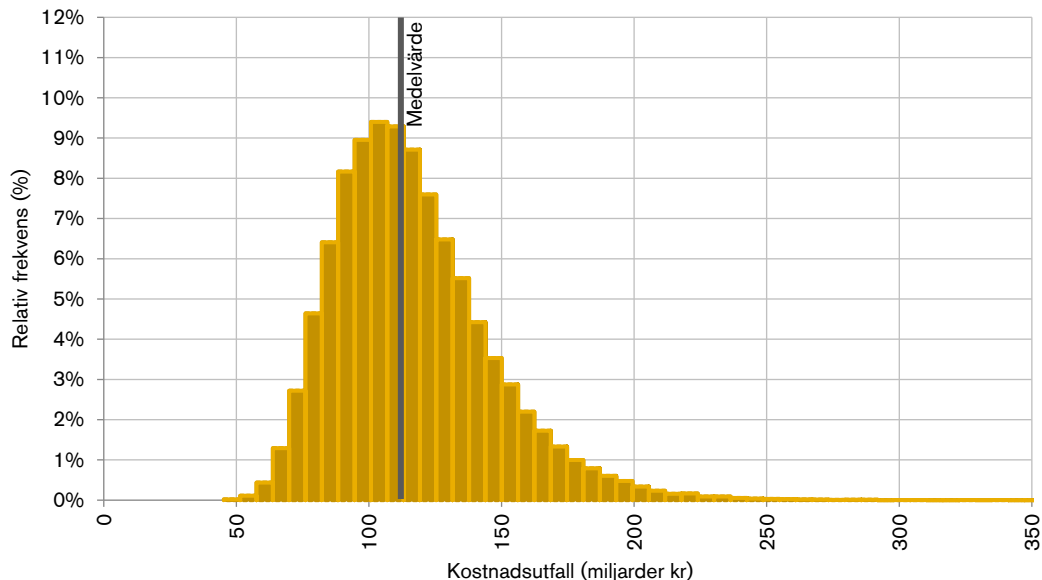
Vad gäller utvecklingen av finansiella variabler, såsom de som används för att modellera prisrisker i kärnavfallsprogrammet, finns historisk tidsseriedata med årlig frekvens vilket möjliggör en relativt okomplicerad datadriven ansats där modellen kan kalibreras mot historisk data för att konstruera scenarier.

För volymrisk, det vill säga programspecifika risker för kärnavfallsprogrammet, finns däremot inte tillgång till historiska tidsserier på samma sätt. De data som finns att tillgå för större projekt är i regel av typen "före/efter-jämförelser" som görs vid ett fåtal tidpunkter, vilket kan exemplifieras med datatillgängligheten för ett typiskt svenskt infrastrukturprojekt²⁵. Innan projektet påbörjas tas en kostnadsberäkning fram, t.ex. som beslutsunderlag för om projektet ska genomföras eller i samband med att projektet söker finansiering. Generellt sett uppdateras kostnadsberäkningen sedan åtminstone en gång innan byggstart för att få (förhoppningsvis) mer precisa estimat som ligger till grund för upphandling och projektering, och för vissa större projekt finns även uppdaterade kostnadsberäkningar som tagits fram under projektets gång att tillgå. Efter att projektet slutförts finns utfallsdata, ofta uttrycka som den totala kostnaden under den tid som projektet varat utan detaljuppgifter om tidpunkterna då kostnaderna föll ut. Givet sådan data kan en jämförelse göras mellan de kostnadsberäkningar som tagits fram (före) och faktiskt kostnadsutfall efter att projektet är slutfört (efter). Varje projekt ger således bara en datapunkt för totala kostnader, prognos kontra utfall. Givet data om flera liknande²⁶ projekt kan dock statistiska mått beräknas för den genomsnittliga kostnadsutvecklingen för projekten och spridning runt denna. Om ett stort antal jämförbara projekt finns att tillgå kan det även finnas förutsättningar att beakta mer detaljerad information genom passa en sannolikhetsfördelning till data (t.ex. för att se om det finns en skevhet i fördelningen eller hur svansarna i fördelningen ser ut).

²⁵ Se t.ex. Jäderholm och Nilsson (2020) [19] för bl.a. en genomgång av datatillgängligheten för ett antal stora svenska infrastrukturprojekt.

²⁶ Där man kan tänka sig flera möjliga jämförelsekriterier för att bedöma om två projekt är lika, t.ex. storlek, bransch, land, teknisk komplexitet och så vidare.

Diagram 11. Illustration av simulerade totala kostnader för ett projekt med samma förväntade totala kostnader som kärnavfallsprogrammet



Not: Illustrationen visar utfallet av 10 000 simuleringar från en lognormal fördelningsfunktion där medelvärdet kalibrerats till de totala förväntade kostnaderna för kärnavfallsprogrammet enligt Plan 2019 (116,3 miljarder kr i prisnivå 2019) medan standardavvikelsen i exemplet är 25 procent relativt medelvärdet.

I diagram 11 illustreras ett hypotetiskt exempel som antar att vi har tillgång till data från ett relativt stort antal tidigare genomförda projekt som anses vara jämförbara med de projekt som genomförs inom kärnavfallsprogrammet. Från dessa data har en sannolikhetsfördelning passats som beskriver möjliga utfall i förhållande till det förväntade resultatet (medelvärdet). Det är förstås osannolikt att sådana projekt har exakt samma förväntade kostnader som kärnavfallsprogrammet, även om de i övrigt anses jämförbara. Därför har fördelningens medelvärde normaliserats till kärnavfallsprogrammets förväntade kostnader, vartefter ett stort antal värden slumpmässigt dragits från denna fördelning för att skapa sannolikhetsfördelningen ovan.

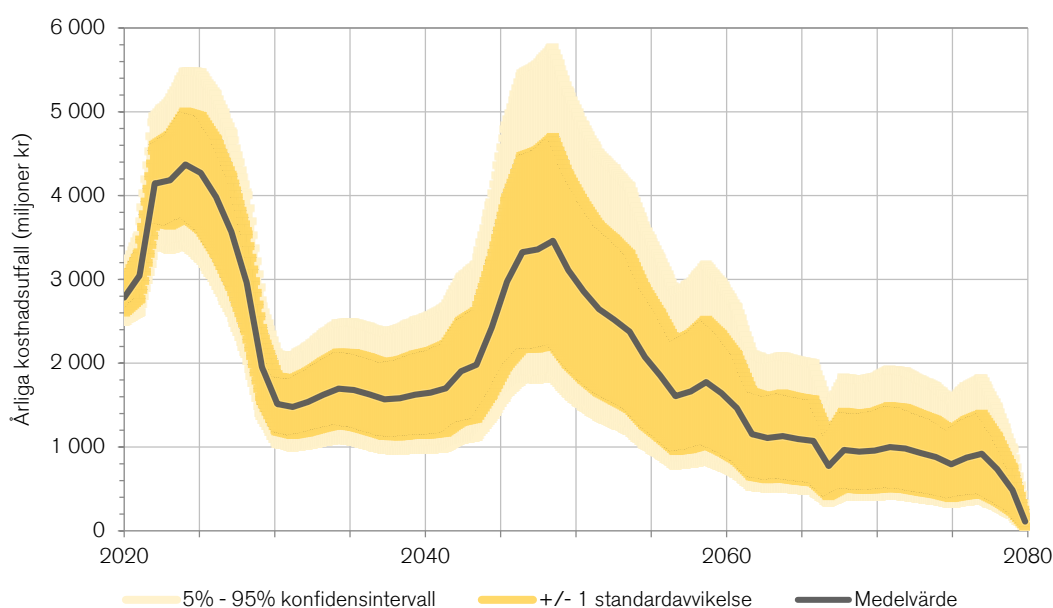
En parallell kan dras till SKB:s osäkerhetsanalys som också resulterar i en sannolikhetsfördelning för de totala kostnaderna för kärnavfallsprogrammet likt den ovan illustrerade. Skillnaden mot exemplet är att SKB:s kostnadsfördelning baseras på en referensgrupps bedömning av riskerna i de framtida kostnaderna, och inte på faktisk utfallsdata från andra projekt. Med andra ord resulterar en datadriven ansats där statistik samlas in för jämförbara projekt i samma typ av output som den som erhålls från SKB:s osäkerhetsanalys, även om metoderna konceptuellt är mycket olika²⁷.

Oaktat om avsikten är att använda data från andra jämförbara projekt eller att använda kostnadsfördelningen från SKB:s osäkerhetsanalys, är problemet från ett modelleringsperspektiv att det inte finns någon information om hur osäkerheterna i kostnaderna är fördelade över tid. Eftersom

²⁷ Se bilaga 2 i Riksgäldens föregående avgiftsförslag [3] för en beskrivning av SKB:s osäkerhetsanalys.

en sannolikhetsfördelning, likt den i diagram 11, uttrycker de totala summerade kostnaderna för hela projektet, och inte hur den utvecklas över tid, kan den inte direkt användas för att generera scenarier över tid. För att kunna ta fram scenarier för kostnadsutvecklingen i ALM-modellen har det därför varit nödvändigt för Riksgälden att utveckla en metod för att transformera en given sannolikhetsfördelning för de totala kostnaderna för en reaktorinnehavare till en stokastisk process²⁸. För att modellen ska kunna kalibreras antingen mot data från andra jämförbara projekt, eller resultaten från SKB:s osäkerhetsanalys, behöver detta dessutom göras på ett sätt som bevarar viktiga egenskaper i den ursprungliga fördelningen²⁹.

Diagram 12. Illustration av simulerade årliga kostnader för ett projekt med samma förväntade årliga kostnader som kärnavfallsprogrammet



Not: Illustrationen visar utfallet av 10 000 simuleringar från kedjelänkande årliga lognormala fördelningsfunktioner där medelvärdet kalibrerats till de årliga totala förväntade kostnaderna för kärnavfallsprogrammet enligt Plan 2019 och den årliga standardavvikelsen kalibrerats för att ge en 25 procent relativ standardavvikelse för de summerade kostnaderna.

I diagram 12 illustreras ett exempel på en stokastisk process för de årliga kostnaderna i kärnavfallsprogrammet. Den har konstruerats på ett sätt som gör att summan av de årliga värdena stämmer nära överens med fördelningen i diagram 11. Annorlunda uttryckt: om utfallen från var och en av ett godtyckligt antal simulerade kostnadsscenarioer från den stokastiska processen i diagram 12 summeras för samtliga år, så kommer den resulterande distributionen för totala kostnader att nära efterlikna distributionen i diagram 11. Om vi kan konstruera en tidsserieprocess som replikerar resultaten från en summerad kostnadsfördelning finns förutsättningar att beakta data från jämförbara projekt, men även resultaten från SKB:s osäkerhetsanalys, som kan användas för att modellera osäkerheter på skuldsidan i ALM-modellen. Detta angreppssätt används som utgångspunkt för

²⁸ En stokastisk process är tidsordnad slumpprocess som intuitivt kan ses som en sannolikhetsfördelning som utvecklas över tid.

²⁹ T.ex. kan ett grundläggande kriterie vara att de totala förväntade kostnaderna och spridningen i fördelningen (t.ex. mätt som standardavvikelse) bevaras när sannolikhetsfördelningen översätts till en stokastisk process.

modelleringen av volymrisk, vilket beskrivs i följande avsnitt. För prisrisker används ett mer direkt angreppssätt för att skapa stokastiska processer som möjliggörs av att vi har tillgång till tidsseriedata för den historiska prisutvecklingen, vilket beskrivs därefter.

4.3.3. Modellering av volymrisk

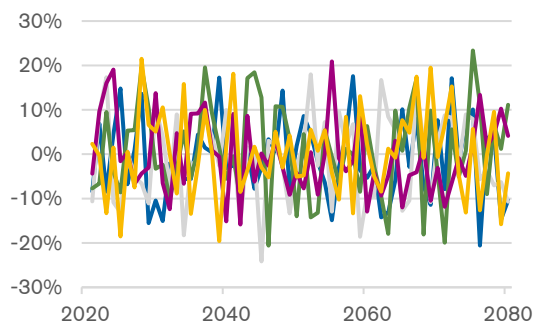
Hur volymriskfaktorer konstrueras i modellen

Startpunkten för modelleringen av volymrisk är således att hitta en fungerande metod för att gå från icke-tidsfördelade sannolikhetsfördelningar (den som kan erhållas från data från jämförbara projekt eller output från SKB:s osäkerhetsanalys) till en stokastiska tidsserieprocess, som är en förutsättning för att kunna göra en ALM-analys. Med andra ord, en metod som på ett konsekvent sätt översätter resultaten från diagram 11 till diagram 12. Riksgäldens metod för att konstruera stokastiska tidsserieprocesser för volymrisk kan sammanfattas i följande steg.

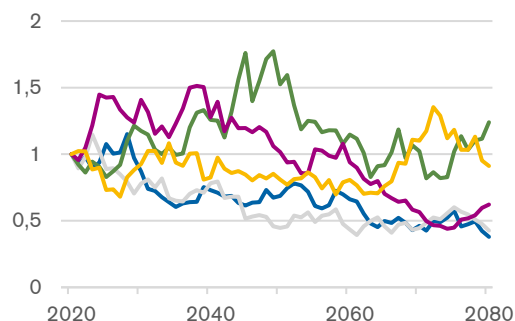
Metod för att konstruera en stokastisk tidsserieprocess för volymriskfaktorer

1. Anta en typ av sannolikhetsfördelning för den årliga volymrisken. Detta kan vara vilken typ av fördelning som helst, men för att exemplifiera anta en normalfördelning.
2. Välj parametervärden för fördelningen. En normalfördelning avgörs entydigt av parametrarna μ och σ , där μ motsvarar det årliga medelvärdet och σ den årliga standardavvikelsen.
3. För varje år t , $0 < t < T$, där T är slutåret för kärnavfallsprogrammet, simulera utfall r_t från den valda sannolikhetsfördelningen, vilket kan tolkas som årliga förändringstakter (eller "avkastningar") från riskfaktorn.
4. Kedjelänka ihop utfallen från de årliga sannolikhetsfördelningarna till ett geometriskt sammanvägt index. Detta index beräknas för år t som $I_t = (1 + r_1)(1 + r_2)(\dots)(1 + r_t)$
5. Upprepa indexberäkningen för alla år t , $0 < t < T$, vilket ger en indexserie I_t för alla år $0 < t < T$ för ett scenario.
6. Upprepa steg 3 till 6 för varje scenario som simuleras, vilket ger n indexserier för hela kärnavfallsprogrammets löptid.
7. Multiplicera indexserierna med de förväntade kassaflödena i ALM-modellen, tillsammans med andra riskfaktorer som också uttrycks som index, för att erhålla stokastiska kassaflöden.

Steg 1 till 6 illustreras grafiskt i diagram 13 och diagram 14 och fungerar principiellt på samma sätt oaktat vilken sannolikhetsfördelning som används för den årliga volymrisken. Steg 7 förklaras närmare i avsnitt 4.3.5 som behandlar kopplingen mellan riskfaktorer och kassaflöden.

Diagram 13. Illustration av volymriskfaktor som årliga förändringstakter

Not: Fem slumpmässiga simuleringar från en normalfördelning med medelvärde 0 procent och standardavvikelse 10 procent.

Diagram 14. Illustration av volymriskfaktor som index

Not: Samma fem simuleringar uttryckta som kedjelänkade index.

En jämförelse mellan volymrisker och ett traditionellt prisindex, t.ex. konsumentprisindex (KPI), ger intuitionen för hur indexeringsmetoden för volymrisk fungerar. KPI i indexnivå är det normaliserade priset för en varukorg av de produkter och tjänster som hushåll i genomsnitt konsumerar. För att uppdatera KPI-index, från t.ex. december 2019 till december 2020, så beräknas den procentuella förändringstakten ΔKPI_{2020} under 2020 för de varor och tjänster som ingår i KPI varpå den "kedjelänkas" till 2020 års indexvärde enligt $KPI_{2020} = KPI_{2019}(1 + \Delta KPI_{2020})$.

För att istället ta fram scenarier över KPI för nästa år behöver en prognosmakare ha en uppfattning om den framtida inflationstakten, ΔKPI_{2021} . Dels behöver prognosmakaren ha en förväntan om vad den årliga inflationstakten kommer vara (medelvärdet) och dels en uppfattning om hur fördelningen ser ut (avvikelser från den förväntade inflationstakten). Givet dessa antaganden kan scenarier tas fram för hur en kostnad uttryckt i 2020 års prisnivå som faller ut 2021 kommer att påverkas av prisförändringar i KPI. Den förväntade utvecklingen ges av att räkna upp kostnaden med den prognosticerade förväntade utvecklingen som ges av medelvärdet av de simulerade utfallen för ΔKPI_{2021} . Om vi istället har prognosticerade kostnader för en längre period, säg 2021-2080, som ska uttryckas i löpande priser behöver istället prognosen för KPI uttryckas som ett index. För varje år kedjelänkas den prognosticerade förändringstakten i KPI på föregående års indexvärde (som för startåret 2021 är lika med 1). Givet denna indexkonstruktion erhålls de prognosticerade kostnaderna i löpande priser som produktsumman av indexvärdena och kostnaderna för samma tidsperiod.

Volymrisk i ALM-modellen fungerar principiellt på samma sätt. Antaganden görs om sannolikhetsfördelningen för den förväntade årliga tillväxten samt spridningen kring denna, och utfall dras från dessa fördelningar för varje år (diagram 13). Genom att successivt kedjelänka de årliga förändringstakterna till föregående års värde erhålls ett index som ger den faktor som används för att öka eller minskar kassaflödet för respektive år (diagram 14). Till exempel, om index för år 2050 i ett givet scenario är 1,17 betyder det att kassaflödena för 2080 i scenariot ökas med 17 procent jämfört med de grundkostnader som getts som input till modellen. Genom att simulera fram många scenarier av indexet erhålls en stokastisk process som beskriver osäkerheten över tid. Skillnaden är att volymriskindex inte justerar för framtida priser, utan för andra typer av händelser som påverkar kärnavfallsprogrammets omfattning och kostnader. Den valda metoden för att konstruera volymriskfaktorer får ett antal egenskaper där de viktigaste sammanfattas nedan.

Tabell 1. Egenskaper hos volymriskfaktorer

Egenskap	Kommentar
Konstant väntevärde och volatilitet i årliga fördelningar av förändringstakten	Varje års volymrisk dras från oberoende sannolikhetsfördelningar som har samma parametervärden över tid. Det innebär att de <i>årliga förändringstakterna</i> har samma fördelning över tid. Detta antagande bedöms som en rimlig förenkling givet att inputdata och bedömningar för riskfaktorer som finns tillgängliga uttrycks i förhållande till totala kostnader summerade över tid och inte som en tidsvarierande årlig faktor. Det finns dock ingenting som hindrar att i framtida versioner av modellen konstruera en process med tidsvarierande parametrar för förändringstakten.
Osäkerheten i index växer över tid	Genom kedjelänkningen av de årliga utfallen till ett index, så kommer volatiliteten i <i>index</i> (vilket är hur riskfaktorn påverkar kostnaderna) att växa över tid, trots att fördelningen för förändringstakten är konstanta ³⁰ . Egenskapen innebär ett implicit antagande om att osäkerheten i kostnadsbedömningen är större för projekt som ska genomföras om 20 år är större än de projekt som ska genomföras nästa år. Denna egenskap ger förutsättningar för en realistisk modellering som beaktar att osäkerheten växer med prognoshorisonten, allt annat lika.
Möjligt att ha flera korrelerade volymriskfaktorer	Implementeringen av volymriskfaktorer har gjorts på ett sätt som tillåter att de stokastiska processerna för volymriskfaktorer (om mer än en riskfaktor används) kan vara korrelerade med varandra. ALM-modellen innehåller en korrelationsmatris för att specificera korrelationsantaganden på ett konsekvent sätt. Autokorrelation för volymrisk antas däremot vara noll, d.v.s. en volymriskfaktor kan inte vara korrelerad med sig själv över tid ³¹ . Volymriskfaktorerna antas även vara okorrelerade med andra riskfaktorer i modellen.
Flexibilitet i hur volymrisk kan modelleras	Den valda metoden har god flexibilitet i att den vid behov kan utvecklas i framtida versioner av ALM-modellen, till exempel genom att beakta olika sannolikhetsfördelningar för den årliga förändringstakten.

Val av fördelningsfunktion och kalibrering

Givet konstruktionen av volymrisk som beskrivits ovan behöver antaganden göras om vilken sannolikhetsfördelning som ska användas. Givet att det finns ett i princip oändligt antal sannolikhetsfördelningar som skulle kunna användas behöver ett urval göras enligt ett antal förutbestämda kriterier. De kriterier som beaktats redogörs för nedan följt av en diskussion av vilka fördelningar som kan uppfylla kriterierna och ett val av fördelningen som används för volymriskfaktorer.

³⁰ Med andra ord antas processen för förändringstakter stationär medan indexserien (nivån) inte antas vara stationär.

³¹ Bedöms som en rimlig förenkling givet att det inte finns någon tidsseriedata för volymrisk som en skattning av autokorrelationen skulle kunna baseras på.

Tabell 2. Önskvärda kriterier för fördelningsfunktioner för volymrisk

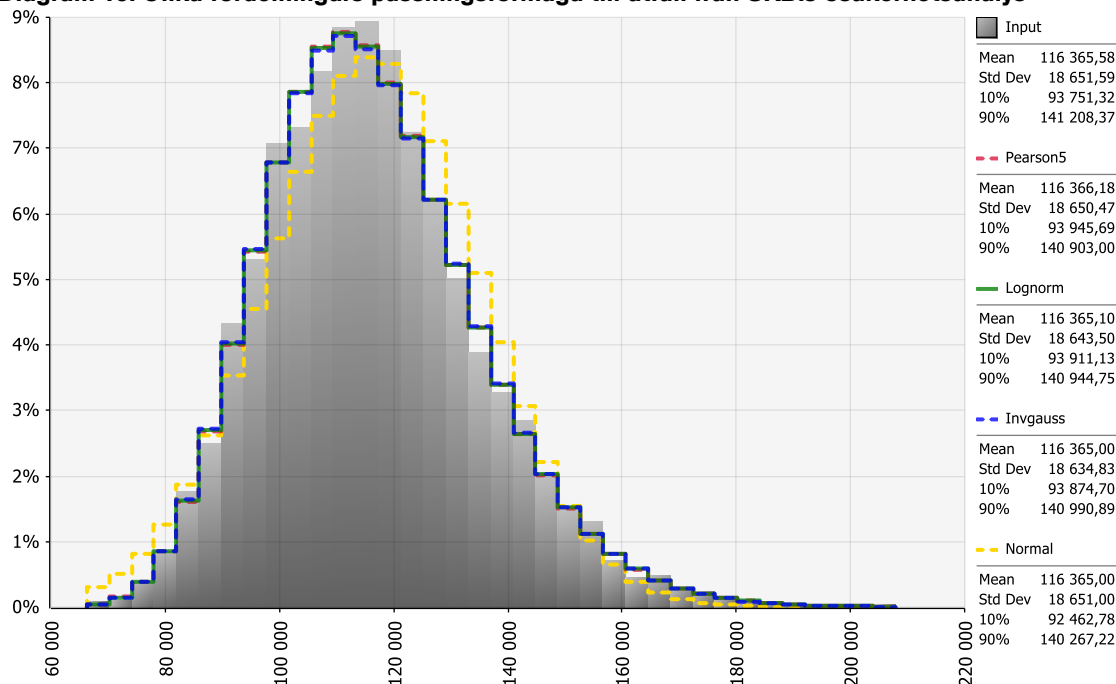
Egenskap	Kommentar
1. Passningsförmåga till observerad data	Fördelningen som används bör vara flexibel i bemärkelsen att det går att beakta de egenskaper som kan observeras i data för kostnadsutfall i andra projekt och program.
2. Replikering av resultaten från SKB:s osäkerhetsanalys	Det är önskvärt att kunna replikera den kostnadsfördelning som faller ut av SKB:s osäkerhetsanalys, för att möjliggöra jämförelser mellan resultaten från den ALM-modellen och SKB:s modell med avseende på risker i de framtida kostnaderna.
3. Teoretiska egenskaper och restriktioner för möjliga utfall	Det finns vissa restriktioner och egenskaper som är speciella för kostnadsdata, vilka bör beaktas. Till exempel kan kostnaderna i kärnavfallsprogrammet inte bli negativa, medan det å andra sidan inte finns någon övre gräns för hur höga de kan bli. Detta innebär att fördelningar med negativ utfallsmängd inte passar, och att fördelningen behöver kunna modelleras som högerskev.
4. Fåtal tolkningsbara parametrar	Det är önskvärt att den använda fördelningen har ett fåtal parametrar som har en intuitiv tolkning. Det är förstås viktigt att fördelningen är tillräckligt flexibel för att kunna modellera riskerna på ett realistiskt sätt. Samtidigt kommer flexibilitet med ett pris i bemärkelsen att en fördelning som perfekt passar observerad data sannolikt har ett stort antal parametrar vilket dels försvårar skattningen av parametrar och dels gör modellen svår att tolka.
5. Statistiska egenskaper och möjlig implementering	I teorin går vilken fördelning som helst att implementera i modellen. Av olika anledningar är dock vissa fördelningar enklare än andra. Till exempel är fördelningar med en komplicerad kumulativ fördelningsfunktion svårare att implementera och kan leda till mer komplexa beräkningar som är tidskrävande.

Urvalet av möjliga distributioner tog sin utgångspunkt i det första kriteriet att fördelningen bör ha förutsättningen att passa data som kan observeras, då det är viktigt att modellen på ett realistiskt sätt kan beskriva framtida möjliga kostnadsutfall. Strålsäkerhetsmyndigheten, som tidigare hade Riksgäldens ansvar på området, har tidigare uppdragit till Norges Naturvetenskapliga och Tekniska Universitet (NTNU) att granska SKB:s osäkerhetsanalys och jämföra den bedömda risknivån i kärnavfallsprogrammet med utfallen från genomförda norska infrastrukturprojekt [10]. Från denna analys kan statistiska mått erhållas, t.ex. standardavvikelse, som kan användas för att parameterisera en given fördelning. Dock bedöms det inte som möjligt att utifrån samma data, åtminstone i sin nuvarande form, välja själva fördelningsfunktionen.

I avsaknad av mer detaljerad data har Riksgälden istället tagit sin utgångspunkt i de simulerade utfall som ges av SKB:s osäkerhetsanalys för att hitta en lämplig fördelning, vilken således även beaktar det andra kriteriet (möjligheten att replikera SKB:s utfall). SKB:s osäkerhetsmodell innehåller ett stort antal fördelningar av olika karaktär. Fördelningarna tillämpas på modellens kostnadskomponenter, vilka sedan summeras för att erhålla en sannolikhetsfördelning för de totala

kostnaderna för kärnavfallsprogrammet som helhet³². Denna fördelning används av SKB för att beräkna de förväntade kostnaderna som ligger till grund för beräkningar av kärnavfallsavgifter, men kan även användas för att erhålla SKB:s samlade bedömning av osäkerheterna kring de förväntade kostnaderna³³. Riksgälden har genom kompletterande informationsbegäran till Plan 2019 erhållit dels själva osäkerhetsmodellen och dels de resultat (loggar från SKB:s 5000 simuleringar) som ligger till grund för SKB:s redovisning.

Diagram 15. Olika fördelningars passningsförmåga till utfall från SKB:s osäkerhetsanalys



Källa: Egna beräkningar med data från SKB.

Riksgälden har utifrån de simulerade data använt programvaran Palisade @RISK, som innehåller ett stort antal sannolikhetsfördelningar och funktionalitet för distributionspassning, för att hitta fördelningar som har god förmåga att passa utfallsvärdena från SKB:s osäkerhetsanalys. I diagram 15 visas SKB:s resultat som ett histogram ("Input" – grått histogram) jämfört med sannolikhetsfördelningar för dels de tre distributioner som passar data bäst³⁴ och dels för normaldistributionen som är en vanlig benchmarkdistribution att jämföra med.

Ett första konstaterande är att de tre bäst passande fördelningarna ger liknande resultat och dessutom passar SKB:s utfall väl - alla har en felmarginal inom 0,25 procent vad gäller medelvärde, standardavvikelse och 10:e respektive 90:e percentilens värden. Normalfördelningen ger en relativt god passningsförmåga för medelvärde och standardavvikelse, men längre ut i svansarna av distributionen blir passningsförmågan sämre. Resultatet är väntat och en konsekvens av att

³² Det vill säga, de totala kostnaderna för samtliga reaktorinnehavare summerat över hela programmets löptid.

³³ Med tidigare lagstiftning och definition av kompletteringsbeloppet låg denna fördelning direkt till grund för att beräkna kompletteringsbelopp.

³⁴ Akaike Information Criteria (AIC) har använts för att bedöma passningsförmågan för de olika fördelningarna, men analysen är robust i bemärkelsen att även andra kriterier ger snarlika resultat.

normalfördelningen är symmetrisk och därför inte lyckas passa den högerskevhet som kan observeras i SKB:s modellresultat. Vidare har normaldistributionen oändligt undre intervall, vilket innebär att kostnader (även om det är osannolikt) kan bli negativa i modellen vilket förstås inte är acceptabelt. Resultaten från kalibreringen är lovande i bemärkelsen att SKB:s komplexa och detaljerade osäkerhetsanalys med närmare ett hundratal riskfaktorer och tusentals inputantaganden med stor precision kan replikeras av endast en fördelningsfunktion med två parametrar.

Nästa steg är att vidare undersöka de tre fördelningar som gav bäst (och inbördes väldigt snarlik) passningsförmåga – Pearson5, Lognormal och Inverse Gaussian – med avseende på resterande uppsatta kriterier.

Tabell 3. Egenskaper hos de tre bäst passande distributionerna

Distribution	Parametrar	Utfallsmängd	Övriga egenskaper
Pearson5	2	$[0, \infty)$	Komplex fördelningsfunktion som inte kan uttryckas analytiskt.
Lognormal	2	$[0, \infty)$	Specificeras i termer av medelvärde och standardavvikelse, d.v.s. tolkningsbara parametrar. Används ofta för att modellera produkten av flera slumpvariabler. Produkten av flera oberoende lognormala slumpvariabler är också lognormal under vissa förutsättningar, vilket är en önskvärd statistisk egenskap för målet att bygga ett kedjelänkat index. Möjlighet att skapa multivariata lognormala fördelningar för att skapa korrelerade riskfaktorer.
Inverse Gaussian	2	$[0, \infty)$	Likt lognormal bygger Inverse Gaussian på normalfördelningen och är som lognormal högerskev. Distributionen är mer flexibel än lognormal i det att formen på fördelningen kan göras mer högerskev.

Alla tre fördelningar har två parametrar och samma utfallsmängd som inte kan anta negativa värden och som inte har någon övre gräns, vilket var egenskaper som eftersträvades. Pearson5-distributionen har en komplex fördelningsfunktion som inte kan uttryckas analytiskt vilket gör den svårare att implementera i ALM-modellen. Både lognormal och Inverse Gaussian bygger på normalfördelningen, där lognormal är en speciellt vanligt förekommande fördelning inom finansiell analys. En anledning till detta är att den lognormala fördelningen passar väl för att modellera produkten av flera slumpvariabler, t.ex. tillgångspriser som är produkten av dagens pris multiplicerat med framtida avkastningar. Inverse Gaussian ger liknande passningsförmåga och är flexibel i vilken form som kan erhållas men saknar några av de andra önskvärda egenskaperna, vilket ger fördel för den lognormala distributionen.

Tabell 4. Lognormal fördelning i förhållande till uppsatta kriterier

Kriterium	Kommentar
1. Passningsförmåga till observerad data	Förutsättningar finns att kalibrera riskfaktorer på ett enkelt sätt utifrån benchmarkdata genom att variera volatilitetsparametern för distributionen. Högerskevheten i distributionen stämmer väl med empiriska data som talar för att kostnadsutfall i stora projekt är asymmetriska – det är mer sannolikt att projekt går över än under budget. Dock begränsad flexibilitet att ändra formen på distributionen då den bestäms entydigt av medelvärde och standardavvikelse.
2. Replikering av resultaten från SKB:s osäkerhetsanalys	En lognormal fördelning passar utfallsdata från SKB:s osäkerhetsanalys väl. Det är möjligt att replikera resultatet från osäkerhetsanalysen, som bygger på ett stort antal (icke lognormala) fördelningsfunktioner, med endast en fördelningsfunktion.
3. Teoretiska egenskaper och restriktioner för möjliga utfall	En lognormal distribution kan bara anta positiva värden vilket är en grundläggande förutsättning. Dessutom är distributionen högerskev – dvs. risken för högre kostnader är större än chansen för lägre kostnader – vilket går att observera både i SKB:s analys och i empiriska studier över kostnadsutfallen i stora och komplexa infrastrukturprojekt.
4. Fåtal tolkningsbara parametrar	En lognormal distribution har bara två parametrar, μ som styr väntevärdet och σ som styr spridningen. Dessa parametrar har dessutom intuitiva tolkningar inom finansiell analys och kan ställas i relation till andra antaganden (t.ex. på tillgångssidan i ALM-modellen som förväntad avkastning och volatilitet)
5. Statistiska egenskaper och möjlig implementering	Den lognormala fördelningen är välanvänd inom finansiell ekonomi och har en fördelningsfunktion som är lätt att implementera. Dessutom har den egenskaper som gör det enkelt att skapa flera (multivariata) lognormala fördelningar vilket kraftigt förenklar möjligheten att skapa korrelerade riskfaktorer.

Baserat på den genomförda analysen utifrån de uppställda kriterierna dras slutsatsen att en lognormal fördelning har goda förutsättningar att fungera för att modellera volymrisken i ALM-modellen.

Parametersättning – från summerad fördelning till årliga fördelningar

Ovan har en metod beskrivits för att transformera volymrisk uttryckt som en total kostnadsfördelning till en stokastisk process som modellerar risken över tid. Vidare har den lognormala fördelningen valts utifrån teoretiska och empiriska kriterier som en lämplig fördelning för att beskriva den totala kostnadsfördelningen. Det som återstår för att i praktiken kunna konstruera scenarier är en procedur för att kalibrera de årliga parametrarna för väntevärdet och standardavvikelsen.

Till att börja med är det inte generellt så att en given sannolikhetsdistribution, som replikerar summan av de totala kostnaderna, går att konstruera från en kombination av kedjelänkade distributioner av samma typ. Lyckligtvis är en av egenskaperna hos just en lognormal fördelning att produkten av flera oberoende lognormala slumpvariabler (t.ex. ett kedjelänkat index) också är lognormal. Detta ger de nödvändiga förutsättningar att skapa en koppling mellan å ena sidan värden uttryckta för de totala kostnaderna ("den totala standardavvikelsen i kostnaderna över hela programmet är $x\%$ ") och årliga

inputvärden som kan användas för att skapa en stokastisk process i ALM-modellen ("den årliga standardavvikelsen i kostnaderna är y %").

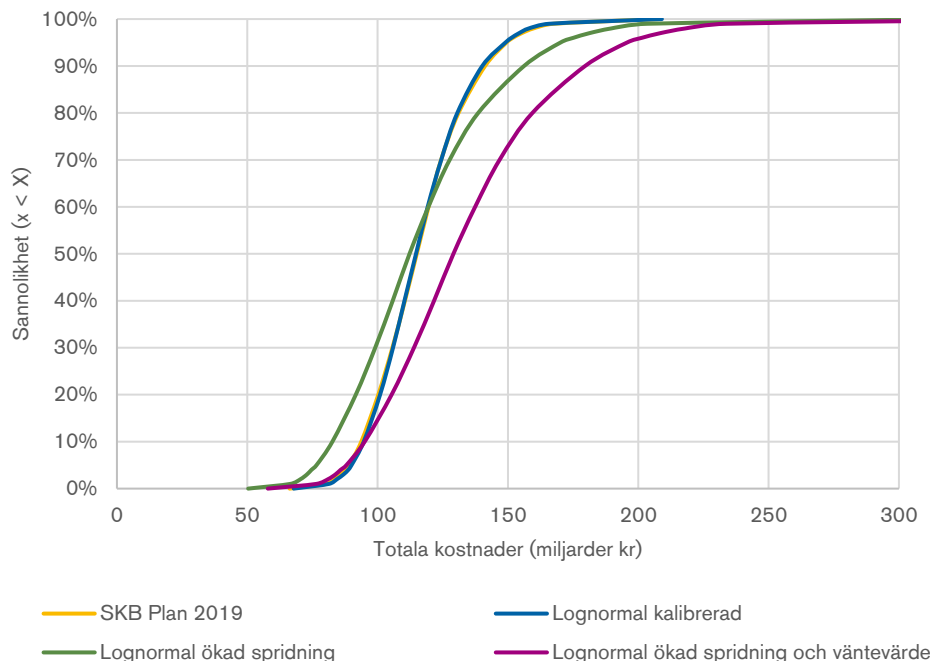
För att hitta kopplingen mellan total standardavvikelse och årlig standardavvikelse genomfördes stokastisk optimering med samma programvara, Palisade @RISK, som användes för distributionspassningen. Kortfattat beskrivet så går optimeringen ut på att hitta de årliga parametervärden för väntevärdet μ och standardavvikelsen σ som leder till att väntevärdet och standardavvikelsen på de totala kostnaderna summerade över tid når ett önskat värde. Detta görs genom upprepade simuleringar med olika kandidatvärden för parametrarna till dess att målvärdet är uppnått.

Som ett första steg är en intressant övning att kalibrera parametrarna μ och σ hos fördelningen av avvikelsen av de totala kostnaderna summerade över tid mot resultaten från SKB:s senaste osäkerhetsanalys i Plan 2019. Eftersom värdena för de årliga förväntade kostnaderna per definition är lika med väntevärdet från SKB:s osäkerhetsanalys är väntevärdet för de årliga förändringarna, μ , lika med 0. För att uppnå SKB:s bedömning om total standardavvikelse på 16 procent relativt medelvärdet behövde den standardavvikelsen i den årliga förändringstakten, σ , vara lika med 4,15 procent. Med dessa värden erhålls den blå kumulativa fördelningsfunktionen³⁵ i diagram 16 som nära replikerar SKB:s värden representerat av den gula fördelningsfunktionen (vilket vi redan sett i form av en täthetsfunktion i diagram 15). Med dessa parametervärden kan de kompletteringsbelopp beräknas som skulle erhållas i ALM-modellen, allt annat lika, om SKB:s bedömning av riskbilden på skuldsidan appliceras³⁶.

³⁵ En kumulativ fördelningsfunktion (CDF) ger sannolikheten att slumpmässigt dra ett värde x som är mindre än eller lika med X från en sannolikhetsfördelning.

³⁶ Parametervärdet för årlig standardavvikelse som är konsistent med en given standardavvikelse hos de över tid summerade kostnaderna är beroende av hur kostnaderna är fördelade över tid, vilket innebär att kalibreringen behöver göras om för en ny kostnadsberäkning. Detta är dock varken svårt eller tidskrävande beräkningsmässigt.

Diagram 16. Illustration av kumulativa fördelningsfunktioner för totala kostnader vid olika antaganden om väntevärde och standardavvikelse



Källa: Egna beräkningar med data från SKB.

Genom att variera inputparametrarna kan användaren av ALM-modellen göra en annan bedömning av den framtida utvecklingen av förväntade kostnader (μ) eller osäkerheten kring dessa (σ). Den gröna fördelningsfunktionen illustrerar ett exempel som har samma förväntade kostnader som i SKB Plan 2019, men en högre standardavvikelse. Att denna fördelning har större spridning innebär att fördelningsfunktionen har en flackare lutning. Genom att förändra värdet på μ kan även väntevärdet justeras, vilket illustreras av den lila fördelningsfunktionen. I detta exempel är både väntevärdet och standardavvikelsen högre jämfört med SKB:s fördelning, vilket ses genom att den är parallellt förskjuten åt höger jämfört med den gröna. Metoden ger således förutsättningar, utöver att replikera resultaten från SKB:s osäkerhetsanalys, att på ett enkelt sätt justera den förväntade utvecklingen och volatiliteten i de förväntade kostnaderna. Samma metod används för att modellera osäkerheten i merkostnader, men baseras på annat underlag för kalibreringen av volatiliteten.

Sammanfattning volymrisk

De viktigaste egenskaperna i metoden för att modellera volymrisk i ALM-modellen sammanfattas nedan.

- En procedur har utvecklats för att gå från summerade distributioner av den totala riskbilden för kärnavfallsprogrammet som helhet till tidsfördelade distributioner i form av stokastiska tidsserier, som möjliggör en modellering av programspecifika risker över tid vilket är en förutsättning för att kunna göra en ALM-analys.
- Den valda lognormala fördelningsfunktionen kan kalibreras för att nära replikera resultaten av SKB:s osäkerhetsanalys. Dessutom har den önskvärda statistiska egenskaper och beaktar därtill

empiriska data för kostnadsutfall som kan observeras generellt för stora projekt (t.ex. att fördelningen är högerskev).

- Möjligheten att göra en annan bedömning av både de förväntade kostnadsutvecklingen och osäkerheten i kostnaderna jämfört med SKB:s osäkerhetsanalys.
- Modellen är flexibel för att hantera ett i princip obegränsat antal riskfaktorer som kan vara korrelerade med varandra.
- I den nuvarande versionen av ALM-modellen finns den normala och lognormala distributionsfunktionen implementerad, men det går i teorin att bygga vilken fördelningsfunktion som helst om så skulle krävas. Detta kan t.ex. vara relevant om det i framtiden visar sig att data från andra jämförbara projekt följer en signifikant annorlunda distribution.

4.3.4. Modellering av prisrisk

Enligt finansieringsförordningen ska grundkostnader och merkostnader räknas om från fast till löpande penningvärde baserat på en inflationskurva när kärnavfallsavgifter och säkerheter beräknas. I denna uppräkningsmetod kan skillnad göras mellan de prisförändringar som beror på utvecklingen av den generella prisnivån i samhället (mätt som konsumentprisindex, KPI) och förändringar som beror på utvecklingen av relativpriser för viktiga insatsfaktorer i kärnavfallsprogrammet (mätt som EEF). De grundkostnader som SKB redovisar har redan räknats upp med den förväntade relativprisutvecklingen medan de inte räknats upp med den förväntade inflationen (vilket görs av Riksgälden vid beräkning av kärnavfallsavgifter). Grundkostnaderna är alltså redovisade i löpande priser vad gäller relativpriser men i fasta priser vad gäller KPI, dvs. kostnaderna är justerade för förväntade förändringar av relativpriser men inte för förväntad utveckling av KPI.

Både utvecklingen av den generella prisnivån (KPI) och relativpriser över kärnavfallsprogrammets tidshorisont är förknippad med osäkerhet. Prisrisk i ALM-modellen avser riskfaktorer som modellerar denna osäkerhet. KPI-inflation för olika länder ingår som så kallade *core*-variabler i Ortec GLASS, för vilken ansatsen har beskrivits i tidigare avsnitt. Nedan fokuserar istället på modelleringen av EEF, det vill säga prisutvecklingen på specifika insatsfaktorer i kärnavfallsprogrammet i förhållande till KPI.

Modellering av relativpriser

Relativpriser i ALM-modellen modelleras baserat på samma variabler och historiska data som SKB applicerat i den senaste kostnadsberäkningen, Plan 2019, och som låg till grund för Riksgäldens senaste förslag på kärnavfallsavgifter och finansieringsbelopp. Tabell 5 redovisar de åtta prisserier som används och dess andel av de totala kostnaderna i kärnavfallsprogrammet. EEF8 är den reala växelkursen SEK/USD, vilken av SKB används för att räkna om EEF5 och EEF6 som noteras i USD till SEK. Ortec GLASS modellerar växelkurser i sin DSG vilka ersätter EEF8 i ALM-modellen.

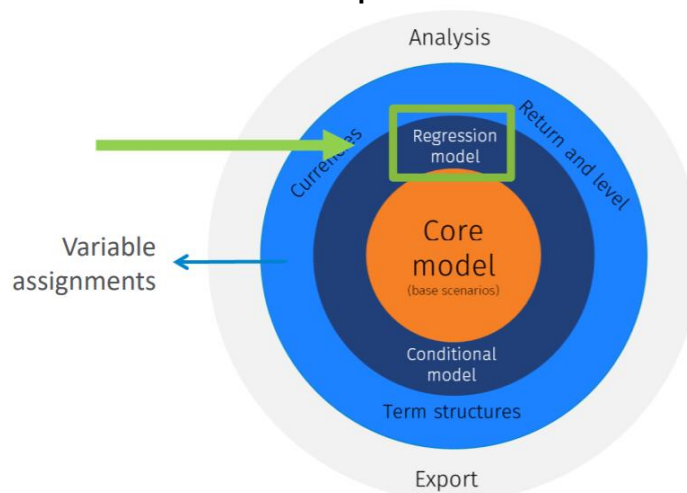
Tabell 5. EEF och dess andel av totala kostnader i kärnavfallsprogrammet

EEF	Beskrivning	Andel av totala kostnader i Plan 2019
EEF1	Real enhetsarbetskostnad tjänstebranschen	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.

Inga av EEF-variablerna (förutom EEF8) finns tillgängliga i Ortec GLASS vilket innebär att de behöver modelleras på annat sätt. Ortec GLASS innehåller funktionalitet för att generera scenarier även för externa variabler genom att relatera dem till modellens *core*-variabler. Detta tillvägagångssätt kallas för *satellite model* och är en metod för att inkorporera extern data i Ortec på ett konsekvent sätt som beaktar eventuella samband med modellens övriga variabler.

Figur 7. Ortec GLASS satellit-modell för att inkorporera extern data i modellen



Källa: Ortec.

Tillvägagångssättet bygger på regressionsanalys och baseras på en skattning av historisk data för EEF-variablerna och potentiella *core*-variabler som kan tänkas ha ett samband med dem. Med denna ansats kan den förväntade utvecklingen, volatiliteten och eventuella korrelationer med andra variabler

i modellen estimeras. Om det t.ex. skulle vara så att en av EEF-serierna korrelerar med en *core*-variabel i Ortec GLASS så kan detta samband fångas. Genom identifikationen av sådana samband kan samvariationer mellan tillgångssidan och skuldsidan (om sådana finns i historiska data) beaktas.

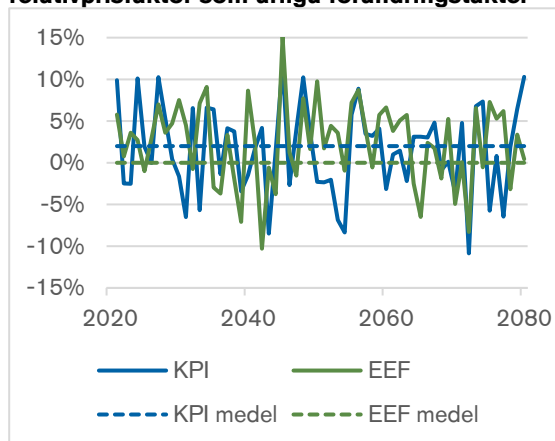
Riksgälden har tillhandahållit data för samtliga EEF till Ortec, vars experter på scenariogenerering har gjort en statistisk analys för att skatta regressionsmodeller för respektive prisserie. Eftersom den förväntade utvecklingen av relativpriser redan beaktats i grundkostnaderna, som är input till ALM-modellen, så har det geometriska medelvärdet för förändringstakten i serierna sett över hela kärnavfallsprogrammets löptid satts till noll.

Ortec har tagit fram dokumentation för den analys som genomförts av prisriskvariablerna, vilken redovisas i Ortecs rapport *Swedish risk drivers* [11].

Modellering av total prisrisk

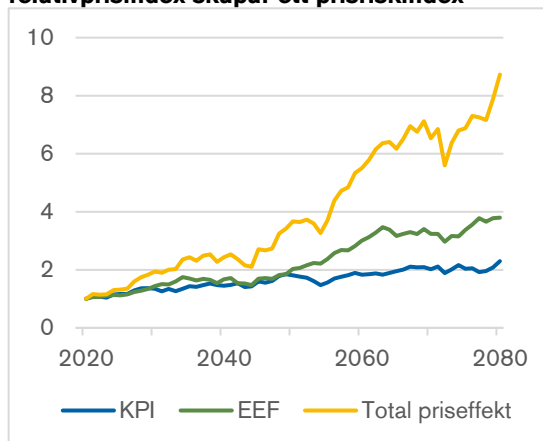
Givet att KPI och EEF modellerats enligt ovan kan prisriskfaktorer skapas som den sammanlagda prisutvecklingen av KPI samt relativprisutvecklingen. Likt volymrisker kan dessa uttryckas som index som läggs ihop för att få den totala priseffekten.

Diagram 17. Illustration av KPI och en relativprisfaktor som årliga förändringstakter



Källa: Egna beräkningar

Diagram 18. Illustration av hur KPI och relativprisindex skapar ett prisriskindex



I diagram 17 illustreras exempel för ett scenario över tid för KPI respektive en EEF-serie. KPI har här en förväntad årlig utveckling på 2 procent medan EEF har en förväntad utveckling om 0 procent relativt KPI (eftersom eventuell trend i EEF redan beaktats i SKB:s beräkning av grundkostnader). I diagram 18 illustreras samma serier som kedjelänkade prisindex, vilka kan aggregeras för att få den samlade effekten av både utvecklingen av KPI och EEF.

Sammanfattning prisrisk

Modelleringen för prisrisk i ALM-modellen fungerar sammanfattningsvis på följande sätt:

- Osäkerhet i den generella prisutvecklingen, mätt som KPI, modelleras som en *core*-variabel i Ortec GLASS.
- Osäkerhet i relativprisutvecklingen för insatsfaktorer i kärnavfallsprogrammet, modelleras som *satellite*-variabler som beaktar (eventuella) samvariationer med andra variabler i Ortec GLASS.

Regressionsanalysen baseras på samma historiska data för relativpriser som används i beräkningen av kärnavfallsavgifter.

- Den samlade prisrisken beaktar osäkerheten i den generella prisutvecklingen mätt som KPI och den relativa prisutvecklingen mätt som EEF.
- Modellen är flexibel och kan enkelt kalibreras om med ny utfallsdata.

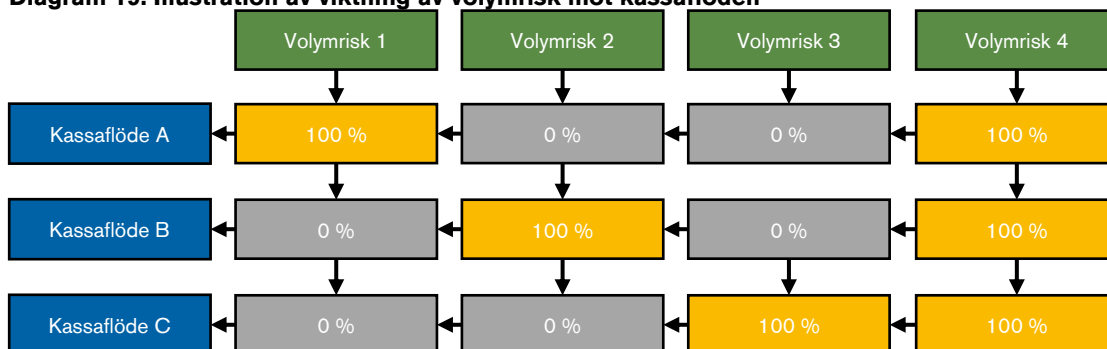
4.3.5. Kopplingen mellan kassaflöden och riskfaktorer ger stokastiska kassaflöden

Givet deterministiska kassaflöden i form av grundkostnader och merkostnader samt stokastiska processer för riskfaktorer återstår att koppla ihop kostnaderna med riskfaktorerna för att erhålla stokastiska utbetalningar från fonden i ALM-modellen. Detta görs genom att vikta riskfaktorerna mot kassaflödena, med olika metoder för volymrisk respektive prisrisk.

Vikning för volymrisk

För volymrisk uttrycks kopplingen mellan kassaflöde och riskfaktor som en (över tid) konstant viktparameter som avgör hur exponerad ett givet kassaflöde är mot en given volymriskfaktor. Modellen är flexibel i bemärkelsen att den i princip kan hantera ett obegränsat antal kassaflöden och riskfaktorer.

Diagram 19. Illustration av viktning av volymrisk mot kassaflöden



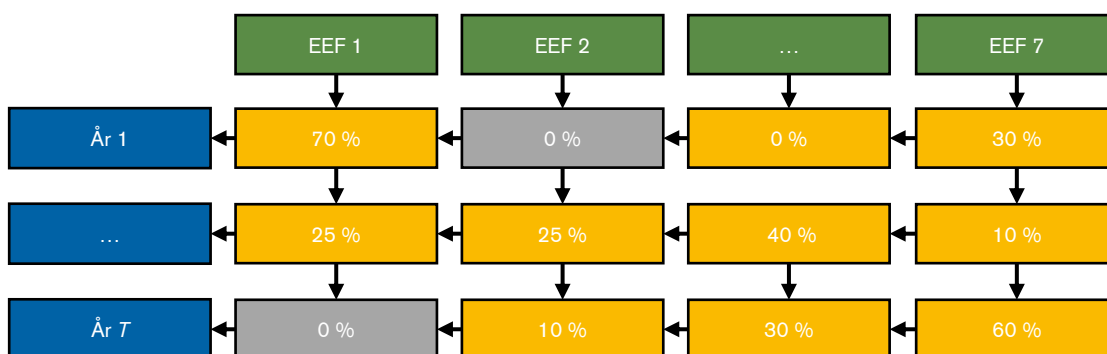
I exemplet ovan har de förväntade kassaflödena för en reaktorinnehavare delats in i tre kategorier och modellen innehåller fyra riskfaktorer. De tre första riskfaktorerna påverkar vart och ett av de tre kassaflödena. Tolkningen av en sådan viktning skulle t.ex. kunna vara att olika delprojekt av kärnavfallsprogrammet påverkas av olika riskfaktorer. Den fjärde riskfaktorn påverkar alla tre kassaflöden, vilket skulle kunna tolkas som en systemövergripande risk som påverkar alla delar av kärnavfallsprogrammet. Pilarna illustrerar att riskfaktorerna, förutom sin direkta effekt på kassaflödet de är viktade mot, dessutom har interaktionseffekter. Till exempel påverkas kassaflöde A av volymrisk 1 och volymrisk 4, vilket utöver den partiella effekten från respektive riskfaktor även innebär en interaktionseffekt mellan de två riskfaktorerna³⁷. I exemplet är alla riskfaktorer viktade 0 procent eller 100 procent, vilken kan tolkas som att de är "av" eller "på". Modellen är dock flexibel i avseendet att vilket positivt tal som helst kan anges som vikt – man skulle t.ex. kunna ange att 50 procent av ett givet kassaflöde är påverkat av en volymriskfaktor.

³⁷ Exempelvis för två risker som innebär ett påslag om 5 procent vardera: $1,05 \times 1,05 = 1,1025 > 1,10 = 1,05 + 1,05$

Viktning för prisrisk

För prisrisk uttrycks kopplingen mellan kassaflöde och riskfaktor som en årligt varierande viktparameter som avgör hur exponerad ett givet kassaflöde är mot en given prisrisk. Alla kostnader är utöver påverkan från relativpriser fullt exponerade mot KPI. EEF1-4 och EEF7 modelleras i svenska kronor och exponeras därför mot KPI i Sverige medan EEF5 och EEF6 modelleras i amerikanska dollar och exponeras därför mot KPI i USA. Viktningen för prisrisk avser således exponeringen mot relativpriser vilka modelleras med EEF.

Diagram 20. Illustration av årlig viktning av prisrisk mot kassaflöden



Diagrammet illustrerar principiellt hur ett kassaflöde viktas mot prisrisk, där EEF3-EEF6 samt åren mellan första och sista året visas summerat för en enklare framställning. Varje rad i tabellen summerar till 100 procent vilket innebär att alla kostnader antas påverkas av relativprisförändringar. Att viktningen av prisrisk kan variera över tid är en viktig förutsättning för att modelleringen ska vara realistisk, eftersom insatsfaktorerna som används i kärnavfallsprogrammet förändras över tid. För att ge ett exempel kommer insatsfaktorerna koppars och bentonit användas först i senare delar av kärnavfallsprogrammet då kärnbränslet försluts i kopparkapslar och deponeras i kärnbränsleslutförvaret. Viktningen som används i ALM-analysen bygger på underlagsmaterial som SKB redovisar till Riksgälden i sina kostnadsberäkningar. Kostnaderna delas in i fyra kategorier – samkostnader, särkostnader, merkostnader samt justeringar – för att ge tillräcklig flexibilitet för att kunna vikta prisriskfaktorerna.

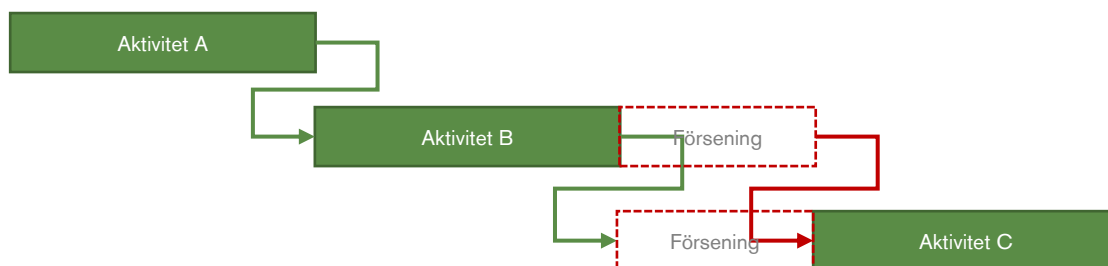
4.3.6. Tidsmässiga osäkerheter i kärnavfallsprogrammet

Förutom osäkerheter i kvantiteten insatsfaktorer (volymrisk) och i de framtida priserna för insatsfaktorer (prisrisk) finns en tidsmässig osäkerhet i när kassaflöden uppstår i tiden. Fram till nu har kärnavfallsprogrammet karaktäriserats av förseningar i flera olika delar vilket inte är ovanligt för stora infrastrukturprojekt. Förseningar kan bero på flera olika faktorer, exempelvis att tillståndsprocessen för en anläggning fördröjs eller att arbetsmoment inom kärnavfallsprogrammet visar sig mer komplicerade och därför tar längre tid än förväntat.

Modelleringen av tidsmässiga osäkerheter är komplex. Dels är det svårt att flytta kassaflöden i tid på ett konsekvent sätt. En försening i ett delprojekt får rimligen konsekvenser inte bara för det givna delmomentet (till exempel uppförandet av en enskild anläggning) utan även för kärnavfallsprogrammet som helhet eftersom det finns beroenden mellan de olika delprojekten. Detta beror på att output från ett delprojekt (exempelvis uppförande av en inkapslingsanläggning) utgör en

nödvändig input för ett annat delprojekt (exempelvis deponering av inkapslat kärnavfall). Om en del blir försenad får det konsekvenser även för andra delar av programmet, vilket illustreras grafiskt i diagram 21.

Diagram 21. Illustration av beroenden mellan olika aktiviteter i ett projekt



SKB har i sin osäkerhetsanalys med riskfaktorer för att beakta den tidsmässiga osäkerheten. Dessa är uppdelade i olika typer av förseningar och hanterar därför inte samband mellan de olika delarna i kärnavfallsprogrammet. Ett par exempel från SKB:s osäkerhetsanalys kan illustrera detta. *Variation 201* i SKB:s osäkerhetsanalys avser osäkerheter i tidpunkten då SKB erhåller tillstånd för uppförande av kärnbränsleförvaret och inkapslingsanläggningen. I högriskscenariot för denna variation uppstår en försening i tillståndsprocessen, vilket kan förskjuta kostnaderna i upp till 7 år jämfört med det förväntade scenariot. I en annan riskfaktor, *Variation 202*, tas istället upp den tidsmässiga osäkerheten i uppförande och driftsättningen av kärnbränsleförvaret och inkapslingsanläggningen, det vill säga en annan tidsmässig osäkerhet avseende samma anläggningar. SKB beskriver här till att denna riskfaktor inte tar hänsyn till den tidsmässiga osäkerheten i tillståndsprocessen som istället hanteras i den föregående beskrivna *Variation 201*. Rimligen får dock en försening i tidpunkten då SKB erhåller tillstånd att uppföra en anläggning följdkonsekvenser för när anläggningen kan uppföras och driftsättas. Genom att dela upp den tidsmässiga osäkerheten i flera riskfaktorer som är oberoende av varandra erhålls ett samlat resultat som riskerar att ge en inkonsekvent beskrivning av kärnavfallsprogrammet som helhet. Till exempel kan fall uppstå där ett delprojekt får ett "dåligt" utfall (måste senareläggas) samtidigt som ett annat delprojekt får ett "bra" utfall (kan tidigareläggas), trots att dessa delprojekt i själva verket är beroende av varandra.

En implementering av tidsmässig osäkerhet i ALM-modellen förutsätter stora förändringar av kostnadsunderlaget och även utveckling av komplex funktionalitet i ALM-modellen. Utöver att skatta kostnadseffekten förknippad med olika typer av förseningar behöver antaganden göras om samband mellan olika delprojekt och hur en försening i olika delprojekt skulle påverka tidsplanen för kärnavfallsprogrammet som helhet. Givet att underlag saknas för att modellera tidsmässiga riskfaktorer på ett meningsfullt sätt och den tekniska komplexiteten har en modellering av förseningar i kärnavfallsprogrammet inte inkluderats i nuvarande version av ALM-modellen. Riksgälden har för avsikt att löpande utvärdera möjligheterna att förbättra realismen i modelleringen och tidsmässiga osäkerheter är ett sådant område som kan bli aktuellt att titta närmare på i framtida utvecklingsarbete.

4.3.7. Antal riskfaktorer för att beskriva skuldsidan

Balans mellan detaljeringsgrad och helhetsbild

En återkommande kritik i tidigare granskningar av SKB:s osäkerhetsanalys är att den innehåller ett för stort antal riskfaktorer (84 stycken i Plan 2019). Det finns flera nackdelar med att ha alltför många riskfaktorer, men den kanske viktigaste är att det medför svårigheter att modellera inbördes samvariationer mellan dem, vilket i sin tur leder till att den totala risken i kärnavfallsprogrammet sannolikt underskattas [3]. En viktig princip vid utvecklingen av ALM-modellen har därför varit att hålla ned antalet riskfaktorer i så stor utsträckning som möjligt, utan att göra så omfattande förenklingar att viktig information går förlorad.

En jämförelse kan här göras mot hur tillgångssidan modelleras i ALM-modellen, och mer generellt hur en portföljs framtida avkastningar modelleras även inom andra applikationsområden. Till att börja med kan portföljen delas upp i olika kategorier av tillgångsslag, på en övergripande nivå i räntebärande tillgångar och aktier. Dessa kan brytas ned i ytterligare nivåer, för räntebärande tillgångar t.ex. i statspapper och säkerställda obligationer och för aktier t.ex. per geografisk marknad eller bransch. Ett grundläggande kriterium för en datadriven ansats är att det för de minsta beståndsdelarna i analysen finns data som kan användas för att skatta förväntad avkastning, volatilitet och korrelationer mellan de olika tillgångsslagen. Indelningen fungerar och kan ge meningsfulla resultat bara så länge det finns tillgång till data på samma detaljnivå som portföljen delats upp i. I takt med att indelningen görs mer finfördelad kommer man att nå en punkt där vidare indelning inte längre tillför analysen mervärde, antingen eftersom det saknas data på detaljnivå eller för att serierna är så pass korrelerade att de likväl skulle kunna slås ihop med ett i princip oförändrat resultat. Exempelvis är det meningsfullt att separera mellan svenska och amerikanska aktier medan det inte skulle ge något mervärde att modellera svenska aktier per region i Sverige.

Analogt så skulle en datadriven ansats för att bestämma antalet riskfaktorer först och främst beakta hur detaljrik data är för andra jämförbara projekt, vilka skulle kunna användas för att estimeras riskerna i kärnavfallsprogrammet. Som beskrivits i avsnittet om volymrisk så förefaller majoriteten av de data som finns för t.ex. infrastrukturprojekt redovisas som kostnadsutfall för hela projektet, eller åtminstone på en väldigt aggregerad nivå. Givet sådan data är det inte meningsfullt att försöka göra en detaljerad uppdelning av specifika risker, eftersom det inte finns någon data att basera analysen på. Även om det förstås vore intressant att kunna besvara hur stor del av kostnadsvariationen i infrastrukturprojekt som beror på, säg, förseningar i tillståndsprocesser eller att mängden arbetskraft underskattats, så tillåter inte data en så detaljerad förklaringsgrad. Detta talar för att använda en eller ett fåtal riskfaktorer för att modellera helheten.

SKB:s ansats är inte datadriven utan bygger på den s.k. successiva principen, vilket i korthet innebär att en referensgrupp först gör en inventering av risker, för att sedan bedöma risknivån för respektive riskfaktor³⁸. Med detta tillvägagångssätt blir bedömningen av varje specifik risk möjlig och tydlig (givet att antagandena dokumenteras väl) och det går enkelt att göra en konsekvensanalys av vad som skulle hända med utfallen från en enskild riskfaktor givet att referensgruppens antaganden förändras. Problemet uppstår när riskfaktorerna blir för många, dels för referensgruppen att göra en bedömning av hur riskfaktorer hänger ihop (hur korrelerar 84 olika riskfaktorer med varandra?) och dels för att avgöra hur den totala risknivån förändras vid olika antaganden (antaganden för 84

³⁸ Görs i praktiken genom att medlemmarna i referensgruppen bedömer ett "låg-" och ett "hög-"värde som utgör parametrarna i en sannolikhetsfördelning. Se bilaga 2 i Riksgäldens föregående avgiftsförslag [3] för mer info.

riskfaktorer behöver varieras individuellt vartefter det totala resultatet analyseras). Resultatet blir, även i de fall varje enskild riskfaktor bygger på rättvisande bedömningar, att den totala risken sannolikt underskattas eftersom samvariationer inte beaktas fullt ut. Samtidigt är det svårt att säga vilken eller vilka riskfaktorer som driver resultaten eftersom de är så många. Att begränsa antalet riskfaktorer som explicit modelleras betyder inte att det inte finns 84 olika risker som kan drabba kärnavfallsprogrammet – det finns troligen betydligt fler. Men, precis som att det på tillgångssidan vore olämpligt att modellera varje enskild aktie för att beskriva risken i ett aktieindex så är det olämpligt att modellera varje typ av risk som kan inträffa i kärnavfallsprogrammet som en separat riskfaktor för att beskriva kärnavfallsprogrammets totala riskbild. En gruppering måste göras för att på ett bra sätt kunna estimeras den förväntade utvecklingen, volatiliteten och korrelationerna mellan riskfaktorerna. Därtill finns enligt Riksgälden flera andra svagheter med att använda för många riskfaktorer³⁹.

Antal riskfaktorer för volymrisk

Som beskrivits i tidigare avsnitt finns en flexibilitet i ALM-modellen att använda i princip ett obegränsat antal riskfaktorer⁴⁰ och valet av antal behöver därför inte beakta några tekniska begränsningar i modellen. Det som istället avgör valet av antal riskfaktorer är dels datatillgänglighet och dels att få en överblickbar och transparent modell som har goda förutsättningar att skapa scenarier för den samlade risken för skuldsidan i finansieringssystemet över tid.

För volymrisk, det vill säga de programspecifika risker som kan inträffa, används i nuläget en kombinerad ansats; resultaten från SKB:s osäkerhetsanalys samt beaktande av teoretiska egenskaper för att passa en lämplig fördelningsfunktion, medan parameteriseringen av den valda fördelningen kan beakta data från andra projekt (t.ex. för att kalibrera standardavvikelsen). Eftersom de data som Riksgälden har tillgång till idag består av kostnadsutfall för hela projekt så kalibreras volymrisk på total nivå, det vill säga endast en riskfaktor används för att modellera volymrisken för grundkostnaderna i kärnavfallsprogrammet. En ytterligare riskfaktor används för att modellera merkostnaderna i kärnavfallsprogrammet, och totalt används alltså två stokastiska processer för att modellera icke-prisrelaterade risker på skuldsidan. Detta kan vid första anblick tyckas vara en grov förenkling, men som visats i tidigare avsnitt så kan en lognormal fördelningsfunktion med god precision replikera kostnadsfördelningen som följer av SKB:s osäkerhetsanalys. Det primära syftet med riskfaktorerna i ALM-modellen är att modellera den totala risken i en reaktorinnehavares kostnader för att beräkna ett kompletteringsbelopp. För en reaktorinnehavare, å andra sidan, har riskanalysen rimligen även ett annat syfte, nämligen att identifiera viktiga riskfaktorer som behöver beaktas i planeringen av programmet. Det finns ingen motsättning mellan att SKB och reaktorinnehavarna modellerar risken på ett mer detaljerat sätt medan samma risk modelleras på ett aggregerat sätt i ALM-analysen. Med det sagt kan det finnas anledning att i framtiden se över möjligheten att bryta ned volymrisk i fler riskfaktorer om det visar sig att mer detaljerad data finns tillgänglig, för att även i ALM-modellen få en mer detaljrik beskrivning av riskerna på skuldsidan.

Antal riskfaktorer för prisrisk

Som beskrivits i tidigare avsnitt är SKB:s kostnadsberäkning indelad i sju insatsfaktorer och Riksgälden har behållit samma struktur vid modelleringen av prisrisk i ALM-modellen. I arbetet med

³⁹ T.ex. att modellen blir stor och svårarbetad, risken för input-fel av data ökar samt att transparensen för utomstående intressenter minskar. Se vidare bilaga 2 i Riksgäldens föregående avgiftsförslag [3].

⁴⁰ Även om beräkningarna förstås blir mer tidskrävande ju fler riskfaktorer som används.

att ta fram merkostnader har en bedömning gjorts även av hur dessa kan antas fördelas på de olika insatsfaktorerna.

Skillnaden mot volymrisk är att det för prisriskfaktorerna finns historisk data. Genom Ortects *satellite*-modell kan skattningar av väntevärden, volatilitet och korrelationer göras på ett konsekvent sätt som beaktar potentiella samband med variabler som även påverkar tillgångssidan. De utmaningar med datatillgänglighet som finns för programspecifika risker är därför inte lika relevant för prisriskfaktorerna. Dock finns anledning att i framtiden se över de tidsserier som används för prisriskfaktorer av andra anledningar, vilket Riksgälden påpekat i granskningen av SKB:s arbete med EEF i Plan 2019 [12]. Men, givet att en flexibel ansats finns för att inkorporera ny extern data är detta inget problem att anpassa ALM-modellen till.

4.3.8. Sammanfattning - modellering av skuldsidan

Riksgälden har utvecklat en struktur för att kunna modellera risken på skuldsidan som kan sammanfattas som följer:

- Risker delas upp i två kategorier – volymrisk och prisrisk – som hanterar osäkerheter i dels omfattningen av insatsfaktorer i kärnavfallsprogrammet och dels osäkerheten i den framtida prisutvecklingen för dessa insatsfaktorer.
- En metod har utvecklats för att kunna översätta riskfaktorer uttryckta som total risk för hela programmet (sannolikhetsfördelningar) till riskfaktorer uttryckta som årliga risker som utvecklar sig över tid (stokastiska processer).
- Analysen av risker på skuldsidan är förenklad jämfört med SKB:s osäkerhetsanalys i bemärkelsen att ett färre antal riskfaktorer används. Detta reflekterar Riksgäldens bedömning att ett stort antal riskfaktorer inte bidrar till en högre kvalitet på den samlade analysen, utan istället riskerar att göra modellen svårgenomtränglig och mindre transparent. Dessutom saknas i flera fall data för att göra en mer detaljerad indelning i olika riskfaktorer, åtminstone i nuläget. En viktig utgångspunkt har varit att modellen både på tillgångs- och skuldsidan ska vara datadriven.
- Modellen har dock god flexibilitet i det att analysen kan göras på en mer detaljerad nivå om så önskas, och har i princip inga begränsningar i termer av antal riskfaktorer eller vilka fördelningsfunktioner som kan implementeras.

4.4. Modellering av kärnavfallsfondens marknadsplaceringar

ALM-modellen används för att skapa scenarier över avkastningen på fondens marknadsplaceringar. Dessa avkastningar utgör underlag för att simulera utvecklingen av reaktorinnehavarnas tillgångar i fonden över kärnavfallsprogrammets löptid. En liten förändring i avkastningsantaganden får stort genomslag på slutvärdet av reaktorinnehavarens tillgångar i fonden. Avkastningen som kan förväntas på marknadsplaceringarna har därför stor betydelse för bedömning av hur stort kompletteringsbelopp som behöver avsättas. I följande avsnitt redogörs för det regelverk som styr kärnavfallsfondens placeringar, hur dessa modelleras och hur scenarier för avkastningar skapas för olika tillgångsslag i GLASS.

4.4.1. Regelverk för placeringar

Kärnavfallsfondens marknadsplaceringar regleras i huvudsak av förvaltningsförordningen⁴¹. Förvaltningsförordningen anger bland annat övergripande krav på förvaltningen. Däribland anges att fondmedlen ska förvaltas på ett aktsamt sätt så att de med hög sannolikhet räcker till för det förväntade behovet av utbetalningar från fonden. Förordningen bestämmer också närmare krav på tillåtna placeringar samt hur derivat får användas i syfte att begränsa risker och effektivisera förvaltningen av fondmedel. Möjligheten för Kärnavfallsfonden att investera i mer riskfyllda tillgångsklasser infördes i samband med översynen av finansieringslagstiftningen under 2018.

I placeringspolicyn anges regler för hur Kärnavfallsfondens kapital får placeras, hur olika risker ska mätas och begränsas samt hur placeringsverksamheten ska rapporteras och följas upp. Policyn fastställs årligen av fondens styrelse inom ramen för förvaltningsförordningens bestämmelser. En mer genomgripande översyn av placeringspolicyn görs vart tredje år i samband med att regeringen fastställer nya kärnavfallsavgifter för reaktorinnehavare.

4.4.2. Modeller av regleringar

Riksgälden använder förvaltningsförordningen och placeringspolicyn som utgångspunkt för modelleringen av Kärnavfallsfondens placeringar och investeringsstrategier. De mest centrala regleringarna beskrivs under respektive avsnitt nedan och hur dessa hanteras i ALM-modellen. Modelleringen av vissa regleringar har förenklats av tekniska eller praktiska skäl, vilka klagörs under respektive del.

20-års-regeln och uppdelning i två portföljer

Förvaltningsförordningen anger att av en reaktorinnehavares andel av fondmedlen ska ett belopp som motsvarar summan av det diskonterade värdet av de förväntade nettoutbetalningarna av fondmedel under det innevarande kalenderåret och de närmast följande nitton kalenderåren, dock minst 60 procent av reaktorinnehavares andel av fondmedlen, vara placerade på räntebärande konto i Riksgäldskontoret, i skuldförbindelser utfärdade av staten, eller i skuldförbindelser utgivna enligt lagen om säkerställda obligationer (20-års-regeln). För att efterleva 20-års-regeln förvaltas Kärnavfallsfondens medel i två separata delpportföljer. Portföljerna heter basportföljen och den långsiktiga portföljen och har olika placeringsregler.

Basportföljen kan innehålla följande placeringar:

- Nominella och reala obligationer som är utgivna av staten
- Statsskuldväxlar på avistakonto i Riksgäldskontoret
- Placeringar på marknaden i skuldförbindelser utgivna enligt lagen (2003:1223) om säkerställda obligationer
- Derivatinstrument vars underliggande tillgångar är sådana skuldförbindelser enligt ovan eller som hänför sig till räntesatser i svenska kronor. Derivat får inte användas för att skapa hävstång i portföljen.
- Valutaderivat

⁴¹ I 13 § finansieringslagen står även att fondmedlen ska förvaltas aktsamt för att säkerställa finansieringen av de framtida kostnader som avgifterna är avsedd för. Förvaltningen får omfatta förvärv av aktier eller andelar i företag.

Den långsiktiga portföljen kan innehålla följande placeringar:

- Företagsobligationer noterade i svenska kronor samt globala företagsobligationer
- Svenska och globala aktier
- Derivatinstrument avseende sådana instrument som anges ovan, dock inte för att skapa hävstång i portföljen
- Andelar i värdepappersfonder som placerar i sådana finansiella instrument som anges ovan.
- Avistaplaceringar i Riksgälden
- Valutaderivat

Modelleringen av tillgångarna följer samma princip, dvs. uppdelning i två portföljer. Varje reaktorinnehavare äger andelar av respektive portfölj. Vid den årliga rebalanseringen viktas respektive reaktorinnehavarnas andelar om för att uppfylla restriktionerna enligt 20-års-regeln. Med andra ord måste vid slutet av året för varje reaktorinnehavare ett belopp som motsvarar summan av det diskonterade värdet av de förväntade nettobetalingarna (inbetalningar⁴² minus utbetalningar) för innevarande år och kommande nitton år vara investerade i basportföljen. I tillägg måste åtminstone 60 procent av totala medel vara investerade i basportföljen. I det fall en reaktorinnehavares fondtillgångar är lägre än noll så kommer alla framtida medel, som då kan antas vara lån till reaktorinnehavaren, att placeras i likvida medel med noll i avkastning (låneränta).

Eftersom varje reaktorinnehavare har unika kassaflöden som påverkar utfallet av restriktionen så kan allokeringen i praktiken se olika ut mellan tillståndshavarna. En reaktorinnehavare med höga förväntade utbetalningar under de kommande 20 åren kan få en större andel av sina medel placerade i basportföljen jämfört med en reaktorinnehavare som har låga förväntade utbetalningar.

Referensportfölj och strategiska vikter

Av placeringspolicyn framgår bland annat referensportföljen för basportföljen och den långsiktiga portföljen, dvs. den sammansättning tillgångar som över tid förväntas uppfylla fondens avkastningsmål samt möjliggör mätning mot fastställda mål. Referensportföljen består av både riktmärkesvikter och limiter för placeringarna. I placeringspolicyn fastställs även hur stora andelar av basportföljen och den långsiktiga portföljen som respektive reaktorinnehavare ska ha, de så kallade strategiska vikterna.

I modelleringen antas riktmärkesvikterna vara den sammansättning tillgångar som gäller för reaktorinnehavarna. Limiterna i referensportföljen används inte eftersom varje simuleringssteg är ett år och årlig rebalansering sker. De strategiska vikterna i placeringspolicyn används som underlag för hur stora andelar varje reaktorinnehavare ska ha av de två portföljerna i modelleringen för samtliga reaktorinnehavare med undantag för Barsebäck. I placeringspolicyn anges för Barsebäck ett fast absolut belopp. I praktiken och enligt uppgift från Kammarkollegiet så fördelas kapitalet utifrån en procentuell andel av de två portföljerna. Därför har Riksgälden valt att modellera Barsebäcks strategiska vikter utifrån dessa procentuella vikter som erhålls direkt från Kammarkollegiet.

⁴² Vid beräkning av kompletteringsbeloppet är avgiftsinbetalningarna efter första simuleringsåret noll.

Rebalanseringsrutin

Under ett givet år förändras instrumentens relativa värden eftersom avkastningar realiserar och fonden betalar ut ersättningar (utbetalningar). För att säkerställa att innehavet motsvarar referensportföljen och de strategiska vikterna, samt att 20-års-reglen efterlevs, så måste portföljen rebalanseras.

Placeringspolicyn anger rutiner för rebalansering av medel i den långsiktiga portföljen. Policyn tillåter viss avvikelser från viktningen som anges av referensportföljen, i syfte att begränsa transaktionskostnader. Om viktningen riskerar att överskrida gränserna för dessa avvikelser används i förvaltningen av kostnadsskäl i huvudsak derivat vid rebalansering, såsom aktieindexterminer, svenska bostadsterminer, kreditderivat och ränteswappar. Om derivatens marknadsvärde ökar till sju procent eller mer av fondvärdet sker rebalansering av underliggande tillgångar.

I modelleringen approximeras rebalansering till att ske en gång i slutet av varje tidssteg (som är ett år). Att rebalansera med högre frekvens i modelleringen är inte meningsfullt eftersom simuleringssteget är på årsbasis. Först rebalanseras innehaven för varje instrument enligt riktmärkesvikterna. Därefter rebalanseras varje reaktorinnehavares fondinnehav till de strategiska portföljvikterna. Slutligen kontrolleras att allokeringen av tillgångar för varje reaktorinnehavare i basportföljen inte överskrider enligt 20-års-reglen. Om regeln inte uppfylls, omfördelas tillgångarna mellan basportföljen och den långsiktiga portföljen.

Valutaexponering

Enligt placeringspolicyn ska valutaexponeringen i den långsiktiga portföljen motsvara den valutaexponeringen som finns i kostnaderna för kärnavfallsprogrammet. Kammarkollegiet uppskattar exponeringen i kostnaderna baserat på kostnadsdata som erhålls av SKB. Om valutaexponeringen avviker från de förväntade aggregerade utbetalningarna valutasäkras den i samma portfölj. Det globala mandatet innehåller i praktiken en mängd olika valutor men approximeras med valutor i Amerikanska dollar (USD), Euro (EUR), Japanska yen (JPY) och Brittiska pund (GBP).

I modellen definieras valutapositioner i USD, EUR, JPY och GBP i den långsiktiga portföljen, baserat på data från Kammarkollegiet. I sammanhanget ska nämnas att modelleringen av skuldsidans valutaexponering inte är heltäckande⁴³. Detta beror främst på att det till Riksgäldens kännedom inte existerar tillförlitlig kostnadsdata så granulärt som krävs för att det ska kunna användas för ALM-analys. Dessutom är ALM-modellen i dagsläget inte anpassad för att hantera kostnadsdata enligt sådan struktur. Det är heller inte självklart att eventuell förbättrad konsistens i valutamodelleringen vägs upp av högre modellkomplexitet och högre manuell bearbetning av indata.

Transaktionskostnader

Vid handel med instrument uppstår i praktiken olika typer av transaktionskostnader. Förvaltarna (Kammarkollegiet och förvaltare av externa mandat) tar även ut en förvaltningsavgift som kompensation för förvaltning, administration och förvaring av instrumenten.

I simuleringen antas både transaktionskostnader och förvaltningskostnader vara noll. Anledningen är att kostnaderna redan tas upp i modelleringen av de s.k. merkostnaderna, som i övrigt innefattar

⁴³ Valutaexponering på skuldsidan beaktas i modelleringen av de prisrisker – EEF5 (Koppar) och EEF6 (Bentonit) – som noteras i USD. Kammarkollegiet har dock på begäran erhållit data från SKB om ytterligare valutaexponering som kan antas finnas i kostnaderna.

bland annat statens och kommuners kostnader för kärnavfallsprogrammet. I merkostnaderna ingår Kammarkollegiets kostnader för förvaltning av kapitalet (tillsammans med kostnader för externa mandat). Att modellera transaktions- och förvaltningskostnader separat skulle därför innebära dubbelräkning av kostnader.

4.4.3. Generering av avkastningsscenarioer i GLASS

På en övergripande nivå skapas scenarier för de tillgångsslag som kärnavfallsfonden tillåts placera i genom en samverkan av olika komponenter i DSG:n. Utgångspunkten är nuvarande marknadsläge, som successivt övergår till ett långsiktigt avkastningsantagande. Scenariernas övergång från rådande marknadsläge till ett långsiktigt avkastningsantagande drivs dels av grundprinciper som uppvisas i historiska tidsserier, dels av expertbedömningar. Teorin och metod för allmän scenario-generering i GLASS beskrivs mer utförligt i kapitel 4.1.

För att skapa scenarier för de tillgångsslag som kärnavfallsfonden tillåts placera i används i första hand redan existerande core-variabler i DSG:n. I detta avsnitt beskrivs översiktligt hur de tillgångsslag som kärnavfallsfonden tillåts placera i modelleras i GLASS⁴⁴. Eftersom Ortecs metod för att skapa långsiktiga avkastningsantaganden är densamma för alla tillgångsslag så beskrivs denna metod först. Sedan beskrivs hur tillgångsslagen modelleras. För *basportföljen* beskrivs:

- svenska statsobligationer,
- svenska realobligationer,
- svenska statsskuldväxlar, och
- skuldförbindelser utgivna enligt lagen (2003:1223) om utgivning av säkerställda obligationer.

Och för i *den långsiktiga portföljen* beskrivs:

- svenska företagsobligationer och företagsobligationsfonder,
- globala företagsobligationer och företagsobligationsfonder,
- svenska aktier och aktiefonder, och
- globala aktier och aktiefonder.

Avsnittet avslutas med en sammanfattande tabell som visar vilka variabler som används för att modellera respektive tillgångsslag. För en mer detaljerad beskrivning av modelleringen hänvisas läsaren till Ortecs rapport *Asset Class Modeling Overview* [13].

⁴⁴ Detta avsnitt beskriver enbart hur de avkastningskurvor som används för att modellera tillgångsslagen i kärnavfallsfonden byggts upp samt vilka avkastningskurvor som används. Avkastningskurvornas nivåer kalibreras sedan så att de överensstämmer med den diskonteringsräntekurva som enligt finansieringslagen och finansieringsförordningen ska användas vid beräkning av kompletteringsbeloppen. Hur avkastningarna i GLASS kalibreras så att de motsvarar de avkastningar som implicit ges av diskonteringsräntekurvan beskrivs i avsnitt 4.4.4.

Byggstensmetod för långsiktiga avkastningsantaganden

För att ta fram långsiktiga avkastningsantaganden för olika tillgångsslag använder Ortec en byggstensmetod (building-block approach). Långsiktiga avkastningsantaganden byggs upp som en riskfri ränta som är gemensam för flera tillgångsslag och adderar därpå en riskpremie som är unik för varje tillgångsslag. Olika tillgångsslags långsiktiga avkastningsantaganden relaterar till varandra för att skapa konsekvens mellan tillgångsslagen. För en detaljerad beskrivning av Ortecs byggstensmetod hänvisas läsaren till rapporterna: Kramer (2014) [14] och Cong et al. (2020) [15].

För att exemplifiera metoden så byggs aktieindexet för utvecklade länders (developed markets) förväntande långsiktiga avkastningsantagande (5,75 procent⁴⁵) upp med en:

- aktiemarknadsriskpremie (2,75 procent) som i sin tur består av byggstenarna:
 - förväntad värdeförändring (carry),
 - förväntad tillväxt i kassaflöden, och
 - förväntad förändring i värderingsstandarder (långsiktigt P/E-tal). Samt med en:
- nominell lång statsränta (3 procent) som i sin tur består av:
 - den reala korta räntan (0 procent),
 - den reala löptidsfördelningen (0,75 procent),
 - den förväntade inflationen (2 procent), och
 - inflationsriskpremien (0,25 procent).

Svenska statsobligationer

Avkastningskurvan för svenska statsobligationer modelleras med nominella terminsräntor (yield term structures), dvs. observerade nominella räntor för statsobligationer med olika löptider. För att modellera formen på avkastningskurvan använder Ortec en Nelson-Siegel-funktion⁴⁶. Sverige har en lång datahistorik vilket möjliggör att Ortec även kan bryta ner avkastningskurvan i tre olika frekvenser (en trend, en konjunkturcykel, och en månadsfrekvens).

Det långsiktiga avkastningsantagandet för svenska nominella 3-månaders och 10-åriga statsobligationsräntor baseras på Ortecs byggstensmetod beskriven ovan.

Svenska realobligationer

I svenska realobligationer indexerar kuponger och inlösen med inflationen som varit under obligationens löptid. Det innebär att investerare är skyddade från inflation och avkastningen består därmed av en fast realränta. I likhet med svenska statsobligationer modelleras svenska realobligationer med terminsräntor. Ortec modellerar den reala avkastningskurvan genom att uppskatta parametrarna i en Nelson-Siegel-funktion på liknande sätt som för nominella statsobligationer. Svenska realobligationer är relativt de amerikanska och brittiska motsvarigheterna mindre likvida. Skulle det finnas löptider som inte är tillgängliga så bestäms den reala räntan för dessa löptider genom att extrapolera närmaste löptider.

⁴⁵ I skrivande stund 5,75 procent, långsiktiga antaganden ses löpande över av Ortec och kan komma att ändras i framtiden.

⁴⁶ Nelson-Siegel-funktionen är en vanligt förekommande funktion vid modellering av en obligationsavkastningskurva. Funktionen modelleras genom tre parametrar: nivån, lutningen och krökningen på avkastningskurvan. Ortec använder räntor på 3 månader och 10 år för att bestämma nivån och lutningen, medan krökningen uppskattas så att den passar bäst med övriga löptider.

Det långsiktiga avkastningsantagandet för svenska 3-månaders och 10-åriga realobligationsräntor baseras på Ortecs byggstensmetod beskriven ovan. Ortec modellerar sedan break-even inflationen (BEI) som skillnaden mellan den nominella avkastningen för en statsobligation och den reala avkastningen för en realobligation med samma löptid.

När sedan kärnavfallsfondens svenska realobligationer ska prissättas i GLASS så görs det med hjälp av avkastningskurvan för nominella obligationer tillsammans med break even-inflationen. Slutligen används det realiserade konsumentprisindex (KPI) för varje år, som är en core-variabel i Ortecs DSG, för att avspegla hur kupongerna indexeras och hur värdet utvecklar sig på en svensk realobligation.

Svenska statsskuldväxlar

Svenska statsskuldväxlar modelleras med Ortecs standardfunktion för statsskuldväxlar och använder avkastningskurvan för svenska statsobligationer som bakomliggande instrument. Uppbyggnad av avkastningskurvan för svenska statsobligationer är beskriven ovan.

Skuldförbindelser utgivna enligt lagen (2003:1223) om utgivning av säkerställda obligationer

Avkastningskurvan för säkerställda obligationer modelleras inte direkt utan beräknas utifrån terminräntor för svenska statsobligationer med tillägg av spreadkurva för säkerställda obligationer som tar hänsyn till en högre förväntad avkastning. Ortec använder samma metod att modellera säkerställda obligationer som de utvecklat för företagsobligationer, vilken beskrivs härnäst.

Svenska företagsobligationer och företagsobligationsfonder

Svenska företagsobligationer och företagsobligationsfonder modelleras på samma sätt i GLASS. Ortec använder euroområdet företagsobligationer som proxy för att modellera svenska företagsobligationer, detta eftersom svenska företagsobligationer inte ingår som en core-variabel i deras DSG. Avkastningskurvan för företagsobligationer modelleras inte direkt utan beräknas med hjälp av statsobligationers terminräntor tillsammans med en spreadkurva för företagsobligationer. Spreadkurvan för företagsobligationer modelleras med en Nelson-Siegel-funktion och kan brytas ner i samma frekvenser som ovan beskrivs för statsobligationer. Byggstensmetoden, beskriven ovan, används för att konstruera långsiktiga avkastningsantagandet.

Globala företagsobligationer och företagsobligationsfonder

Globala företagsobligationer och företagsobligationsfonder modelleras på samma sätt i GLASS. Avkastningskurvorna för globala företagsobligationsfonder modelleras, som beskrivits ovan för svenska företagsobligationer, inte direkt utan beräknas med hjälp av terminräntor för statsobligationer tillsammans med en spreadkurva för företagsobligationer. De marknader som modelleras i kärnavfallsfondens portfölj av företagsobligationer är USA, euroområdet och Storbritannien. Till skillnad från svenska företagsobligationer ingår dessa marknader som core-variabler i Ortecs DSG och modelleras med de metoder som beskrivits ovan, för svenska företagsobligationer, både på kort och på lång sikt.

Svenska aktier och aktiefonder

Svenska aktier och aktiefonder modelleras på samma sätt i GLASS. Svenska aktier är en core-variabel i Ortecs DSG och modelleras på landnivå. Ortec använder ett bruttoavkastningsindex i modelleringen med data från Bloomberg.

Sverige har en lång datahistorik vilket möjliggör att Ortec kan bryta ner avkastningskurvan i de tre frekvenser beskrivna ovan för svenska statsobligationer. Med hjälp av dessa tre frekvenser konstruerar Ortec sedan en modell där volatiliteten beror på olika värderingsnivåer (state-dependency models), mer om denna metod går att läsa i Steehouwer (2011) [16].

Det långsiktiga avkastningsantagandet bygger på byggstensmetoden beskriven ovan. CAPM-modellen⁴⁷ (capital asset pricing model) används sedan för att anta den långsiktiga svenska aktieavkastningen. Ortec beräknar först det långsiktiga avkastningsantagandet för ett världsindex som summan av tre byggstenar som är:

- förväntad värdeförändring (carry),
- förväntad tillväxt i kassaflöden och
- förväntad förändring i värderingsstandarder (långsiktigt P/E-tal).

När detta gjorts för världsindexet så används detta som grund för beräkning av Sveriges relation till världsindexet (beta-parametern i CAPM). Långsiktiga volatilitetsantagandena baseras på den historiska volatiliteten.

Globala aktier och aktiefonder

Globala aktier och aktiefonder modelleras på samma sätt i GLASS. De marknader som ingår i kärnavfallsfondens portfölj av globala aktier är USA, euroområdet, Storbritannien och Japan. Samtliga av dessa marknader modelleras i GLASS på landnivå med samma metoder som beskrivs ovan för svenska aktier.

Sammanfattning hur de tillåtna tillgångsslagen modelleras i GLASS

I tabell 6 nedan visar vilka avkastningskurvor som används för att modellera de olika tillgångsslagen som ingår i kärnavfallsfondens portfölj.

⁴⁷ CAPM-modellen utvecklades bland annat av William Sharpe som 1990 mottog Sveriges Riksbanks pris i ekonomisk vetenskap till Alfred Nobels minne. Modellen är vanligt förekommande för att avgöra ett teoretiskt lämpligt avkastningskrav på en tillgång. Modellen tar hänsyn till tillgångens känslighet för marknadsrisk (beta), den förväntade avkastningen på marknaden och den förväntade avkastningen av en teoretisk riskfri tillgång.

Tabell 6. Generering av avkastning för respektive tillgångsslag

Tillgångsslag	Grundläggande data	Spread
Svenska statsobligationer	Avkastningskurva för svenska statsobligationer	i/a
Svenska realobligationer	Avkastningskurva för svenska statsobligationer justerat med BEI/KPI	i/a
Svenska statsskuldväxlar	Avkastningskurva för svenska statsobligationer	i/a
Säkerställda obligationer	Avkastningskurva för svenska statsobligationer	Spreadkurva för svenska säkerställda obligationer
Svenska företagsobligationer och företagsobligationsfonder	Avkastningskurva för svenska statsobligationer	Spreadkurva för euroområdets företagsobligationer med BBB-rating (proxy)
Globala företagsobligationer och företagsobligationsfonder	Avkastningskurva för amerikanska, euroområdets och brittiska statsobligationer	Spreadkurva för amerikanska, euroområdets och brittiska företagsobligationer med A-rating
Svenska aktier och aktiefonder	Aktieindex för Sverige	i/a
Globala aktier och aktiefonder	Aktieindex för USA, euroområdet, Storbritannien och Japan	i/a

4.4.4. Kalibrering av avkastningars väntevärden

Diskonteringen i beräkningar och avkastningen på kärnavfallsfondens portfölj

Vid beräkning av kompletteringsbeloppet ska, enligt 9 § finansieringslagen, de återstående grundkostnaderna och merkostnaderna beräknas med en diskonteringsränta som motsvarar den förväntade avkastningen i kärnavfallsfonden. I finansieringsförordningen preciseras kravet ytterligare. Enligt förordningen ska kompletteringsbeloppet beräknas så att grundkostnaderna och merkostnaderna beräknas med en riskfri diskonteringsräntekurva med ett tillägg på 0,75 procentenheter.

Av regleringarna framgår alltså att kompletteringsbeloppet ska diskonteras med den avkastning som kan förväntas på kärnavfallsfondens marknadsplaceringar. I avsnitt 2 beskrivs principerna för beräkning av kompletteringsbeloppet, vilka innebär att kompletteringsbeloppet målsöks till det belopp som tillsammans med finansieringsbeloppet gör att fondvärdet är över noll för nittio procent av scenarierna på slutåret. I den bemärkelsen sker ingen traditionell nuvärdesberäkning av kompletteringsbeloppet med en diskonteringskurva. Istället innebär definitionen av kompletteringsbeloppet att den avkastning som kan förväntas på placeringarna bör motsvaras av avkastningen som implicit ges av diskonteringsräntekurvan.

Det är osannolikt att de avkastningsscenarier som GLASS genererar, och som beskrivits tidigare, överensstämmer med avkastningen som antas i uppbyggnaden av den nominella diskonteringsräntekurvan enligt finansieringsförordningen. Såväl metoder som långsiktiga antaganden skiljer sig mellan de som används av Ortec för att skapa avkastningsscenarier i GLASS och de som används i uppbyggnaden av den reglerade diskonteringsräntekurvan. För att efterleva regleringen behöver därför avkastningarna i GLASS kalibreras så att de motsvarar de avkastningar som implicit ges av den reglerade diskonteringsräntekurvan. Eftersom uppbyggnaden av diskonteringskurvan är deterministisk och därmed bygger på ett scenario, så får det antas att detta

enskilda scenario avser förväntade värden. Således är det medelvärden som kalibreras. På så sätt behålls spridning kring medelvärdet i avkastningarna som GLASS skapar.

En fördel med detta tillvägagångssätt är att konsistens uppnås mellan å ena sidan beräkning av kompletteringsbeloppet, å andra sidan beräkning av kärnavfallsavgifter och finansieringsbelopp. Därmed diskonteras skulder och tillgångar i avgiftsberäkningen med samma reglerade förväntade avkastning i kärnavfallsfondens placeringar som används vid beräkning av kompletteringsbeloppen.

Uppbyggnad av diskonteringskurvan

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.

UFR beräknas av European Insurance and Occupational Pensions Authority (EIOPA) som förväntad inflation plus genomsnittet av årliga korta realräntor sedan 1961. När Riksgälden beräknar ett kompletteringsbelopp som föreslås gälla för en viss avgiftsperiod används den UFR som gäller för det inledande året av denna period. Enligt Finansinspektionens föreskrifter (26 § FFFS 2019:21) får svenska tjänstepensionsbolag under en övergångsperiod använda en metod där 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. Riksgälden tillämpar denna infasning vid beräkning av kompletteringsbeloppen. Enligt metoden ska UFR beräknas som ett viktat medelvärde mellan EIOPA:s UFR och värdet 4,2 procent där viktningen successivt ökar mot EIOPA:s beslutade nivå för att vara fullt ut implementerad till 2026, se tabell 7 nedan.

Tabell 7. Tillämpad infasning av EIOPA:s UFR

År	Vikten för värdet beräknat av EIOPA	Vikten för värdet 4,2 procent
2020 och 2021	0	1
2022	0,2	0,8
2023	0,4	0,6
2024	0,6	0,4
2025	0,8	0,2
2026 och senare	1	0

Källa: Finansinspektionens föreskrifter (26 § FFFS 2019:21)

Slutligen görs ett tillägg på 0,75 procentenheter på alla löptider för att spegla att kärnavfallsfonden kan placera i mer riskfyllda tillgångar som säkerställda obligationer och aktier. Tillägget bygger i grunden på antagandet att kärnavfallsfonden i genomsnitt utnyttjar hälften av sitt placeringsmandat

för aktier och att resterande placeringar består till hälften av svenska statspapper och till hälften av säkerställda obligationer. Den antagna genomsnittliga allokeringen i portföljen blir därför 40 procent statspapper, 40 procent säkerställda obligationer och 20 procent aktier. Premierna för tillgångsslagen antas vara 0 procent för statspapper, 0,50 procent för säkerställda obligationer och 2,75 procent för aktier, vilket därmed ger ett totalt påslag om 0,75 procent.

De framtida förväntade 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. De reala kassaflödena räknas därför 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.

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.

Den reala diskonteringskurvan beräknas i GLASS genom Fisher-sambandet, där den reala räntan (r_t) och nominella räntan (r_t^n) för löptid t uttrycks som

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

och π_t är inflationen för samma löptid.

Tillämpad kalibrering i GLASS

I GLASS finns en modul som kan användas för att göra skiften i avkastningars medelvärden för räntekurvor och aktieriskpremier⁴⁸. Modulen används i två steg för att kalibrera avkastningarnas medelvärden i GLASS så att de överensstämmer med diskonteringskurvan, enligt principerna som beskrivits tidigare. I första steget antas den årliga simulerade terminsräntan för en statsobligation med en viss löptid motsvara den årliga implicita terminsavkastningen i den riskfria nominella kurvan. Med "riskfria" avses i detta sammanhang den nominella diskonteringskurvan utan riskpåslaget om 0,75 procentenheter. Löptiden för statsobligationen som används som bas för kalibreringen väljs så att den överensstämmer med den senast kända genomsnittliga löptiden för statspapper i kärnavfallsfonden. För varje simulering fås därmed ett skifte i avkastningskurvan som appliceras för alla löptider. Samma årliga skifte appliceras sedan på det geometriska medelvärdet av de simulerade

⁴⁸ Economy Customization Layer (ECL)

aktieavkastningarna över hela simuleringshorisonten⁴⁹. I steg två justeras de årliga aktieavkastningarna med differensen mellan den långsiktiga aktieriskpremie som antas i GLASS⁵⁰ och den aktieriskpremie som antas i uppbyggnaden av diskonteringsräntekurvan, dvs. 2,75 procent.

Resultatet efter simuleringen är de nya scenarierna har en genomsnittliga avkastning som nära motsvarar avkastningen som implicit antas i uppbyggnaden av diskonteringskurvan. Fullständig överensstämmelse kommer inte att uppnås, vilket heller inte är syftet. För det första uppstår diversifieringseffekter eftersom portföljen består av en samling mer eller mindre okorrelerade tillgångar. Detta bidrar med positiv avkastning. För det andra stämmer inte nödvändigtvis fördelningen mellan aktier (20 procent), statspapper (40 procent) och säkerställda obligationer (20 procent) som antas i uppbyggnaden av riskpåslaget i diskonteringskurvan, med den fördelning som antas gälla i modelleringen i GLASS. Exempelvis ger en högre andel aktier i simuleringarna än vad som antas i uppbyggnaden av riskpåslaget, en högre total avkastning för placeringarna (och även en högre volatilitet i de simulerade avkastningarna).

4.4.5. Sammanfattning – modellering av kärnavfallsfondens marknadsplaceringar

Modelleringen av kärnavfallsfondens marknadsplaceringar kan sammanfattas enligt följande:

- Modelleringen följer regleringarna i förvaltningsförordningen och placeringspolicyn, även om vissa förenklingar har gjorts.
- Kärnavfallsfonden är indelad i två portföljer, basportföljen (statspapper och säkerställda obligationer) och den långsiktiga portföljen (företagsobligationer och aktier). I modelleringen antas riktmarksvikterna vara den sammansättning tillgångar som gäller för basportföljen och den långsiktiga portföljen. De strategiska vikterna i placeringspolicyn används som underlag för hur stora andelar varje reaktorinnehavare ska ha av de två portföljerna i modelleringen. Hur stora andelar av varje portfölj som reaktorinnehavarna får äga begränsas också av den så kallade 20-års-regeln.
- Scenarier för de tillgångsslag som kärnavfallsfonden tillåts placera i skapas genom en samverkan av olika komponenter i DSG:n. Utgångspunkten är nuvarande marknadsläge, som successivt övergår till ett långsiktigt avkastningsantagande. Scenariernas övergång från rådande marknadsläge till ett långsiktigt avkastningsantagande drivs dels av grundprinciper som uppvisas i historiska tidsserier, dels av expertbedömningar.
- Långsiktiga avkastningsantaganden byggs upp som en riskfri ränta som är gemensam för flera tillgångsslag och en riskpremie som är unik för tillgångsslaget.
- Av regleringarna framgår att kompletteringsbeloppet ska diskonteras med den avkastning som kan förväntas på kärnavfallsfondens marknadsplaceringar. För att efterleva regleringen kalibreras avkastningarna i GLASS så att de motsvarar de avkastningar som implicit ges av diskonteringsräntekurvan.

4.5. Modellering av framtida avgiftsintäkter

Reaktorinnehavare betalar avgifter till fonden för att täcka upp för skillnaden mellan deras nuvarande innehav i fonden och framtida kostnader. För reaktorinnehavare med en eller fler reaktorer i drift

⁴⁹ För närvarande 60 år då de förväntade kostnaderna i kärnavfallsprogrammet sträcker sig till 2080 enligt Plan 2019.

⁵⁰ Denna ses över av Ortec inför varje uppdatering av "Economy" i GLASS

fördelas avgiftstillgången ut på summan av den återstående förväntade elproduktionen för dess reaktorer. För en reaktorinnehavare med avställda reaktorer, och därför ingen elproduktion, räknas avgiftstillgången om till ett årligt belopp fördelat på tre år. De framtida avgiftsinbetalningarna för en reaktorinnehavare med reaktorer i drift består alltså något förenklat av tre komponenter: reaktorinnehavarens kärnavfallsavgift, den årliga förväntade elproduktionen och reaktorns återstående drifttid. I kommande avsnitt beskrivs dessa komponenter och hur de interagerar för att simulera framtida avgiftsinbetalningar till kärnavfallsfonden.

4.5.1. Behov att modellera avgiftsintäkter

I beräkningen av kompletteringsbeloppet antas att de framtida avgiftsinbetalningarna till kärnavfallsfonden är noll från och med början av nästa avgiftsperiod. Däremot krävs scenarier för inbetalningar för första simuleringsperioden, dvs. perioden då beräkningen görs och fram till tidpunkten då nästa avgiftsperiod börjar, men inte för perioder efter det.

Det finns dock andra omständigheter som gör det relevant att modellera avgiftsintäkter. För det första kan modellen användas för att ta fram underlag för beslut om strategisk allokering av fondens tillgångar, vilket innebär att systemet löper på som "vanligt", dvs. att reaktorinnehavarna fortsätter betala avgifter och att finansieringsbeloppet och kompletteringsbeloppet inte behöver kallas på. För det andra kan det för Riksgälden i olika rapporteringssammanhang vara aktuellt att illustrera utvecklingen av en reaktorinnehavares balansräkning, givet att systemet flyter på och reaktorinnehavarna fortsätter betala kärnavfallsavgifter.

Av dessa anledningar finns det möjlighet i GLASS att välja om simuleringarna ska göras med eller utan hänsyn till framtida avgiftsinbetalningar efter första året.

4.5.2. Kärnavfallsavgifter

I GLASS specificeras för varje reaktorinnehavare den nuvarande kärnavfallsavgiften, som är den avgift som gäller för simuleringens första period. Underlag för denna avgift är under vanliga omständigheter regeringens avgiftsbeslut för innevarande tre-års period. Dessutom behöver den framtida kärnavfallsavgiften definieras, vilken är den avgift som antas gälla för reaktorinnehavarens återstående inbetalningsperiod. Det finns möjlighet att välja om den framtida avgiften ska hållas konstant under hela inbetalningsperioden eller om avgiften ska tillåtas variera⁵¹. Om avgiften antas konstant under inbetalningsperioden anges nivån på avgiften i modellen. Nivån på den konstanta avgiften beräknas tillsammans med finansieringsbeloppet deterministiskt i Excel utanför GLASS.

Om avgiften tillåts variera beräknar modellen en ny avgift vid varje specificerat intervall som gör att nuvärdet av reaktorinnehavarens förväntade återstående skulder är lika stora som nuvärdet av de förväntade återstående inbetalningarna. Modellen behöver därmed för varje framtida intervall beräkna nuvärdet av de olika komponenterna i en reaktorinnehavares balansräkning. Diskontering av framtida kassaflöden görs enligt samma metod som beräkning av kärnavfallsavgifter och finansieringsbelopp, se kapitel 4.4.4 för beskrivning av uppbyggnad av diskonteringsräntekurvor.

Att modellen rebalanserar reaktorinnehavarens balansräkning ska spegla att kärnavfallsavgifterna beslutas om tre år i taget och att regeringen har möjlighet att bestämma nya avgifter för balans inför

⁵¹ Att avgiften tillåts variera över inbetalningsperioden är inte samma sak som att den är stokastisk. Avgiften beräknas alljämt deterministiskt.

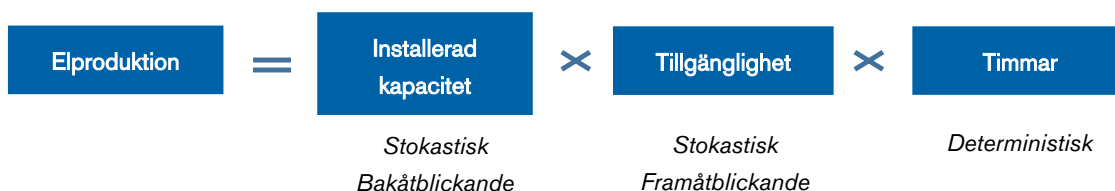
varje avgiftsperiod om så krävs. Till vilken grad rebalansering av avgifter kan anses återspegla ett realistiskt scenario går att diskutera.

4.5.3. Elproduktion

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. Metoden har sedan dess integrerats som en modul i ALM-modellen och beräkningarna görs därmed av GLASS⁵².

Målet med prognosmetoden är att skapa scenarier för årlig elproduktion för varje aktiv reaktor under reaktorns drifttid. 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 8. Beräkning av elproduktion från reaktorer



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 8760 (365*24) för ett normalår och 8784 (366*24) för ett skottår. Antal tillgängliga timmar under reaktorns slutår beräknas utifrån dess planerade drifttid enligt regleringen i finansieringsförordningen, se senare avsnitt. I följande avsnitt beskrivs beräkningen av installerad kapacitet och tillgänglighet.

⁵² Samma modell används alltså för att ta fram förväntad elproduktion i beräkningen av kärnavfallsavgifter (som görs i Excel utanför GLASS) som i simulering av avgiftsinbetalningar i GLASS.

Skattning av installerad kapacitet

För en reaktors installerade kapacitet (reference unit power) används den definition som används av IAEA [17]:

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 SSM i reaktordrift⁵³ 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 procents sannolikhet att utfallet inte överstiger lågvärdet och 90 procents 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 vara 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.

Väntevärden för installerad kapacitet beräknas analytiskt utifrån definitionen på fördelningen och de angivna parametrarna.

Skattning av tillgänglighet

Det finns många olika sätt att definiera tillgänglighet i en reaktor⁵⁴. 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.

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 PRIS (Power Reactor Information System) [18]. Vid beräkning av historiska serier för tillgängligheter exkluderas en reaktors fem första driftår.

⁵³ Anläggningsansvariga (tre stycken) på myndighetens avdelning för Kärnkraftssäkerhet.

⁵⁴ Se illustration s 21, IAEA Technical Reports series no. 428 [17].

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 reaktorinnehavaren är skyldig att finansiera.

Scenarier för tillgänglighet skapas 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.

4.5.4. Återstående drifttid

Reaktorernas återstående drifttid bestäms av 4 § finansieringsförordningen som säger att varje reaktor ska anses ha en total drifttid om 50 år eller en återstående drifttid om minst sex år (sexårsregeln), om det inte finns skäl att anta att drifttiden kan komma att upphöra dessförinnan. Eftersom drifttiden är definierad i förordningen behandlas den som ett fast antagande i beräkningarna av såväl avgifter som säkerhetsbelopp. Således görs ingen bedömning av osäkerheten att en reaktor över- eller understiger sin förväntade drifttid och därmed finns inget behov av att skapa scenarier för drifttiden.

I praktiken specificeras för varje reaktor ett datum för driftstopp. GLASS stoppar simuleringen när tidpunkten för driftstopp har uppnåtts. För reaktorinnehavare utan reaktorer i drift ska det återstående finansieringsbehovet fördelas över de kommande tre åren.

4.5.5. Simulering av avgiftsinbetalningar till kärnavfallsfonden

För varje reaktor i drift kan för varje scenario förväntade årliga avgiftsinbetalningar beräknas som produkten mellan förväntad elproduktion (enligt metoden som beskrivits ovan) och de nivåer och inställningar som specificerats för kärnavfallsavgiften (fast eller rörlig avgift). Inbetalningarna aggregeras för de reaktorer som hör till respektive reaktorinnehavare. I modelleringen antas att 50 procent av avgiftsinbetalningarna inkommer i januari och 50 procent inkommer i december. Detta är en approximation då avgifter för reaktorinnehavare med reaktorer i drift betalas senast en månad efter utgången kvartal då produktionen har uppstått. För reaktorinnehavare med avställda reaktorer betalas hela årssumman in senast en månad efter utgången kalenderår.

Simuleringen rullas framåt för varje tidssteg under reaktorernas förväntade återstående drifttid enligt beskrivning i ovan. Efter det att reaktorernas förväntade drifttid uppnåtts antas avgiftsinbetalningarna vara noll under simuleringsperiodens resterande period. För reaktorinnehavare utan reaktorer i drift beräknas framtida avgiftsinbetalningar som kärnavfallsavgiften under de kommande tre åren.

4.5.6. Sammanfattning – modellering av framtida avgiftsintäkter

Följande sammanfattar modelleringen av framtida avgiftsintäkter.

- Avgiftsintäkter behöver modelleras för att:
 - Skapa scenarier för inbetalningar för första simuleringsperioden vid beräkning av kompletteringsbeloppen
 - Skapa scenarier för reaktorinnehavarnas återstående drifttid för att ta fram underlag för beslut om strategisk allokering av fondens tillgångar eller för att illustrerar utvecklingen av en reaktorinnehavares balansräkning givet att systemet flyter på som "vanligt".
- De framtida förväntade avgiftsinbetalningarna för en reaktorinnehavare med reaktorer i drift består av produkten av kärnavfallsavgiften, den årliga förväntade elproduktionen och reaktorns återstående drifttid
- En reaktors årliga elproduktion estimeras som produkten av reaktorns installerade kapacitet, tillgängligheten på el och antal kalendertimmar under det aktuella året.
- Reaktorernas återstående drifttid bestäms av 4 § finansieringsförordningen enligt vilken varje reaktor ska anses ha en total drifttid om 50 år eller en återstående drifttid om minst sex år (sexårs-regeln), om det inte finns skäl att anta att drifttiden kan komma att upphöra dessförinnan.

4.6. Simulering av fondtillgången för beräkning av kompletteringsbeloppet

I detta avsnitt beskrivs hur fondsaldot simuleras i GLASS för beräkning av kompletteringsbeloppen. Beräkningarna kan något förenklat delas in i fem steg:

1. ange simuleringsparametrar och indata,
2. skapa scenarier,
3. spela upp scenarier,
4. målsöka totalt säkerhetsbelopp och
5. räkna ut kompletteringsbelopp.

Utgångspunkten är den principiella beskrivning för beräkning av kompletteringsbeloppet som redovisades i kapitel 2 samt beskrivningar av modelleringen av framtida kostnader, avkastningar och avgiftsinbetalningar i efterföljande kapitel. Bortsett från första året simuleras inte framtida avgiftsinbetalningar till kärnavfallsfonden.

4.6.1. Steg 1: ange simuleringsparametrar och indata

I första steget anges övergripande parametrar för simuleringen samt indata för tillgångar och skulder. I detta avsnitt beskrivs främst sådant som behöver konfigureras och uppdateras med jämna mellanrum, exempelvis kostnadsdata (vart tredje år), och inte nödvändigtvis uppdateringar som behöver ändras vid varje beräkningstillfälle. Inställningar som är en del av den långsiktiga modellkonfigurationen, exempelvis val av variabler för att representera tillgångarna eller övergripande struktur för volymrisker, beskrivs därför inte.

Övergripande simuleringsparametrar

Flera övergripande simuleringsparametrar behöver anges i GLASS. För det första behöver antalet scenarier definieras. I utvecklings- och tidig analysfas användes 10 000 scenarion, vilket visade sig ge en rimlig avvägning mellan tidsåtgång och att slumpen inte påverkade utfallet av resultaten i allt för hög grad. Vid slutlig beräkning av kompletteringsbelopp som ligger till grund för myndighetens förslag kan ett högre antal scenarier, eller andra metoder⁵⁵, komma att användas för att ytterligare förbättra precisionen i resultaten.

Simuleringshorisonten anges i storheten antal år. Simuleringshorisonten behöver vara lika lång eller längre än reaktorinnehavarnas kassaflöden för de kostnader som avser deras del av kärnavfallsprogrammet. I praktiken är det sista året då reaktorinnehavarna har förväntade kostnader som har betydelse för simuleringens utfall eftersom inga ytterliga in- och utflöden görs till fonden efter detta år.

Datum för simuleringens start anges som månad och år. Vanligtvis sammanfaller startpunkten för simuleringen med senaste kvartalsvisa uppdatering av den s.k. "economy" i GLASS. Det är möjligt att göra simuleringar med en tidigare "economy"-tidpunkt. Simuleringssteget är definierat till ett år. Detta görs av flera anledningar, bland annat eftersom kostnader anges på årlig basis och att prognoshorisonten är lång (sextio år från 2021).

Indata för tillgångar

De marknadsvärderade innehaven i tillgångsslagen för basportföljen och den långsiktiga portföljen behöver anges i GLASS samt hur stora andelar av respektive portfölj varje reaktorinnehavare har vid simuleringens start. Underlag för detta sammanställs och erhålls av Kammarkollegiet per den sista dagen för månaden som är simuleringens starttidpunkt.

Den övergripande investeringsstrategin definieras genom att ange den långsiktiga sammansättningen av tillgångsslag som gäller för basportföljen och den långsiktiga portföljen. Vidare anges hur stora andelar av basportföljen respektive den långsiktiga portföljen varje reaktorinnehavare ska ha, de så kallade strategiska vikterna. Inom ramen för investeringsstrategin definieras också valuta-hedge i den långsiktiga portföljen.

I ECL-modulen kalibreras avkastningsscenariernas medelvärden. Modulen kräver målvärden mot vilka avkastningarna ska kalibreras. Målvärden fås genom att i Excel räkna ut skillnaden mellan den implicita avkastningen som följer av den "riskfria" nominella diskonteringskurvan och medelavkastningarna i GLASS för statspapper (för löptid som motsvarar den genomsnittliga löptiden för statspapper i kärnavfallsfonden) samt skillnaden mellan antagen aktieriskpremie i uppbyggnad av riskpåslaget och medelaktieriskpremien för aktier över sextio år i GLASS. Detta förklaras närmare i kapitel 4.4.

I en annan modul anges parametrarna som styr sammansättningen av den nominella diskonteringskurvan och inflationskurvan, bland annat parametrar för swap-räntor, löptidsstruktur för terminsräntor, riskpåslag och UFR. Med undantag för UFR bör parametrar inte ändras, såvida inte exempelvis Riksgälden ändrar metod för beräkning av räntekurvorna eller finansinspektionen ser över

⁵⁵ Exempel på sådana metoder är att simulera i flera omgångar med olika seeds och använda medelvärdet från simuleringsrundorna, eller att interpolera värdet mellan närliggande konfidensgrader.

föreskrifterna som styr konstruktionen av räntekurvorna. Förväntningen är dock att nivån på UFR från och med år 2021 successivt kommer att sänkas och därmed kommer behöva justeras.

Kärnavfallsavgift för innehavande år anges som öre per kWh för reaktorinnehavare med reaktorer i drift och som kronor per år för reaktorinnehavare som har samtliga reaktorer avställda. Nivåerna för innevarande år är redan beslutade av regeringen (efter tidigare förslag från Riksgälden). Även parametrar till PERT-fördelningarna som styr beräkningen av framtida kapacitet i reaktorerna behöver anges, samt historiska data för realiserad elproduktion från reaktorerna. Tillsammans utgör PERT-fördelningarna och historisk elproduktion underlag för simuleringen av scenarier för elproduktion.

Indata för skulder

För varje reaktorinnehavare behöver årliga kostnader anges för kostnadsposterna avveckling, slutförvaring, merkostnader och justeringar. Avveckling och slutförvaring framgår av SKB:s Planrapporter som redovisas vart tredje år. Posten merkostnader beräknas av Riksgälden med stöd av berörda myndigheter och kommuner.

GLASS kräver även data på hur stor andel av de årliga kostnaderna för varje reaktorinnehavare som är exponerade mot varje given prisrisk och varje given volymrisk. Underlag för exponeringen mot relativpriser (EEF) beräknas av Riksgälden utifrån information från Plan-rapporterna, vilket kräver att beräkningar görs i Excel innan data kan importeras till GLASS.

Vidare behöver parametrarna för årlig volatilitet anges för de två volym-riskfaktorerna programrisk och merkostnader. Parametrarna beräknas utanför modellen genom benchmarking och kalibrering mot kostnadsdata som Riksgälden anser representera riskerna i kärnavfallsprogrammet.

4.6.2. Steg 2: skapa scenarier

I nästa steg skapar GLASS för varje tidssteg scenarier för avkastningar och kostnader (och elproduktion första året) med de inställningar som definierats i steg 1. De realiserade scenarierna sparas för att sedan användas när scenarierna spelas upp i steg 3 och steg 4.

Avkastningsscenarier

När simuleringen startar skapar GLASS årliga avkastningar för de variabler som representerar tillgångarna som tidigare har angivits, exempelvis svenska statsobligationer och globala aktiefonder. Scenarierna bygger i grunden på den probabilistiska beräkningsmetodik med DSG:n som tidigare beskrivits i kapitel 4.1 samt de byggstenar, exempelvis långsiktiga avkastningsantaganden, som är unika för varje tillgångsslag som beskrivs i avsnitt 4.4. GLASS använder ECL-modulen för att göra ett skifte i avkastningskurvan för de instrument som simuleras, så att den totala avkastningen i simuleringen närmare stämmer överens med den implicita avkastningen i diskonteringskurvan.

Kostnadsscenarier

Kostnadsscenarier för varje volymrisk skapas genom att för varje år dra värden från en Log-normal-fördelning med medelvärde ett och årlig volatilitet som definierats i steg 1. Värdena länkas samman som ett kedjeindex över tid.

EEF-scenarier skapas i en *satellite model*. I modellen länkas de tidigare skattade regressionsmodellerna samman med DSG:n. KPI är en så kallad "core"-variabel i GLASS. Scenarier för EEF och KPI utgör tillsammans den totala prisrisken och likt volymrisken länkas dessa samman i ett index. Metod för att skapa scenarier för framtida kostnader beskrivs i kapitel 4.3.

Elproduktionsscenarier

Som förklarats tidigare behöver scenarier för förväntad elproduktion för simuleringens första år skapas, men inte efterföljande år. Förväntad elproduktionen för en reaktor estimeras genom att historiska produktionsutfall plockas genom en dragning med återläggnings-teknik som sedan multipliceras med antal återstående produktionstimmar innevarande år och framtida kapacitet. Framtida kapacitet beräknas analytiskt utifrån medelvärdet i en PERT-förening med de parametrar som angivits i steg 1. Metod för att skapa scenarier för framtida avgiftsinbetalningar beskrivs i kapitel 4.5.

4.6.3. Steg 3: spela upp scenarier

De realiserade scenarier som skapats i steg 2 används för att beräkna årliga nettoflöden och fondsaldon under simuleringsperioden för varje reaktorinnehavare.

Fondsaldon år 1

För varje reaktorinnehavare och scenario första året, beräknas tillgångarna genom att marknadsvärdet för varje instrument räknas upp med den realiserade avkastningen för samma instrument. Därefter summeras värdet av reaktorinnehavarens alla instrument. Under första året adderas även realiserade avgiftsinbetalningar. För reaktorinnehavare med reaktorer i drift beräknas avgiftsinbetalningens storlek som produkten mellan kärnavfallsavgiften som angivits i steg 1 och den samlade realiserade elproduktionen för reaktorinnehavarens reaktorer, som beräknats i steg 2. För reaktorinnehavare med avställda reaktorer beräknas avgiftsinbetalningen som ett fast årligt belopp som angivits i steg 1. Hälften av inbetalningarna tillfaller fondvärdet vid årets början och hälften tillfaller vid årets slut. Efter första simuleringssteget, adderas inga ytterligare avgifter.

Utfloppet beräknas för varje reaktorinnehavare och scenario genom att varje kostnadspost räknas upp med realiserad prisrisk (inflation och EEF) och det kedjelänkade volymrisk-indexet, samt de årliga viktparameterna som styr hur exponerade varje risk (volym- och prisrisk) är mot ett givet kassaflöde. Nettofondbehållningen beräknas sedan genom att subtrahera utfloppet från tillgångarna.

I slutet av första året rebalanseras basportföljens respektive den långsiktiga portföljens innehav i instrumenten till riktmärkesvikterna och varje reaktorinnehavares fondinnehav till de strategiska portföljvikterna som angivits i steg 1. Därefter kontrolleras att allokeringen av tillgångar mellan basportföljen och den långsiktiga portföljen uppfylls enligt 20-års-reglen. Vid beräkning av kompletteringsbeloppet blir nettobetalingarna i praktiken bara de framtida utbetalningarna eftersom inga ytterliga avgifter betalas in efter första året. Om tillgångarna för innevarande år är lägre än nuvärdet av nettobetalingarna för innevarande år samt nästkommande 19 åren, så placeras 100 procent av tillgångarna i basportföljen. Om tillgångarna understiger noll investeras 100 procent i kontanta medel med som antas avkasta noll procent.

Diskontering av kostnaderna vid kontroll av placeringsrestriktionen görs med den reala diskonteringskurvan, som i sin tur byggs upp genom Fisher-sambandet av den nominella diskonteringskurvan och inflationskurvan.

Fondsaldon år 2 till slutåret

Det simulerade fondvärdet i slutet på första året blir sedan input till beräkning av fondvärdet år två. Under år två simuleras ett nytt fondvärde baserat på tidigare sparade scenarier, vilket sedan blir input till beräkningar av fondvärde år 3, osv. På så sätt rullas fondvärdet framåt över hela simuleringsperioden. På slutåret beräknas andelen scenarier där fondvärdet är högre än noll.

4.6.4. Steg 4: målsökning av totalt säkerhetsbelopp

Simuleringen av utvecklingen av fondvärdet repeteras med samma scenarier som skapats och sparats i steg 2. I simulering tillförs dock ett nytt belopp ovanpå fondvärdet vid början av nästa avgiftsperiod (alltså inte början av simuleringsperioden). I praktiken är detta belopp ett kandidatvärde till summan av de två säkerhetsbeloppen, kompletteringsbeloppet och finansieringsbeloppet. Simuleringen itereras med nya kandidatvärden till totala säkerhetsbelopp (med samma sparade scenarier sedan tidigare), tills ett belopp hittas som ger att exakt 90 procent av scenarierna har ett fondvärde som är högre än noll. I GLASS används funktionen *RiskMarginAmountNeeded* för att målsöka beloppet.

4.6.5. Steg 5: räkna ut kompletteringsbelopp

För varje reaktorinnehavare subtraheras finansieringsbeloppet från det målsökta totala säkerhetsbeloppet, vilket ger nivån på kompletteringsbeloppet i samma prisnivå som första året i nästa avgiftsperiods början. Finansieringsbeloppet beräknas deterministiskt⁵⁶ utanför modellen i Excel. Underlaget vad gäller förväntade kostnader och diskonteringskurvor är samma som används för beräkningen av kompletteringsbeloppet i ALM-modellen.

⁵⁶ Beräkning av de förväntade kostnaderna är alltså stokastisk och sker med SKB:s osäkerhetsmodell.

Referenser

- [1] Riksgäldskontoret, "Förslag på kärnavfallsavgifter, finansierings- och kompletteringsbelopp för 2022-2023," RG 2021/223, September 2021.
- [2] Riksgäldskontoret, "Kärnavfallsavgifter och säkerhetsbelopp - Förslag på avgifter och säkerhetsbelopp för reaktorinnehavare 2021," Dnr: RG 2019/717, 29 september 2020.
- [3] Riksgäldskontoret, "Bilaga 2 - Granskning av osäkerhetsanalysen i Plan 2019," Dnr: RG 2019/717, 29 september 2020.
- [4] Strålsäkerhetsmyndigheten (SSM), "Förändringar i lagen (2006:647) om finansiella åtgärder för hanteringen av restprodukter från kärnteknisk verksamhet och förordningen (2008:715) om finansiella åtgärder för hanteringen av restprodukter från kärnteknisk verksamhet," Dnr: SSM2011-4690-44, 4 juni 2013.
- [5] Riksgäldskontoret, "Beslut om upphandling," Dnr: RG 2018/546, 10 oktober 2018.
- [6] Riksgäldskontoret, "Överenskommelse om samarbete rörande utveckling av en modell för samlad riskanalys för finansieringssystemet för kärnavfall," Dnr: RG 2018/546, 18 december 2018.
- [7] Ortec Finance Scenario Department, "Relevance of scenario models," May, 2016.
- [8] Ortec Finance Scenario Department, "Ortec Finance Scenario approach," October, 2019.
- [9] Riksgäldskontoret, "Bilaga 4. Beräkning av merkostnader," Dnr: RG 2019/717, 29 september 2020.
- [10] Norges Tekniska och Naturvetenskapliga Universitet (NTNU), "Alternative scenarier til kostnads- og usikkerhetsanalyse - Sluttlagringen for svensk kjernekraftavfall 2013," SSM2015-3606-6, 2017.
- [11] Ortec Finance Scenario Department, "Swedish risk drivers," June, 2020.
- [12] Riksgäldskontoret, "Bilaga 1: Granskning av SKB:s prognoser för externa ekonomiska faktorer i Plan 2019," Dnr: RG 2019/717, 29 september 2020.
- [13] Ortec Finance, "Asset Class Modeling Overview," December, 2020.
- [14] B. Kramer, "Justification long term means," Ortec Finance Research Center Applied Paper No. 2014-05, December, 2014.

- [15] F. H. E. & d. G. K. Cong, "Addendum: Updated Long-Term Expectations," Scenario Department Paper, Ortec Finance,, December, 2020.
- [16] H. Steehouwer, "Volatility modeling in the DSG," Ortec Finance internal research memorandum No. 4, June, 2011.
- [17] International Atomic Energy Agency (IAEA), "The Power Reactor Information System (PRIS) and its Extension to Non-electrical Applications, Decommissioning and Delayed Projects Information," Technical Reports Series No.428, 2005. [Online]. Available: http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/TRS428_web.pdf.
- [18] International Atomic Energy Agency (IAEA), "The Power Reactor Information System (PRIS)," [Online]. Available: <https://www.iaea.org/pris/>.
- [19] B. Jäderholm och J.-E. Nilsson, "Kartläggning och analys av kostnadspåverkande faktorer i stora infrastrukturprojekt," Riksgäldskontoret, RG 2018/1069, 2020.

Bilaga 1: Närmare beskrivning av GLASS

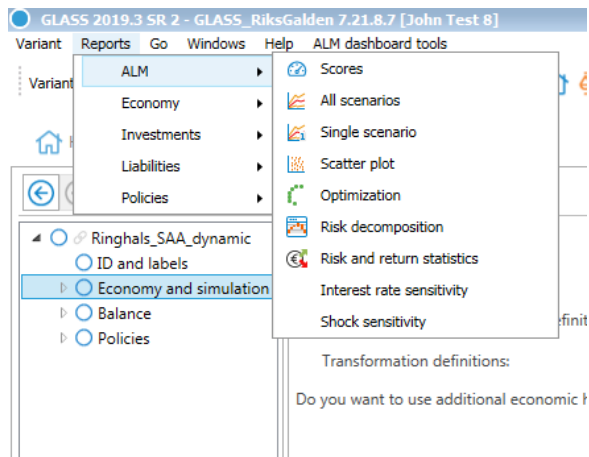
Moduler i GLASS

Att skapa scenarier i GLASS blir meningsfullt först när scenarierna kopplas ihop med de specifika antaganden och förutsättningar som gäller för en kunds balansräkning. I detta syfte finns, förutom DSG:n, tre andra huvudmoduler i GLASS.

Den första är en investeringsmodul. Investeringsmodulen modellerar tillgångsklasser och investeringsstrategier. Flera olika typer av instrument modelleras explicit, exempelvis obligationer, swappar, optioner, mfl. Exempel på investeringsstrategier som går att definiera är strategiska vikter för olika instrument eller valuta-positioner. Den andra är en skuldmodul, som används för att modellera och värdera kassaflöden på skuldsidan, vilka kan utsättas för olika typer av risker. Den tredje är en ALM-modul som tillåter användaren att simulera balansräkningar, inklusive olika typer av strategier.

För att ge kunder underlag för investeringsbeslut eller andra typer av analyser krävs att systemet kan skapa relevant underlag. I figuren nedan och i efterföljande text illustreras några typer av analyser som kan utföras av systemet för detta ändamål.

Figur 9. Meny i GLASS för att skapa rapporter



Källa: Ortec GLASS.

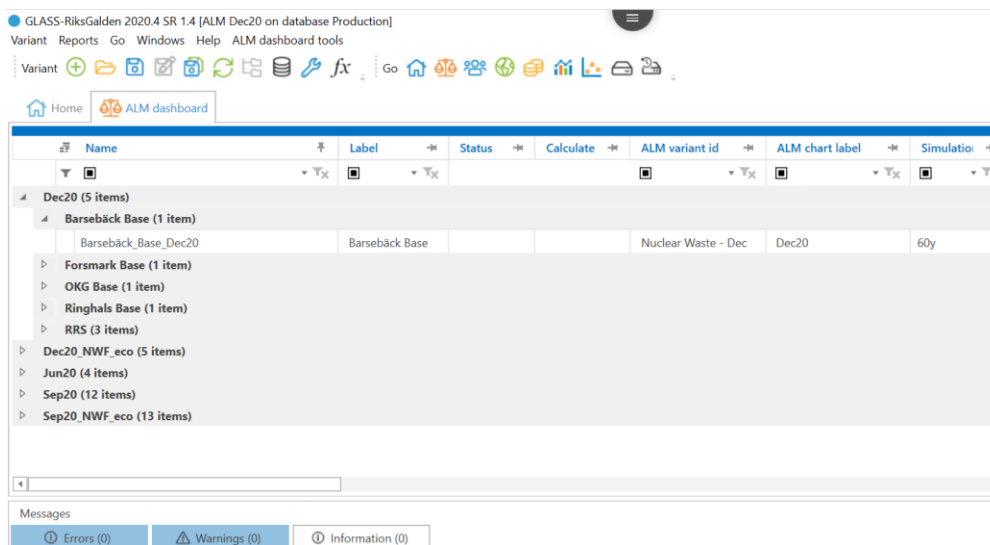
Exempelvis kan användaren via funktionen *All scenarios* (eller *Single scenario* om endast ett scenario önskas) definiera olika mått för simulerade variabler. Ett sådant mått kan vara andelen aktier i portföljen. Modellen producerar då en rapport, i Excel eller som diagram i GLASS, för andelen aktier för varje tidssteg och scenario. Om användaren önskar aggregera mått över en tidsperiod och/eller flera scenarios kan istället *Scores* användas. Exempel på scores är medelvärde, standardavvikelse och Value at Risk. Det går även att specialbyggda funktioner i scores, vilket Riksgälden har gjort för beräkning av kompletteringsbeloppet. En annan funktion är *Risk*

decomposition, som genererar en rapport som visar hur stort bidrag en uppsättning på förhand specificerade riskfaktorer har till ett definierat riksmått i portföljen, exempelvis 10 procent Value at Risk eller standardavvikelse. För Riksgälden är denna funktion särskilt intressant eftersom hjälper till att förklara vilka risker som har störst betydelse för kompletteringsbeloppets storlek.

Användargränssnitt

Startskärmen för ALM-analyser i GLASS heter *ALM dashboard*, se figur nedan. Fältet ger en samlad överblick över de olika så kallade *variants* som har skapats av användaren. En *variant* definierar en specifik del av modellen. Exempelvis innehåller en investerings-*variant* modellspecifikationen för en kunds investeringsstrategi. Flera *variants* länkas tillsammans för att skapa en komplett modell. Modellen som utgör en reaktorinnehavares balansräkning består av olika *variants* som har länkats samman. Exempelvis har en variant för ekonomin (genererade scenarier för finansiella och ekonomiska variabler per ett visst datum) länkats samman med en variant som innehåller kassaflöden för kostnader, bara för att nämna två. På detta sätt kan användaren kombinera olika variants för att undersöka effekten av att variera förhållanden, exempelvis för att se effekten på Kompletteringsbeloppen av att använda ett tidigare avstämningsdatum för ekonomin. Fältet kan sorteras för att anpassas efter användarens behov.

Figur 10. Gränssnitt i GLASS (exempel 1)



Ortec GLASS

Genom att öppna en *variant* nås gränssnittet för att ange parametrar, definiera strategier och importera data. Gränssnittet är uppbyggt som ett träd och genom att klicka på noder kan användaren navigera genom trädstrukturen. Trädstrukturen kan i viss utsträckning anpassas till kundens önskemål. Figuren nedan är en skärmdump från GLASS med reaktorinnehavaren Ringhals som exempel. Notera att skärmdumpen är från en utvecklingsversion av GLASS.

Figur 11. Gränssnitt i GLASS (exempel 2)

The screenshot shows the GLASS software interface. On the left is a tree view with the following structure:

- Ringhals_SAA_dynamic_vol on price on
 - ID and labels
 - Economy and simulation
 - DSG economy
 - Simulation settings
 - Transformation definitions
 - Balance
 - Assets
 - Asset strategy start times
 - Currency strategy
 - Expected Future Fees
 - Fund hierarchy
 - Initial positions
 - Settings (highlighted)
 - Total Assets
 - Initial portfolio settings
 - Aggregate portfolios
 - Investment strategy
 - Liabilities
 - Policies

On the right is a settings panel for 'Initial positions : Inital Positions Ringhals'. It contains several sections:

- Main settings**
 - Do you want to use the economy start date? Yes No
 - Currency:
 - Do you want to base the value of the assets on the value of the liabilities? Yes No
 - Asset value:
- Do you want to specify the positions in amounts of money or in percentages?
 - Amounts of money
 - Percentages
- Tolerance for market value differences
 - Margin:
- Leverage
 - Do you want to apply leverage? Yes No

Källa: Ortec GLASS

I det vänstra fältet navigerar användaren i trädet och i det högra fältet redovisas de inställningar, antaganden etc. som kan göras från den markerade noden. I exemplet ovan är det för Riksgäldens del i huvudsak två noder som är av intresse: *Economy and simulation* och *Balance*. I *Economy and simulation* visas antaganden och inställningar som styr scenario-genereringen, exempelvis långsiktiga medelvärden för "core"-variablerna. Användaren har här möjlighet att justera vissa av de bedömningar som Ortec gör. I noden kan även inställningar göras som styr simuleringen, exempelvis hur många scenarier som ska skapas och simuleringshorisonten.

Antal scenarier som skapas påverkar givetvis tiden för att köra simuleringarna. Andra faktorer som påverkar är hur många processorer som är dedikerade till simuleringen, komplexiteten i beräkningarna samt antalet kassaflöden och mått som ska skapas. Användaren har även möjlighet att välja seed, dvs. vilken startpunkt som ska gälla för slumpgeneratorn i simuleringen. Att specificera seed kan vara användbart för att få ett mått på känsligheten i resultaten eller för att återanvända samma slumpuppsättning för olika beräkningar.

Under *Balance* görs inställningar och dataimporter för tillgångar och skulder. Exempelvis görs import av kassaflöden för förväntade in- och utbetalningar. Användaren definierar i noden även de inställningar som rör portföljen, exempelvis vilka tillgångsslag som finns i portföljen, fördelningen av kapital mellan tillgångar och limiter för placeringarna. I exemplet ovan har användaren navigerat till huvudinställningar för Ringhals marknadsandelar i kärnavfallsfonden. Här ska användaren specificera ingående marknadsvärde för Ringhals och i vilken valuta kapitalet är nominerat.

Riksgäldens GLASS-licens

GLASS kan levereras i många olika uppsättningar vad gäller frekvens för uppdatering av data, processorkraft, tillgänglighet, m.m. Riksgäldens⁵⁷ licens av systemet innebär att marknadsdata

⁵⁷ Administration och operationell förvaltning av kärnavfallsfonden sker av Kammarkollegiet.

uppdateras kvartalsvis. Kvartalsvis uppdatering av marknadsdata möjliggör kontinuerlig uppföljning och återsrapportering av riskerna i finansieringssystemet.

Avtalet med Ortec ger tillgång till fem licenser av GLASS. Användarna kan använda systemet simultant, men systemets resurser delas mellan användarna (för samma avtal). Åtkomst till systemet sker genom så kallad Software as a service (SaaS). Upplägget innebär att tillgång till systemet sker genom en Citrix-anlutning som tillåter Riksgälden att logga in på datorer som är fysiskt belägna i en serverhall utanför Rotterdam i Holland. Simulering och lagring av data görs på dessa datorer, vilket medför att ingen lokal installation av programvara på Riksgäldens datorer krävs. Inloggning till Citrix-klienten sker genom webb-läsare med två-faktor autentisering (användarnamn/lösenord och autentiseringsapplikation på telefon).

Riksgäldens avtal innebär vidare att beräkningarna i GLASS görs med så kallad High Performance Computing (HPC). HPC innebär att beräkningarna dynamiskt fördelas ut på tillgängliga processorer, som i sin tur delas av alla Ortecs kunder. Detta innebär att om beräkningarna är krävande så ser GLASS till att använda många processorer (givet att de finns tillgängliga) och vice versa. Databasen och operativsystemet uppdateras varje månad av Ortec. Back-ups av systemet görs varje natt.

Bilaga 2: Sammanställning av synpunkter på remitterad beräkningsmodell och kommentarer till dessa

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.

2021-09-30

Dnr: RG 2021/223

Bilaga 2: Sammanställning av synpunkter på remitterad beräkningsmodell och kommentarer till dessa

Sammanfattning

Riksgälden gav den 31 mars 2021 berörda remissinstanser tillfälle att lämna synpunkter på beräkningsmodellen för kompletteringsbelopp [1]. Denna bilaga sammanfattar inkomna remissynpunkter samt redovisar Riksgäldens kommentarer på synpunkterna.

Remissinstanserna har lämnat synpunkter på remissförfarandet, ALM-systemet (Ortec GLASS) samt på beräkningsmodellen. Synpunkterna på remissförfarandet föranleder inte några förändringar. Synpunkterna på ytterligare dokumentation kring Ortec GLASS har tillgodosetts, i övrigt föranleder synpunkterna inte några förändringar i Ortec GLASS. Synpunkterna på beräkningsmodellen föranleder inte några förändringar.

1 Inledning

Den 31 mars 2021 remitterade Riksgäldskontoret (Riksgälden) beräkningsmodell för kompletteringsbelopp (beräkningsmodellen) till 23 berörda remissinstanser [1]. 16 remissvar har inkommit.

I denna rapport behandlas de synpunkter som inkommit på beräkningsmodellen. Varje avsnitt innehåller:

- en bedömning om lämnade synpunkter föranleder några förändringar,
- en kortfattad sammanfattning kring de områden i den remitterade modellrapporten som berörs,
- remissinstansernas synpunkter samt
- kommentarer på remissinstansernas synpunkter.

2021-09-30

Dnr: RG 2021/223

Synpunkterna behandlas i följande ordning:

- Synpunkter på remissförfarandet
 - Remisstid
 - Representation från industrin i utvecklingen av beräkningsmodellen
 - Möjlighet till interaktion med Riksgälden
 - Känslighetsanalyser
 - Konsekvensanalyser
- Synpunkter på ALM-systemet (Ortec GLASS)
 - Dokumentation
 - Validering
 - Styrning och kontroll
- Synpunkter på beräkningsmodellen
 - Kompletteringsbeloppets definition
 - Förväntad grundkostnad som underlag för säkerheter
 - Synpunkter på kostnadssidan
- Övriga synpunkter

2 Synpunkter på remissförfarandet

2.1 Remisstid

Riksgäldens bedömning: Lämnade synpunkter föranleder inte några förändringar i remissförfarandet.

Remissförfarande i korthet: Riksgälden har delat upp remissförfarandet i två delar. Modellremissen löpte mellan perioden 31 mars 2021 till den 10 maj 2021. Det andra remissförfarandet är från den 24 juni till den 31 augusti 2021.

Remissinstansernas synpunkter: *Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB), Sydkraft Nuclear Power AB (Sydkraft), Barsebäck Kraft AB (BKAB) och OKG Aktiebolag (OKG), Vattenfall AB (Vattenfall) och Fortum Sverige AB (Fortum)* anser att givna remisstiden för denna remiss inte står i proportion till modellens och remissunderlagets omfattning och komplexitet.

Riksgäldens kommentarer: Riksgälden har, med start i februari, löpande kommunicerat den tidplan för remissförfarandet som varit aktuell till industrin. När förslag på kärnavfallsavgifter och säkerhetsbelopp för 2021 lämnades till regeringen i september 2020 redogjorde Riksgälden för att kompletteringsbelopp beräknade med ALM-analys och i enlighet med gällande rätt skulle lämnas senast i september 2021. Anlitandet av eventuell extern kompetens för att lättare kunna sätta sig in modellen kunde påbörjats redan då.

Remissförfarandet har delats upp i två delar i syfte att underlätta för remissinstanserna att tillgodogöra sig materialet. Modellremissen syftar till att ge möjlighet för remissinstanserna att sätta sig in och ge synpunkter på beräkningsmodellen. Detta utgör en ytterligare möjlighet utöver de möjligheter att lämna synpunkter som följer av 15 § förordningen (2017:1179) om finansiering av kärntekniska restprodukter (finansieringsförordningen). Den totala remisstiden, för båda remisserna, som avsatts är ca 15 veckor. Riksgälden har även, på industrins begäran, erbjudit att förlänga den första remissperioden. Industrin valde slutligen att inte nyttja denna möjlighet. Riksgälden bedömer att remissförfarandet tillgodoser industrins möjligheter att lämna synpunkter.

2.2 Representation från industrin i utvecklingen av beräkningsmodellen

Riksgäldens bedömning: Lämnade synpunkter föranleder inte några förändringar.

Remissförfarande i korthet: Riksgälden har utvecklat beräkningsmodellen tillsammans med konsulterna Ortec Finance (Ortec) och i samarbete med Kärnavfallsfonden.

Remissinstansernas synpunkter: SKB, Sydkraft, BKAB och OKG anser att industrin borde varit inkluderad i processen med att utveckla beräkningsmodellen, främst för att modellera skuldsidan.

Riksgäldens kommentarer: Enligt förändringarna i lagen (2006:647) om finansiering av kärntekniska restprodukter (finansieringslagen) och finansieringsförordningen, ska Riksgälden och inte industrin beräkna storleken på kompletteringsbeloppet. Industrin har möjlighet, enligt 15 § finansieringsförordningen, att lämna synpunkter på Riksgäldens förslag på kompletteringsbelopp. Dessutom har Riksgälden genom en ytterligare remissperiod under våren 2021 gett remissinstanser möjlighet att lämna synpunkter på modellutformningen innan modellen används för att föreslå kompletteringsbelopp.

Att direkt involvera industrin i modellutvecklingsarbetet vore däremot olämpligt. Riksgälden har i sin roll som tillsynsmyndighet inom området kärnavfallsfinansiering i uppgift att kritiskt granska de uppgifter som industrin redovisar. Om industrin samtidigt skulle delta i utvecklingen av den metod och modell som används för att beräkna kompletteringsbeloppet skulle Riksgäldens roll som tillsynsmyndighet kunna ifrågasättas och förtroendet för finansieringssystemet skulle påverkas negativt.

Dessutom är det oklart hur industrins representation skulle gagna arbetet med att utveckla en ny beräkningsmodell. Den information som industrin har gällande kärnavfallsprogrammets kostnader finns redan i de kostnadsberäkningar som tas fram vart tredje år och som Riksgälden, efter att de granskats, använder, tillsammans med andra underlag, som indata vid beräkningar av kärnavfallsavgifter och säkerheter.

Vidare har Riksgälden under tidigare granskningar av SKB:s osäkerhetsanalys pekat på allvarliga brister i modelleringen av framtida kostnader. Sammantaget gör Riksgälden bedömningen att industrins sätt att modellera skuldsidan underskattar osäkerheterna i kärnavfallsprogrammet. Dessa brister och det faktum att SKB:s modell inte går att integrera i en ALM-analys gör det osannolikt att ett samarbete under modellutvecklingsfasen skulle kunnat bedrivas på ett konstruktivt sätt (bland annat så saknas grundläggande komponenter som tidsfördelade förväntade kostnader i SKB:s modell).

2.3 Möjlighet till interaktion med Riksgälden

Riksgäldens bedömning: Lämnade synpunkter föranleder inte några förändringar.

Remissförfarande i korthet: Riksgälden har före och under remisstiden kommunicerat och svarat på industrins frågor.

Remissinstansernas synpunkter: Vattenfall önskar att en iterativ process med en kontinuerlig interaktion med Riksgälden, och i tillräcklig mån modellutvecklaren,

snarast påbörjas. *Vattenfall* önskar även möjlighet att göra vissa, av industrin valda, parametertester i modellen tillsammans med Riksgälden och modellutvecklaren.

Riksgäldens kommentarer: Riksgälden har under remissperioden möjliggjort en interaktion mellan industrin, Riksgälden och Ortec Finance för att besvara frågor om beräkningsmodellen. Som tidigare beskrivits hade den första remissperioden till syfte att beskriva beräkningsmodellen, medan parametersättning behandlas i denna (andra) remissperioden. Riksgälden har i förslaget på avgifter och säkerheter på olika sätt analyserat effekterna av att variera viktiga parametrar i modellen, i enlighet med vad som tidigare kommunicerats. Riksgälden anser att dessa analyser utgör tillräckligt underlag för *Vattenfall* och övriga remissinstanser att lämna synpunkter på myndighetens förslag. Om det uppstår frågor under den andra remissomgången kommer Riksgälden, på samma sätt som tidigare, hantera dessa under remissperioden.

2.4 Känslighetsanalyser

Riksgäldens bedömning: Lämnade synpunkter föranleder inte några förändringar.

Remissförfarande i korthet: Av följebrevet till remissen av beräkningsmodellen (modellremissen) framgår att Riksgälden har delat upp remissförfarandet i två delar. Detta innebär en uppdelning i att få in synpunkter på, å ena sidan, hur kompletteringsbeloppet principiellt beräknas givet olika antaganden och, å andra sidan, vilka parametrar och antaganden som används i Riksgäldens förslag på kompletteringsbelopp. Av följebrevet framgår också att ett mer detaljerat analysunderlag för de nivåer på kompletteringsbelopp som föreslås skulle ingå som en del i den andra remissomgången.

Remissinstansernas synpunkter: *SKB* konstaterar att en redogörelse av modellens dynamik, känsligheten vid olika parametersättningar, uppdateringar av parametrar och modellförändringar inte ingått i modellremissen och anser att detta begränsar deras möjlighet att lämna remisskommentarer i enlighet med Riksgäldens önskemål.

Riksgäldens kommentarer: Riksgälden har delat upp remissförfarandet i två delar. Riksgälden har även beskrivit att ett analysunderlag kommer ingå i den andra remissomgången. Riksgälden har informerat om detta då den preliminära tidsplanen kommunicerades i februari 2021 samt under mötestillfällena i april 2021.

2.5 Konsekvensanalyser

Riksgäldens bedömning: Lämnade synpunkter föranleder inte några förändringar.

Remissförfarande i korthet: Riksgälden har till uppgift att föreslå kompletteringsbelopp till regeringen. Dessförinnan ska berörda ges möjlighet att lämna synpunkter på förslaget.

Remissinstansernas synpunkter: *SKB* anser att en utförlig konsekvensanalys behöver göras innan modellen tas i bruk.

Vattenfall stödjer SKB:s remissvar och menar även att om modellen överskattar riskerna, och kompletteringsbeloppet blir högt eller ska bestå av något annat än borgen, uppstår en finansiell kostnad som kan få en oönskad effekt för samhället.

Även *Sydkraft, BKAB och OKG* stödjer SKB:s remissvar och menar även att en väsentlig höjning av kompletteringsbeloppen kan få långtgående konsekvenser för reaktorinnehavarna och dess ägare. Det är således av stor vikt att en grundlig konsekvensanalys görs innan beräkningsmodellen tas i bruk.

Riksgäldens kommentarer: Det är oklart vilka konsekvenser som industrin vill ha belysta. Riksgälden har till uppgift att föreslå kompletteringsbelopp till regeringen, som beslutar om beloppen. När regeringen väl beslutat om kompletteringsbeloppen ska reaktorinnehavarna föreslå säkerheter. Riksgälden yttrar sig över dessa till regeringen som beslutar. En konsekvensanalys som tar sikte på värdebeständigheten i säkerheterna skulle föregå Riksgäldens analys och regeringens prövning.

Riksgäldens uppdrag inom finansieringssystemet är att säkra finansieringen av kärntekniska restprodukter enligt de bestämmelser som finns i finansieringslagen och finansieringsförordningen. I uppdraget ingår inte att göra andra överväganden.

Vattenfall lämnar även synpunkter om vilken form säkerheten bör ha. Remissen gäller beräkningsmodellen för storleken av kompletteringsbeloppet och inte säkerheternas form.

3 Synpunkter på ALM-systemet (Ortec GLASS)

3.1 Dokumentation

Riksgäldens bedömning: Riksgälden har tillgodosett önskemålen om ytterligare dokumentation.

Remitterad modell i korthet: Riksgälden har remitterat underlag för hur kompletteringsbeloppet principiellt beräknas.

Remissinstansernas synpunkter: *SKB, Sydskraft, BKAB och OKG* önskar ta del av dokumentation som redovisar:

1. hur hänsyn tas till påståendet ”utgångspunkten är nuvarande marknadsläge, som successivt övergår till ett långsiktigt avkastningsantagande”,
2. komplett sammanställning av de så kallade byggstenarna i avkastningsantaganden,
3. korrelationsantaganden, samt
4. hur framtida scenarier simuleras fram.

Vattenfall stödjer SKB:s remissvar och ytterligare dokumentationen kring:

5. hur modellen är utvecklad och testad med hänsyn till om serierna är stationära eller inte över tid,
6. hur mycket en förändring av de långsiktiga förväntade värdena och de långsiktiga osäkerheterna i variablerna betyder för kompletteringsbeloppet,
7. hur Ortec anpassar aktuellt marknadsläge till volatilitet i den långsiktiga trenden i modellen,
8. de underliggande processerna som används för att beräkna om de långsiktiga prognoserna är medelvärdesåtervändande eller ej på skuldsidan,
9. hur inflationen i tillgångs- och skuldsidan är kopplade till andra risker (likt beskrivningen kring hur EEF kopplar till andra risker och modellens grundantagande),
10. hur valutahanteringen, volatilitet, Ortecs byggstensmetod för långsiktiga avkastningsantaganden eller andra faktorer påverkar det riskviktade beloppet,
11. hur kopplingen görs till de generella långsiktiga trenderna i modellen samt korrelationerna mellan risker, samt
12. hur de olika riskparametrarna på skuld- och tillgångssidans kopplas till antaganden för de långsiktiga trenderna.

Riksgäldens kommentarer: Den dokumentation som efterfrågats ingick i modellrapporten och referenserna till denna. Nedan har Riksgälden, tillsammans med Ortec, sammanfattat denna dokumentation.

1. Ortec har tagit fram ytterligare dokumentation om hur nuvarande marknadsläge successivt övergår till ett långsiktigt avkastningsantagande. Detta redovisas på engelska i appendix 1.
2. För en presentation av Ortecs byggstensmetod för långsiktiga avkastningsantaganden hänvisas läsaren till Ortecs presentation: ”*Long-Term Mean Assumptions*” [2]. För att exempelvis se parameterantaganden för december 2020 så hänvisas läsaren till Ortecs rapport: ”*Addendum Long-Term Expectations*” [3].
3. Ortec har tagit fram ytterligare dokumentation kring korrelationsantaganden. Detta redovisas på engelska i appendix 2.
4. Hur scenarier genereras besvarades, av Riksgälden, i huvudrapporten avsnitt 4.1. Ortec har även givit en ytterligare förklaring av detta i appendix 1.
5. Vad gäller relativprisrisker (EEF) har Ortec skattat regressionsmodeller för respektive serie baserat på historisk utfallsdata, vilket närmare beskrivs i ”*Swedish risk drivers*” [4] som utgjorde en av referenserna till modellbeskrivningen. Frågan om stationäritet har beaktats av Ortec i valet av modell, se appendix 3. Volymrisken är likt prisrisk stationär i förändringstakt men icke-stationär i nivå (index) vilket beskrivs i den remitterade modellbeskrivningen. Den årliga volatiliteten för volymriskfaktorerna är kalibrerad för att erhålla en given volatilitet sett över programmet som helhet samt för att få osäkerhetsintervall som växer över tid. Eftersom volymriskfaktorerna är konstruerade på detta sätt (och inte statistiskt skattade på tidsseriedata till skillnad från prisrisker) finns det inget sätt att statistiskt testa för stationäritet för volymrisk.
6. Hur mycket en förändring av de långsiktiga förväntade värdena och de långsiktiga osäkerheterna i variabelerna betyder för kompletteringsbeloppet besvaras i huvudrapportens känslighetsanalys, avsnitt 6.4. I tillägg till detta har Ortec tagit fram ytterligare dokumentation kring processen att uppdatera ekonomisk data och ekonomiska antaganden, detta redovisas i appendix 4.
7. Ortec har tagit fram ytterligare dokumentation hur Ortec anpassar aktuellt marknadsläge till volatilitet i den långsiktiga trenden i modellen. Detta redovisas på engelska i appendix 5.
8. Se svar på fråga 5.
9. Inflationsscenarier genereras i Ortecs dynamiska faktormodell, DFM, (läs mer om detta i appendix 1 och appendix 2). Inflationsscenarierna är kopplade till andra risker via den underliggande faktorstrukturen som driver alla scenariovariabler. Korrelationsmatrisen som finns i avsnitt 12 i Ortecs ”*ALM Study Report*” [5] ger en översikt över inflationskorrelationen med andra ekonomiska variabler och tillgångsklasser. Vidare ger dekomponeringen av risk i huvudrapporten (avsnitt 6.3) en översikt över den relativa inflationsrisken (före och efter diversifiering med andra riskfaktorer).
10. Riksgälden antar att Vattenfall menar kompletteringsbeloppet med ”*det riskviktade beloppet*”. Riksgälden och Ortec har utfört känslighetsanalys för

relevanta parametrar och hur dessa påverkar kompletteringsbeloppet. Se appendix 1 samt huvudrapporten avsnitt 6.4 för en sådan analys.

11. Hur kopplingen görs till de generella långsiktiga trenderna redovisas av i appendix 1. Appendix 2 redovisar korrelationernas antaganden. För en dekomponering av riskfaktorer hänvisas läsaren till huvudrapporten avsnitt 6.4, där även en diversifieringseffekt presenteras för respektive riskfaktor.
12. Se appendix 1 för en beskrivning av hur s.k. core-variabler modelleras i Ortec GLASS, i tillägg till den dokumentation som utgjorde referenser till modellbeskrivningen. Detta beskriver hur variabler på tillgångssidan modelleras. Vad gäller skuldsidan påverkas den av tre olika typer av risker: inflationsrisk (KPI), relativprisrisk (EEF) samt volymrisk. KPI är en core-variabel som modelleras likt andra variabler i Ortec GLASS (se appendix 1). Relativprisrisk modelleras genom regressionsanalys på förklarande core-variabler i modellen (se Ortec rapport: "Swedish risk drivers" [4]) vilket ger en (något mer indirekt) koppling till långsiktiga trender i modellen för de förklarande variablerna. Volymriskfaktorerna är oberoende av andra riskfaktorer och har således ingen koppling till långsiktiga antaganden i övriga delar av modellen (se även svar på fråga 5).

3.2 Validering

Riksgäldens bedömning: Lämnade synpunkter föranleder inte några förändringar.

Remitterad modell i korthet: Riksgälden har remitterat underlag för hur kompletteringsbeloppet principiellt beräknas.

Remissinstansernas synpunkter: SKB anser att beräkningsmodellen behöver valideras så att det säkerställs att beräkningsmodellen är konceptuellt korrekt, det vill säga att modellen modellerar det som avses, och att modellen är matematiskt korrekt.

Sydkraft, BKAB och OKG stödjer SKB:s remissvar och menar även att beräkningsmodellen bör valideras av en oberoende part. *Sydkraft, BKAB och OKG* menar även att validering bör göras innan beräkningsmodellen tas i bruk och återkommande därefter.

Riksgäldens kommentarer: Riksgälden har i upphandlingen av ALM-system och konsultstöd ställt långtgående krav på leverantören. Företaget Ortec Finance har uppfyllt alla upphandlingskrav och därför tilldelats uppdraget. Ortec Finance är en världsledande leverantör av ALM-system och ALM-analys. Ortecs system, Ortec GLASS, används internationellt av många företag på finansmarknaderna bl.a. tjänstepensionsföretag som har långa åtaganden. Även Fjärde AP-fonden samt finska Ömsedidiga Arbetsbolaget Elo och Keva använder systemet. Detta ställer givetvis krav på en omfattande dokumentation av systemet och även av de interna kontroller som sker vid uppdateringar. Ortec har även beskrivit hur källkod samt den kod som byggs åt Riksgälden, i Ortec GLASS, testats och valideras, detta finns beskrivet i appendix 6. Riksgäldens uppfattning är att de krav som ställts på, och

även uppfyllts av, leverantören gör att modellen är konceptuellt korrekt och även matematiskt korrekt.

Modellremissen samt detta remisställe ger även möjlighet för remissinstanserna att lämna synpunkter på modellen. Denna genomlysning menar Riksgälden bidrar ytterligare till beräkningsmodellens validitet och trovärdighet.

3.3 Styrning och kontroll

Riksgäldens bedömning: Lämnade synpunkter föranleder inte några förändringar.

Remitterad modell i korthet: Riksgälden har remitterat underlag för hur kompletteringsbeloppet principiellt beräknas.

Remissinstansernas synpunkter: SKB anser det önskvärt att det klarställs hur processen ser ut för att uppdatera indata, övervaka modellens prestanda, inklusive regelbunden validering, samt tydliggöra hur processen ser ut för uppdateringar och ändringar av modellen. SKB konstaterar även att Riksgäldens plan för förvaltning av modellen inte framgår tydligt av remissen.

Sydskraft, BKAB och OKG stödjer SKB:s remissvar och menar även att det är även viktigt att det, innan beräkningsmodellen tas i bruk, finns ett organisatoriskt ramverk kring beräkningsmodellen som säkerställer att den används korrekt och att dess prestanda övervakas samt att uppdateringar och ändringar av beräkningsmodellen sker på ett kontrollerat sätt.

SKB och Vattenfall menar även att en stor del av skuldsidan modelleras utanför Ortec GLASS.

Riksgäldens kommentarer: Ortec har beskrivit hur uppdateringar kontrolleras och testas i Ortec GLASS, detta finns beskrivet i appendix 7.

Efter det att modellen nu produktionssätts kan det finnas anledning att dokumentera interna processer för t.ex. hantering av uppdateringar av indata och andra parametrar i modellen för att tydliggöra hur modellen används framöver. Det är dock naturligt att detta arbetas fram efter det att beräkningsmodellen används för att föreslå kompletteringsbelopp till regeringen en första gång och ett grundläggande ramverk för beräkning av kompletteringsbelopp således etablerats.

Att skuldsidan modelleras utanför Ortec GLASS stämmer inte. Medan kalibreringen av parametrar för skuldsidan samt beräkningen av kärnavfallsavgifter och finansieringsbelopp görs innan beräkningen av kompletteringsbeloppet, så sker modelleringen och beräkningarna i sin helhet i systemet Ortec GLASS.

4 Synpunkter på beräkningsmodellen

4.1 Kompletteringsbeloppets definition

Riksgäldens bedömning: Lämnade synpunkter föranleder inte några förändringar jämfört med remitterad modell.

Remitterad modell i korthet: Kompletteringsbeloppet beräkningsmässiga definition är: ”*det belopp, som om det tillsammans med finansieringsbeloppet läggs till reaktorinnehavarens andel i kärnavfallsfonden vid starten på nästa avgiftsperiod, leder till att 90 procent av ett stort antal simulerade scenarier har ett positivt fondvärde vid kärnavfallsprogrammets slutår, även om inga ytterligare kärnavfallsavgifter betalas och inga ytterligare säkerheter ställs.*”

Remissinstansernas synpunkter: *Vattenfall* konstaterar att statens risk utgörs av två olika delar: dels sannolikheten för fallissemang och dels förlusten givet ett fallissemang. *Vattenfall* anser att riskpreferenserna i statens sistahandsansvar överskattas med Riksgäldens definition och att risken att ett reaktorbolag fallerar med 100 procents sannolikhet vid starten av nästa avgiftsperiod är en extrem tolkning. Vidare menar *Vattenfall* att en övergripande fråga är om ett reaktorbolag kan falla med tanke på kraven på ekonomisk stabilitet i lagen (1984:3) om kärnteknisk verksamhet (kärntekniklagen) och den så kallade ”självkostnadsprincipen”. Detta, menar *Vattenfall*, medför att ett kärnkraftverk de facto inte kan drivas om ägaren inte har finansiell stabilitet.

Riksgäldens kommentarer: Säkerheten för kompletteringsbeloppet ska tillsammans med finansieringsbeloppet göra att reaktorinnehavaren med hög sannolikhet kan fullgöra de skyldigheter som följer av finansieringslagen, även om inga ytterligare kärnavfallsavgifter betalas och inga ytterligare säkerheter ställs¹. Detta syfte tillgodoses med Riksgäldens beräkningsmässiga definition genom att förutsätta att inga ytterligare avgifter betalas in och att finansieringsbeloppet påkallas samtidigt som kompletteringsbeloppet och läggs till reaktorinnehavarens fondandel². I det fall som kompletteringsbeloppet behöver påkallas är det beräknat för att räcka till att finansiera reaktorinnehavarens åtaganden i 90 procent av utfallen vilket är den miniminivå på konfidensgrad som anges i lagens förarbeten.

Vattenfall tycks istället mena att kompletteringsbeloppen, som enligt ovan beräknas givet att säkerheterna påkallas, bör viktas med den skattade sannolikheten för att reaktorinnehavaren åsidosätter sin skyldighet att betala kärnavfallsavgifter (det är dock oklart hur eller vem *Vattenfall* anser ska göra denna viktning). En sådan beräkningsmässig definition skulle ge ett estimat av statens obetingade förväntade förlust vid den 90:e percentilen. Däremot skulle den inte uppfylla syftet med

¹ Se 9 § finansieringslagen. Se också Prop. 2016/17:199, avsnitt 5.2.

² Se 18 § finansieringslagen.

kompletteringsbeloppet enligt finansieringslagen, och kompletteringsbelopp som beräknas på detta sätt skulle vara för små när de väl behövs.

Vattenfalls fråga om huruvida ett reaktorbolag överhuvudtaget kan falla är egendomlig. Den relevanta definitionen av ett ”fallissemang” i finansieringssystemet för kärnavfall är att en reaktorinnehavare åsidosätter sin skyldighet att betala kärnavfallsavgifter och att ställa nya säkerheter enligt finansieringslagen vilket ger behov av, och möjlighet till, att påkalla de ställda säkerheterna. Uppenbarligen såg lagstiftaren detta som ett möjligt utfall som var viktigt att skydda staten mot, och således krävs säkerheter för finansierings- och kompletteringsbeloppet enligt finansieringslagen.

Att upphörda avgiftsbetalningar kan leda till att tillståndet för att driva ett kärnkraftverk återkallas är irrelevant eftersom en huvuddel av restprodukterna, vars omhändertagande ska finansieras, redan existerar. Det är dessutom för ett sådant scenario som finansieringsbeloppet och kompletteringsbelopp ska skydda staten och skattebetalarna.

4.2 Förväntade grundkostnader som underlag för säkerheter

Riksgäldens bedömning: Lämnade synpunkter föranleder inte några förändringar jämfört med remitterad modell. Vissa frågor kan bli föremål för framtida utvecklingsarbete.

Remitterad modell i korthet: Beräkningsmodellen använder samma förväntade grund- och merkostnader som används i beräkningen av kärnavfallsavgifter, som underlag för kompletteringsbeloppen.

Remissinstansernas synpunkter: SKB menar att de kostnader som ska utgöra underlag för kompletteringsbeloppet är de förväntade återstående grund- och merkostnaderna för de restprodukter som har uppkommit då beräkningen görs. Det vill säga det underlag som beräkningen av finansieringsbeloppet baseras på och inte det underlag som beräkningen av kärnavfallsavgifterna baseras på. SKB menar att bestämmelserna i 15 § lagen (1984:3) om kärnteknisk verksamhet (kärntekniklagen) gör att en reaktor inte kan drivas eftersom det kärntekniska tillståndet kan återkallas om en reaktorinnehavare åsidosätter sin skyldighet att betala beslutade kärnavfallsavgifter. SKB menar att eftersom reaktorn kommer sluta producera el kommer inte några ytterligare restprodukter uppstå.

Vattenfall stödjer SKB:s remissvar och menar även att det saknas lagligt stöd för ett scenario där inbetalningarna till kärnavfallsfonden skulle utbli samtidigt som kärnkraftverken fortsätter sin produktion, och följaktligen fortsätter producera restprodukter, eftersom Strålsäkerhetsmyndigheten (SSM) ger tillstånd för fortsatt drift efter varje avställning. *Vattenfall* menar att SSM inte kan tillåta fortsatt drift om det saknas ekonomiska förutsättningar från tillståndshavaren att fullgöra sina skyldigheter.

Riksgäldens kommentarer: Enligt 5 b § i finansieringslagen ska beräkningen av finansieringsbeloppet beakta de återstående grund- och merkostnaderna enbart för restprodukter som redan uppkommit då beräkningen görs. För kompletteringsbeloppet finns inte samma reglering, vilket innebär att kompletteringsbeloppet beräknas på de (ojusterade) förväntade grund- och merkostnaderna som används i beräkningen av kärnavfallsavgifter.

Oaktat detta delar Riksgälden delvis remissinstansernas syn, dvs. att en reaktorinnehavare åsidosättande av sin skyldighet att betala kärnavfallsavgifter i förlängningen kan leda till att tillståndet för att bedriva kärnteknisk verksamhet återkallas vilket följaktligen innebär att inga ytterligare restprodukter produceras. Det är dock knappast självklart att produktionen omedelbart upphör i ett sådant scenario.

Ett viktigare problem är dock att kostnadsunderlaget som ligger till grund för finansieringsbeloppet inte är framtaget för ändamålet att skatta de förväntade kostnaderna vid en oplanerad och plötslig avställning med snabb efterföljande avveckling. Beräkningen bygger istället på att kostnadsberäkningen som ligger till grund för kärnavfallsavgifterna justeras för att beakta att mindre avfall genereras (med lägre kostnader som följd), men att kärnavfallsprogrammet i övrigt bedrivs enligt ursprunglig plan. I ett scenario där produktionen däremot plötsligt upphör eftersom en reaktorinnehavare inte kan eller vill betala kärnavfallsavgifter eller ställa säkerheter och därmed saknar ekonomiska förutsättningar att bedriva sin verksamhet, är det mycket osannolikt att den ursprungliga planeringen kan följas. Att i beräkningarna använda ett reducerat kostnadsunderlag som varken beaktar förändringar i den tidsmässiga planeringen för avveckling, eller de tillkommande kostnader som en abrupt och oplanerad avveckling sannolikt skulle medföra, bedömer Riksgälden utgör en oacceptabel risk för underskattning av kostnaderna.

Vidare är det av stor vikt att den kostnadsberäkning som används vid beräkningen av avgifter och säkerheter är tillräckligt väl dokumenterad för att möjliggöra att antaganden och bedömningar som ligger till grund för beräkningarna kan granskas. Kostnadsberäkningen för finansieringsbeloppet, som SKB och Vattenfall nu menar bör användas även för kompletteringsbeloppet, är framtagen på ett schablonmässigt sätt och beskrivs mycket kortfattat i SKB:s Plan-rapporter. Riksgälden har bedömt detta förenklade förfarande som acceptabelt vad gäller beräkningen av finansieringsbeloppet eftersom skillnaden mellan de två kostnadsberäkningarna istället fångas upp i kompletteringsbeloppet. Detta skulle inte vara fallet med det förfarande som SKB och Vattenfall förordar.

Sammanfattningsvis utesluter inte Riksgälden att kostnadsunderlaget som ligger till grund för kompletteringsbeloppet i framtiden kan behöva anpassas för att mer konsekvent beskriva de förändrade förutsättningar som gäller vid en oplanerad avveckling. En sådan anpassning behöver dock göras inte bara med beaktande av de kostnadssänkande effekter som en minskad mängd avfall innebär, utan hänsyn behöver även tas till de kostnadshöjande och planeringsmässiga följderna av en

plötslig oplanerad avveckling innebär. Detta underlag behöver dokumenteras åtminstone i samma detalj som det underlag som ligger till grund för kärnavfallsavgifter. Den nuvarande kostnadsberäkningen för finansieringsbeloppet uppfyller inte dessa krav och bör därför inte användas i beräkningarna.

4.3 Synpunkter på kostnadssidan

Riksgäldens bedömning: Lämnade synpunkter föranleder inte några förändringar jämfört med remitterad modell.

Remitterad modell i korthet: Beräkningsmodellen innehåller två kategorier av riskfaktorer på skuldsidan: dels volymrisk för att modellera hur programspecifika risker i kärnavfallsprogrammet påverkar kostnaderna i fasta priser, dels prisrisk för att modellera osäkerheten i den framtida utvecklingen av dels relativpriser (EEF) och den allmänna prisnivån (KPI).

Riksgälden beskriver i huvudrapporten angående förskjutningar av kostnader i tid, sida 58, att: ”*underlag saknas för att modellera tidsmässiga riskfaktorer på ett meningsfullt sätt och den tekniska komplexiteten har en modellering av förseningar i kärnavfallsprogrammet inte inkluderats i nuvarande version av ALM-modellen. Riksgälden har för avsikt att löpande utvärdera möjligheterna att förbättra realismen i modelleringen och tidsmässiga osäkerheter är ett sådant område som kan bli aktuellt att titta närmare på i framtida utvecklingsarbete.*”

Remissinstansernas synpunkter: SKB menar:

1. Att modelleringen av volymrisken med en enda riskfaktor inte representativt då kärnavfallsprogrammet består av ett stort antal projekt av olika slag. Det är därmed inte är sannolikt att osäkerheterna i dessa verksamheter skulle vara fullständigt korrelerade. Därför bör kostnaderna delas upp i flera stokastiska processer.
2. Att enbart en volymriskfaktor och nio prisriskfaktorer inte speglar osäkerheterna i kärnavfallsprogrammet. Denna förenkling på skuldsidan står även i kontrast till hur tillgångssidan hanteras där över hundra riskfaktorer används.
3. Att kärnavfallsprogrammet inte kan jämföras med ett antal stora infrastrukturprojekt. Jämförelsedata riskerar dessutom att innefatta både volym- och prisrisk.
4. Att modellen behöver vidareutvecklas så att den även kan ta hänsyn till tidsförskjutningar. Enligt SKB:s erfarenhet har förändringar i tidsplanen varit en betydelsefull faktor vid kostnadsförändringar och även omvänt att volymförändringar medför förändringar i tiden.

Vattenfall stödjer SKB:s remissvar och anser även:

5. Att kostnadsposterna ska brytas ned i kvantitet respektive pris för att undvika felaktig kvantifieringen volymrisken, som borde byggas upp av endast volymerna.

6. Att det torde vara betydligt komplexare att bygga systemet för restprodukter än att förvalta fondens medel, vilket bör avspeglas i ett större antal och mer utvecklade riskfaktorer. Vattenfall menar att nu omöjliggörs nedbrytningar och kopplingar mellan riskkomponenter på tillgångs- och skuldsidan.

Riksgäldens kommentarer: Riksgäldens metod för modellering av skuldsidan har redan beskrivits i detalj i den remitterade modellbeskrivningen, vilken även redogör för Riksgäldens syn på flera av de aspekter som SKB och Vattenfall nu tar upp.

1. Se tidigare avsnitt 4.3 i huvudrapporten, för en diskussion om antalet riskfaktorer. Att kärnavfallsprogrammet kan delas in i flera olika delprojekt eller kostnadslag som inte är fullständigt korrelerade innebär inte att modelleringen behöver ske på den detaljnivå som SKB förespråkar för att representera den totala risknivån på ett konsekvent sätt. Volymriskfaktorerna i modellen kalibreras för att erhålla en viss osäkerhetsnivå för kärnavfallsprogrammet som helhet, vilket förstås inte innebär att osäkerheten kring kostnadsestimaten för alla ingående delprojekt behöver vara desamma. Det finns således ingen motsättning mellan att kärnavfallsprogrammet består av flera komponenter med olika riskbild och att dessa risker modelleras på ett aggregerat sätt³.

Riksgälden förordar till skillnad från SKB en empirisk ansats där bedömningen av riskerna i kärnavfallsprogrammets framtida kostnader beaktar utfallsdata och studier av tidigare genomförda stora projekt. Den information som för närvarande finns tillgänglig för kostnadsutfall i sådana projekt är på en aggregerad nivå, vilket innebär att jämförelser mot kärnavfallsprogrammet bara är möjlig på en aggregerad nivå. Om framtida kartläggningar av nya datakällor möjliggör att analysen kan göras på en mer detaljerad nivå, med bibehållen kvalitet, kommer Riksgälden förstås att beakta sådana data.

I avsaknad av mer detaljerad data som skulle krävas för att empiriskt skatta osäkerheten i, och korrelationer mellan, delprojekt inom kärnavfallsprogrammet blir det kvarstående alternativet att göra en mängd subjektiva bedömningar och antaganden om dessa parametrar. SKB:s osäkerhetsanalys bygger på en sådan ansats gjord med mycket hög detaljeringsgrad och ett stort antal riskfaktorer, men där den resulterande totala riskbilden visar sig vara underskattad vid jämförelse med andra stora projekt. SKB har inte presenterat några data eller studier som ger stöd för den risknivå som erhålls från SKB:s osäkerhetsanalys, varken på detalj- eller totalnivå. Som Riksgäldens och Strålsäkerhetsmyndighetens tidigare granskningar visat har just användandet av ett för stort antal riskfaktorer, och svårigheten att fånga sambanden mellan dem, varit en bidragande orsak till underskattningen. En viktig utgångspunkt i Riksgäldens utvecklingsarbete har därför varit att hantera denna svaghet genom en

³ På samma sätt som att det på tillgångssidan inte finns någon motsättning i att volatiliteten i ett aktieindex modelleras aggregerat trots att det består av ett stort antal aktier som påverkas av olika (men även gemensamma) risker.

mindre komplex och mer transparent modell för skuldsidan med ett färre antal riskfaktorer.

2. Se föregående punkt (1.) angående missuppfattningen att ett färre antal riskfaktorer inte skulle kunna beskriva osäkerheterna i kärnavfallsprogrammet. Se även avsnitt 4.3 i huvudrapporten, som tar upp dessa aspekter. Vad gäller jämförelser med tillgångssidan så finns där andra möjligheter till en detaljerad modellering tack vare långa tidsserier som kan användas för att skatta förväntad utveckling, volatilitet och samband mellan olika tillgångsslags avkastningar över tid. Detta förklarar även varför analysen av prISRISK på skuldsidan, där relativt långa historiska tidsserier finns tillgängliga, kan göras på en mer detaljerad nivå än volymrisk.

3. Två olika projekt aldrig kommer att vara exakt jämförbara i alla avseenden, vilket dock är ett mycket svagt argument för att använda den alternativa ansats som SKB förespråkar vilken istället bygger på ett stort antal subjektiva bedömningar och antaganden som inte går att verifiera empiriskt⁴.

4. Riksgälden har redan identifierat tidsförskjutningar som ett potentiellt framtida utvecklingsområde för beräkningsmodellen. Som påpekats i den remitterade modellrapporten förutsätter en modellering av tidsmässiga riskfaktorer en betydande utveckling av SKB:s kostnadsunderlag och osäkerhetsanalys jämfört med idag. SKB:s krav om en implementering av sådan funktionalitet i Riksgäldens modell ter sig inte rimlig givet att SKB:s osäkerhetsanalys idag inte görs över tid, vilket är en förutsättning för att kunna modellera förseningar på ett konsekvent sätt i Riksgäldens beräkningsmodell.

Det är positivt att SKB funderat kring möjliga orsakssamband mellan kostnadsförändringar och tidplaneförändringar, då det är en viktig aspekt i modelleringen av tidsförskjutningar. Beaktat de brister som tidigare identifierats i SKB:s osäkerhetsanalyser vad gäller modelleringen av just tidsmässiga osäkerheter⁵ bedömer dock Riksgälden att mycket arbete kvarstår innan SKB:s uppgifter om sambandet mellan kostnadsförändringar och tidplaneförändringar kan anses vara tillförlitliga nog för att användas i beräkningarna av kompletteringsbeloppet.

5. Vattenfalls önskan om en uppdelning av respektive kostnadspost i kvantiteter respektive priser inte är möjlig utifrån det underlag som industrin redovisar till Riksgälden. En av anledningarna till Riksgäldens kategorisering av riskfaktorer (volymrisk respektive prISRISK) är just för att möjliggöra att modellen kan beakta indata enligt den redovisningsstruktur som SKB valt. SKB:s kostnadsberäkning tas fram i fasta priser, för att sedan (av SKB) inflateras med förväntade

⁴ Se även underlagsrapporten till Riksgäldens förslag på kärnavfallsavgifter och säkerhetsbelopp för 2022-2023: "Underlag för beräkningen av skuldsidan" [10].

⁵ Till exempel att stora förseningar i kärnavfallsprogrammet leder till för reaktorinnehavarna gynnsamma utfall där finansieringsbehovet minskar, till följd av inkonsekvent hantering av diskontering i SKB:s modell. Se Strålsäkerhetsmyndighetens utlåtande på SKB:s yttrande på avgiftsförslaget för 2018-2020 [9].

relativprisförändringar och slutligen (av Riksgälden) inflateras med förväntad KPI-inflation vid beräkningen av avgifter. Att kostnadsberäkningen inte uttryckligen specificeras i kvantiteter och priser för varje kostnadspost utgör dock inget hinder för att separera volymeffekter från priseffekter. I beräkningsmodellen för kompletteringsbeloppet modelleras avvikelser från de förväntade kostnaderna till följd av dels volymförändringar (dvs. förändringar av kostnaderna mätt i fasta priser), relativprisförändringar (dvs. förändringar av kostnaderna på grund av EEF) samt förändringar i den allmänna prisnivån (dvs. förändringar på grund av KPI). Dessa tre effekter ger tillsammans den totala kostnadsförändringen i mätt i löpande priser. Vattenfall förklarar inte närmare påståendet om att denna metod, vars motsvarighet även finns i SKB:s kostnadsberäkning och osäkerhetsanalys, skulle leda till en felaktig kvantifiering av volymrisker.

6. Riksgälden delar inte Vattenfalls syn att den tekniska komplexiteten i utförandet av kärnavfallsprogrammet i sig innebär att modellen för att beskriva osäkerheten kring de framtida kostnaderna bör göras mer komplex eller detaljerad. Detaljeringsgraden bör istället avgöras av vilken data och information som finns för att, på ett tillförlitligt sätt, estimerar parametrarna i modellen. Det finns inget egenvärde i att öka komplexiteten i modellen, speciellt inte om konsekvensen är att viktiga inputparametrar bygger på gissningar snarare än att vara baserade på oberoende och kvalitetssäkrad utfallsdata.

Det finns dessutom skäl som talar för att det särskilt i ett tidigt stadi⁶ av ett projekt eller program är svårt att i detalj identifiera exakt var de viktigaste osäkerheterna finns. Baserat på utfallsdata och studier från tidigare genomförda projekt kan dock en osäkerhetsnivå på en mer aggregerad nivå estimeras. I takt med att programmet mognar framkommer sannolikt mer information om detaljerna kring olika delprojekt vilket ger en bättre möjlighet att bryta ned analysen i delkomponenter och då förhoppningsvis även erhålla mer precisa estimat av osäkerheterna. Vad som är en ändamålsenlig ansats för att modellera skuldsidan kommer således att förändras över tid utifrån bl.a. datatillgänglighet och mognadsgrad för kärnavfallsprogrammet.

Det stämmer inte, som Vattenfall hävdar, att detaljeringsgraden i modelleringen omöjliggör nedbrytningar och kopplingar mellan riskkomponenter på tillgångs- och skuldsidan. Vad gäller volymrisker är dessa (genom konstruktion) okorrelerade med både tillgångssidan och prisriskfaktorerna på skuldsidan och det är därför i detta avseende irrelevant hur många volymriskfaktorer som används⁷. Vad gäller prisrisker beaktas kopplingar mellan tillgångs- och skuldsidan, både vad gäller

⁶ Kärnavfallsprogrammet har förvisso pågått under en lång tid, men förväntas inte vara slutfört förrän om 60 år, och en stor del av kostnaderna kan hänföras till delprojekt som ännu inte påbörjats.

⁷ Motsvarande antagande görs av SKB, dvs. att priser antas vara exogena och inte påverkas av kärnavfallsprogrammets genomförande, eller vice versa. Däremot kan olika volymriskfaktorer i modellen vara korrelerade med varandra, en möjlighet som inte nyttjas idag men som i framtiden kan bli viktig egenskap om skuldsidan modelleras med flera volymriskfaktorer.

relativpriser (EEF) och den allmänna prisnivån (KPI). Detta beskrivs i huvudrapporten i avsnitt 4.3.5.

5 Övriga synpunkter

Vissa övriga synpunkter har lämnats av remissinstanserna. Dessa kommenteras här.

Folkkampanjen mot Kärnkraft – Kärnvapen (FMKK) ifrågasätter att Riksgälden baserar sina beräkningar på industrins kostnadsberäkningar och anser istället att Riksgälden bör utgå ifrån att det för närvarande inte finns något slutförvarsprojekt. Riksgälden följer finansieringslagens och finansieringsförordningens bestämmelser där det framgår att Riksgälden ska utgå från reaktorbolagens kostnadsberäkningar. *FMKK* menar även att förseningarna i projektet kan vara uppåt en hundra år och detta bör även beaktas i beräkningarna. Förseningar modelleras inte se avsnitt 4.3 ”Synpunkter på kostnadssidan”.

Kärnavfallsfonden välkomnar Riksgäldens arbete med en ny beräkningsmodell för kompletteringsbeloppet och bedömer att arbetet är väl genomfört. *Kärnavfallsfonden* anser att modellen är betydligt mer transparent än tidigare modell vilket anses viktigt för systemets trovärdighet. *Kärnavfallsfonden* efterlyser en närmare förklaring till vilka faktorer som ligger till grund för antagandet om långsiktig ränteskillnad mellan den korta realräntan i USA och den korta realräntan i Sverige. Ortec för en diskussion om realräntan i Sverige ska antas till den realränta de antar för USA (0 procent) eller euroområdet (-0,5 procent). På grund av Sveriges nära ekonomiska förbindelser euroområdet på lång sikt så är Ortecs slutsats att realräntan i Sverige bäst antas till densamma som det de antar för euroområdet. För en närmare förklaring av detta hänvisas till Ortecs rapport: ”*Long-Term Assumptions Macroeconomic Variables*” [6] sidorna 46-61 och i synnerhet sidorna 58-59.

Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskning (MKG) stödjer inte att Riksgälden begränsar analysen till endast två kategorier, volymrisk och prISRISK på skuldsidan. *MKG* menar att det finns ett stort antal andra osäkerheter som kan ge betydande förändringar. *MKG* menar att exempel på detta är risken:

- att avfall måste tas upp igen av olika orsaker,
- att det sker olyckor som kostar mycket att åtgärda, och/eller
- att hela avfallskoncept måste överges eller förändras eftersom de inte längre anses ge en tillräcklig strålsäkerhet.

Riksgälden har granskat dessa antaganden i förslaget på kärnavfallsavgifter som lämnades till regeringen 2021. Riksgälden bedömde då, med stöd av SSM, att de fasta förutsättningar som används i osäkerhetsanalysen i Plan 2019 kan godtas⁸.

⁸ För ytterligare information om detta se bilaga 2 ”Granskning av osäkerhetsanalysen i Plan 2019” [7] i ”Förslag på avgifter och säkerhetsbelopp för reaktorinnehavare 2021” [8] (RG 2019/717)”.

Återtag av *enskilda* kopparkapslar är inte en fast förutsättning. Om det mot förmodan skulle vara aktuellt med återtag av ett stort antal kapslar beror det antagligen på allvarliga problem med metoden för slutförvaring av kärnbränsle. KBS-3 metoden utgör en fast förutsättning i SKB:s osäkerhetsanalys, vilket Riksgälden tidigare bedömt som en acceptabel avgränsning. I övrigt framgår Riksgäldens syn på hur osäkerheter bör modelleras av avsnitt 4.3.

MKG anser även att det behöver skapas en buffert i kärnavfallsfonden för att hantera dessa typer av risker. *MKG* menar att det inte tillräckligt ändamålsenligt att hantera riskerna i systemet med säkerheter. Riksgälden följer finansieringslagens och finansieringsförordningens bestämmelser, där kärnavfallsavgifter ska beräknas utifrån de förväntade kostnaderna och kompletteringsbeloppet tillsammans med finansieringsbeloppet ökar säkerheten.

Kärnavfallsrådet är positiva till Riksgäldens översyn av beräkningsmodellerna för kompletteringsbelopp och har inte något att invända mot remitterat underlag.

Konjunkturinstitutet, Strålsäkerhetsmyndigheten och Region Kalmar län har inga synpunkter på beräkningsmodellen.

Länsstyrelsen i Kalmar län, Länsstyrelsen i Uppsala län och Östhammars kommun har avstått från att lämna ett yttrande.

6 Inkomna remissvar

Barsebäck Kraft AB (samlat svar tillsammans med Sydkraft Nuclear Power AB och OKG AB)

Folkkampanjen mot Kärnkraft - Kärnvapen

Fortum Sverige AB

Konjunkturinstitutet

Kärnavfallsfonden

Kärnavfallsrådet

Länsstyrelsen i Kalmar län

Länsstyrelsen i Uppsala län

Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskning

OKG AB (samlat svar tillsammans med Sydkraft Nuclear Power AB och Barsebäck Kraft AB)

Region Kalmar

Strålsäkerhetsmyndigheten

Svensk Kärnbränslehantering AB

Sydkraft Nuclear Power AB (samlat svar tillsammans med OKG AB och Barsebäck Kraft AB)

Vattenfall AB

Östhammars Kommun

7 Referenser

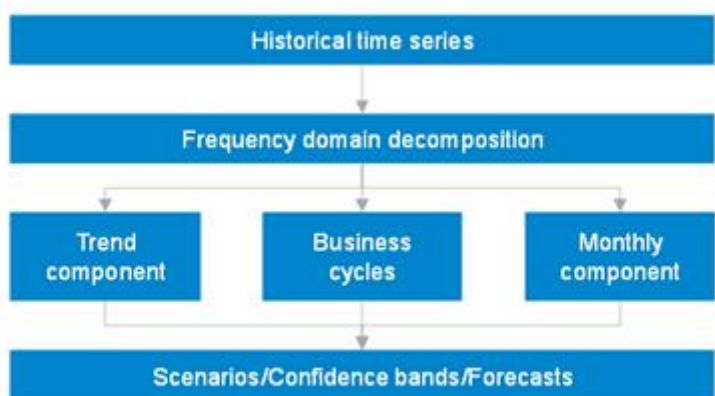
- [1] Riksgäldskontoret, ”Modell för beräkning av kompletteringsbeloppet för reaktorinnehavare,” Dnr: RG 2021/223, 2021.
- [2] Ortec Finance, OFS - Long-Term Mean Assumptions, December 2020.
- [3] Ortec Finance Scenario Department, Scenario Department Paper - Addendum Long-Term Expectations, December 2020.
- [4] Ortec Finance, Scenario Department, ”Swedish risk drivers,” June, 2020.
- [5] Ortec Finance, ”ALM Study Report,” June 2021.
- [6] Ortec Finance, Scenario Department Paper - Long-Term Assumptions Macroeconomic Variables, December 2020.
- [7] Riksgäldskontoret, ”Bilaga 2 - Granskning av osäkerhetsanalysen i Plan 2019,” Dnr: RG 2019/717, 29 september 2020.
- [8] Riksgäldskontoret, ”Kärnavfallsavgifter och säkerhetsbelopp - Förslag på avgifter och säkerhetsbelopp för reaktorinnehavare 2021,” Dnr: RG 2019/717, 29 september 2020.
- [9] Strålsäkerhetsmyndigheten, Utlåtande över yttrande från Svensk Kärnbränslehantering AB avseende Strålsäkerhetsmyndighetens förslag på kärnavfallsavgifter, finansierings- och kompletteringsbelopp för 2018-2020, SSM2016-5513-79.
- [10] Riksgäldskontoret, ”Bilaga 2 - Underlag för beräkningen av skuldsidan,” Dnr: RG 2021/223, 2021-06-24.

Appendix 1

The scenarios are generated in terms of 3 different frequency bands, each containing frequency-specific properties. The corresponding scenarios are generated from three dedicated Dynamic Factor Models (DFMs):

1. A long-term trend model, driving long-term (“decade”) returns.
2. A medium-term business cycle model, driving medium-term (“annual”) returns.
3. A short term monthly model, driving short-term (“monthly”) returns.

In the DFMs, each frequency band is built up from global multi-asset class (PCA) factors. These factors represent the common behavior of the time series across all economies and asset classes. For example, the trend model is represented by separate factors for interest rates, growth and inflation. First, the global factors of each frequency band are simulated. Hereafter, the scenarios for the individual variables are derived from these global multi-asset class factors for each frequency band separately. Finally, the total scenario values are obtained by (re)combining the three underlying frequency bands.



To summarize, the flow of our modelling approached can be described as:

1. Decompose all available historical time series (700+) into an orthogonal (i.e. uncorrelated) trend, business cycle and monthly or irregular component.
2. For each component, estimate common PCA factors. We also call these PCAs ‘Core factors’.
3. Estimate Vector AutoRegressive (VAR) models of order 1 on the PCAs for each component.
4. Per component, link the historical time series (variables) back to the Core factors via a regression approach.

Scenarios are now generated as follows:

- The estimated VAR(1) factor models explain only part of the historical variance or variation in historical data. The remainder is captured in an error term. By drawing repeatedly and randomly from the distribution of the error term, we generate many different possible developments of the Core factors consistent with the properties of the historical data.
- Actual economic and financial market variables are linked to the Core factors via a regression approach. Scenarios for the variables can therefore be created via this link. In other words, Core factor scenarios translate to variable scenarios via the estimated linear relationship between the variables and the Core factors.

Countries, regions, and asset classes are linked together in a consistent manner by the relatively small number of factors underlying the dedicated DFMs. Correlations and dynamics are therefore captured via a common factor structure per frequency band. In cases where insufficient data is available for modelling a variable through the DFM and frequency domain approach, further consistency is obtained by using classical regression modelling, where the explanatory variables are selected from the variables which are modelled through the DFMs. For instance, hedge fund return scenarios are generated via a regression equation that includes the dependence on the equity market as well as other factors.

In this way, a hierarchical factor structure is constructed which links together all asset class and all economies across multiple horizons in an efficient and consistent manner. More formally, our model can be summarised as follows. For each frequency band (trend, business cycle, months), we have a DFM as follows:

$$f_t = a + A_i f_{t-1} + \alpha_t \quad \text{with} \quad \alpha_t \sim N(0, \Sigma_\alpha)$$

$$x_t = b + B_0 f_t + \beta_t \quad \text{with} \quad \beta_t \sim N(0, \Sigma_\beta)$$

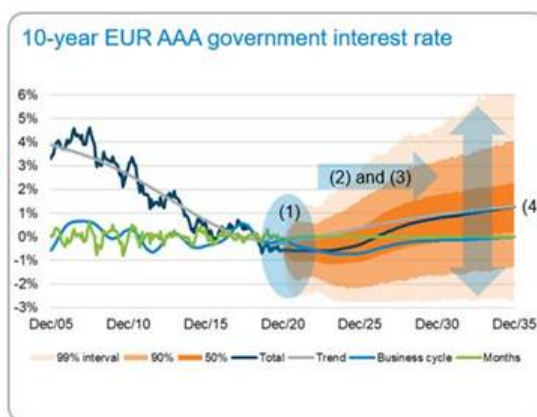
The factors f_t follow a VAR(1) process, while the individual variables and asset classes x_t are modelled via regressions on the factors. We complement this approach with a non-parametric distribution transformation to align simulated distributions with the historically observed (non-normal) distributions.

The dynamic factor models for all three frequency bands (trend, business cycle, months) together govern the evolution of the current market situation towards the long-term return assumptions. The graph below provides an illustration for the 10-year EUR AAA government interest rate.

The graph also refers to “views”. These refer to information which is not, or not sufficiently, contained in the historical data on which the scenario models are calibrated, but which is very relevant for the scenarios of the future. One example in

today's environment is the unprecedented monetary stimulus as provided by central banks around the world in their attempt to stimulate economic growth and increase inflation. Another example is the impact of the Covid-19 pandemic. These views mainly take the form of adjustments to the scenario expectations or volatilities in the first few years of the scenario horizon. We transparently document the views that we impose along with the reasons for imposing them. Generally, we review our views once per quarter, yet we may do this more frequently if special situations arise that warrant this.

- Scenarios constructed based on
 - Assessment of (1) current market situation
 - Expected evolution and risk based on (2) stylized facts and possibly (3) views
 - Transition to (4) long-term steady state values
- Long-term assumption horizon: 25 to 40 years
- Long-term assumptions follow a **building-block approach** and form a separate framework



Appendix 2

The correlation structure follows from the estimation of the dynamic factor model parameters for each of the frequency components (see “appendix 1” above). This estimation is based on historical data and captures horizon effects in correlations, which we refer to as the term structure of correlations.

To capture the required stylized facts across horizons and frequencies, the trend model is calibrated on data starting in 1900, the business cycle model on data starting in 1974 and the monthly model on data starting in 1995. The most crucial information to the calibration of these models is contained in the PCA factors, which are obtained by compressing the information from several hundreds of input series into a relatively small number of factors. This renders the calibration of the models more robust and less sensitive to the particular properties of a single historical time-series.

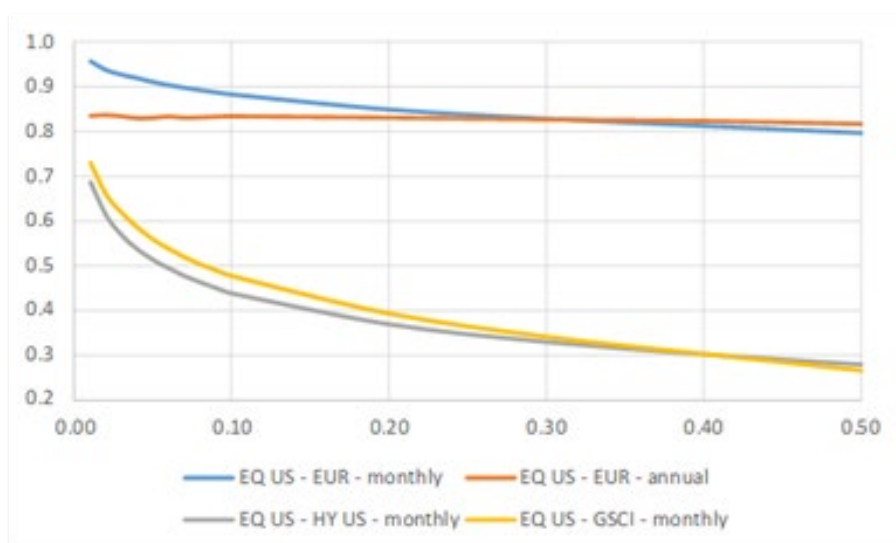
An important aspect of realistic scenarios is that correlations vary depending on the investment horizon as well as on what part of the return distribution one is looking at (i.e. correlations go up in times of crisis). Both these stylized facts of correlations are captured by the Ortec Finance economic scenario generator.

Correlations across investment horizons are integrated by distinguishing the different frequency bands. Long-term trend correlations are captured by the trend model, medium-term correlations by the business cycle model and short-term correlations by

the monthly model. This approach is what allows us to calibrate our scenarios for multiple horizons across all asset classes and economies in one go, bringing important consistency and efficiency to investment decision making and risk monitoring frameworks.

Tail correlations are captured in our scenarios by working with non-normal distributions for both the factors in the DFMs as well as for the individual assets. Several examples of scenario based tail correlations between equity returns as captured by this approach are shown in the figure below.

Examples of scenario based tail correlations between equity returns



Appendix 3

Ortec very much appreciate the importance of handling non-stationarity in a statistically proper way. For most of the price risk drivers, the annual first order autocorrelations are very close to 1.0, suggesting a (near) unit root / non-stationarity. When modelling a non-stationary series, regression coefficients would not be properly estimated unless the stationarity is removed. To prevent non-stationarity issues influencing model outcomes, we have therefore modelled the returns (percentage changes) rather than the prices for the Swedish price risk drivers. The first order autocorrelations for the simple annual returns for the Swedish price risk drivers fall comfortably within the range +/- 0.4, which seems quite far away from potential unit root issues. Therefore, while we did not perform a formal unit root test (e.g. Dickey-Fuller type), non-stationarity should in our view not be an issue for the return series corresponding to the Swedish price risk drivers. Our scenario generator takes care of the transformation of the return series back to price series for the Swedish price risk drivers.

Appendix 4

Monthly update of market data

The raw data that we use as input for our scenarios, and serve as a starting point for the simulations, is obtained from three different sources:

1. Public and academic sources
2. Long term (annual) data
3. Recent (monthly) data from Bloomberg and ICE

Data for the same variable from different sources are combined into consistent and complete (long-term and variable frequency) time-series. Categories covered by the dataset include macro, equities, real estate, government bonds, corporate credits, exchange rates, volatilities, private equity, infrastructure, hedge funds and commodities. Combined with a worldwide coverage of countries and regions, this results in a dataset of more than 700 time-series. A fourth source is data that is constructed from the raw data within our scenario methodology itself:

- Realized volatility time-series (monthly on daily data, annual on monthly data)
- Filtered (decomposed) times series
- Factor (principal component) time-series

When adding new time-series data to the dataset, these are carefully checked for outliers / data errors. During every monthly data download the final series are checked for errors and consistency with last month's data.

The new market data form the starting point of our simulation. The updated decomposition of the factors and individual series into trend, business cycle, and monthly component will be reflected in the projections.

A monthly update with new market data mostly affects the short-horizon projections (up to 5 years in the scenarios). For the long-term projections (say 15 years and beyond), the typical impact is negligible.

Long-term assumption reviews

Every year we perform a minor review of our long-term assumptions, which may lead to small adjustments to particular variables (e.g. in light of changed central bank inflation targets). Every two to three years, we perform a larger review of our long-term assumptions. The extent to which a revision may lead to a different risk margin depends on the scale and scope of the revision. For example, our end-of-2017 long-term mean review had a very limited impact on outcomes. During the period

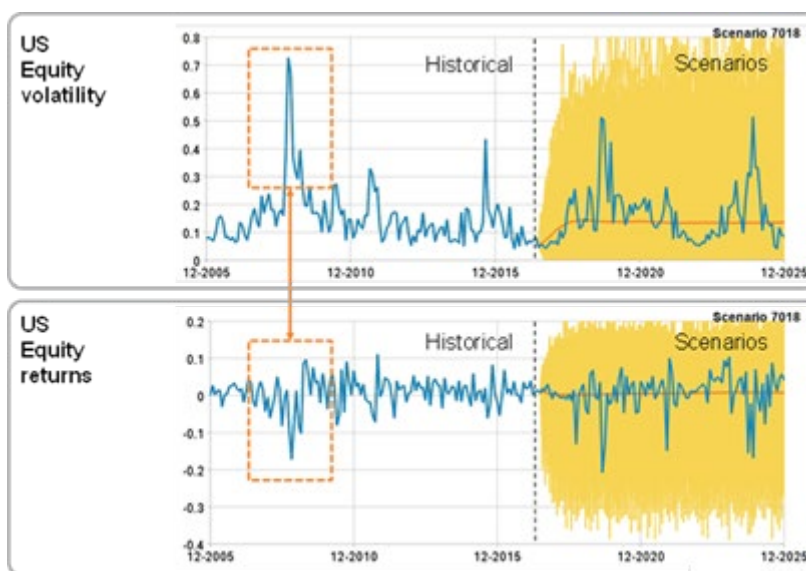
towards our end-of-2020 long-term assumptions review, there has been a significant accrual of new data and literature indicating a shift in long-term projections (both expectations and uncertainties). Therefore, our end-of-2020 long-term assumptions review resulted in much larger impact on outcomes. We do aim for gradual adjustments by regularly reviewing our long-term assumptions.

Appendix 5

How the current market volatility goes towards the long term in the model

Time-varying volatility is captured in our scenarios by high-dimensional conditional stochastic volatility modelling that is fully integrated and consistent with our frequency domain approach and DFMs. First, Realized Volatility (RV) series are modelled as variables in itself, for which we simulate scenarios as well. Next, these RV variables drive the volatility of the actual variable at hand. This model structure also allows us to capture level effects in volatility, such as higher interest rates typically also being more volatile. An example of volatility and return scenarios for US equities modelled in this way is shown in the figure below.

Examples of stochastic volatility scenarios for US equities



Short-term views in light of Covid-19

During the exceptional Covid-19 situation, we have also imposed a view that reflects the increased uncertainty. Below we provide the description of this view as included in our end-of-March 2021 scenarios. The increase in volatility with 20% relative to

the original model outcome is only applied to the first year in the simulation horizon.

Increased financial market volatility for the next year

The Covid-19 pandemic has a severe impact on economic activity. The duration of the impact is highly uncertain. Although the corona pandemic is far from over and uncertainty remains high, we deem it reasonable to assume that the largest uncertainty is behind us with several vaccines approved and vaccination programs started. We assume that Covid-19 will lead to increased market volatility and downside risk for at least another year. We increase the volatility for investable assets and exchange rates with roughly 20% in relative terms for the coming year.

Impact of monthly data-update with new market data on volatilities

A monthly update with new market data mostly affects the short-horizon volatilities (up to 5 years in the scenarios). For the long-term volatilities (say 15 years and beyond), the typical impact is negligible. Effectively, this means that the market data update typically has a negligible impact on long-term trend volatility.

Appendix 6

The GLASS base code is validated and tested via:

- Unit testing (unit testing is a level of software testing where individual units/components of a software are tested, currently around 5000 unit tests in GLASS)
- Regression tests (compare the result of all kinds of reports with previous runs, each test contains several simulations has its own focus point)
- Automatic code quality check by Sonar cube software (evaluates the source code by using all kinds of rules). Furthermore, all new code is inspected and approved by at least one other developer
- Functional testing done by software test analysts
- Performance tests

The custom build code for the debt office is inspected and approved by at least one other developer. During the writing of the code, the code is inspected by a tool called Resharper. After writing the code is finished, functional testing (i.e. is the output what we expect to be) has been done by Ortec Finance as well as by Riksgälden.

Appendix 7

When the input data is updated in the model, we use the 4-eyes principle. So each modified model input is checked and approved by another user. Furthermore, all modifications inside the model are automatically logged within the model in special

log files. When we apply updates to the model (because of new features or bug fixes), we run an impact test to see what the impact of the update is on the simulation results and if the impact we see is expected or not. Some fixes have an impact on the simulation results, other fixes or new features not. With an impact test, run on test variants in the old and new model version, the simulation differences between the old and new model version are shown and explained.