

Fördjupningsbilaga 3: Granskning av SKB:s osäkerhetsanalys

Sammanfattning

Denna fördjupningsbilaga behandlar Riksgäldens granskning av SKB:s osäkerhetsanalys. Resultaten från SKB:s osäkerhetsanalys utgör ett viktigt underlag till Riksgäldens beräkningar av kärnavfallsavgifter och säkerheter. För det första baseras de årliga förväntade kostnaderna som används för att beräkna kärnavfallsavgifter på medelvärdet av de kostnadsutfall som erhålls av osäkerhetsanalysen. För det andra kan SKB:s osäkerhetsanalys potentiellt utgöra värdefull information för Riksgäldens modellering av riskerna på skuldsidan i beräkningen av kompletteringsbeloppen.

Riksgäldens granskning delas in i tre avsnitt som behandlar osäkerhetsanalysens resultat, metod och modell.

I det första avsnittet utvärderas de resultat som erhålls av SKB:s osäkerhetsanalys genom att de jämförs över tid och gentemot tidigare genomförda kärnkraftsprojekt runt om i världen. Vi drar slutsatsen att SKB sett över en längre tidsperiod systematiskt har underskattat osäkerheterna i den framtida kostnadsutvecklingen. Även jämförelser med utfallsdata från referensklasser av tidigare genomförda kärnkraftsprojekt tyder på underskattningar, framförallt vad gäller risken för större kostnadsöverskridande.

Vi menar att dessa avvikelser kan förklaras av skillnader i metoden och beräkningsmodellen som används för att identifiera och kvantifiera osäkerheter. I det andra avsnittet redogörs för hur SKB arbetar med osäkerhetsanalyser enligt den successiva principen och hur den förhåller sig till den mer datadrivna ansats som Riksgälden förordar.

Riksgälden menar att SKB:s metod i alltför stor utsträckning baseras på subjektiva bedömningar och därför är olämplig att använda som enda beslutsunderlag. Vidare identifieras ett antal avsteg som SKB gör från den successiva principen, vilket vi menar delvis förklarar den bedömda underskattningen av osäkerheterna.

I det tredje och sista avsnittet granskas SKB:s beräkningsmodell, som baserat på analysgruppens bedömningar simulerar kostnadsscenarioer vilket resulterar i den sannolikhetsfördelning för totala kostnader som används i beräkningen av kärnavfallsavgifter och säkerhetsbelopp.

Vår granskning av SKB:s beräkningsmodell visar att brister som tidigare påtalats inte har åtgärdats i tillräcklig utsträckning. Framförallt kvarstår problem vad gäller hanteringen av tidsmässiga osäkerheter, användandet av alltför många riskfaktorer samt en alltför komplex modelleringsansats.

Riksgälden bedömer att SKB behöver arbeta med att förbättra beräkningsmodellen med avseende på flera punkter inför Plan 2025. Vad gäller en specifik riskfaktor, som avser modellera tidsmässiga osäkerheter till följd av en längre drifttid, menar vi dock att underlaget måste justeras innan det kan ligga till grund för beräkningar av avgifter och säkerheter. Riksgälden baserar därför beräkningen av kärnavfallsavgifter och säkerheter på en justerad kostnadsberäkning där denna uteslutits.

Vi menar att ett av de viktigaste områdena för SKB:s framtida arbete med osäkerhetsanalysen är jämföra och kalibrera resultaten från osäkerhetsanalysen mot utfallsdata. Av särskilt värde vore att på ett mer heltäckande och transparent sätt redovisa interna prognosuppföljningar från tidigare projekt som genomförts. Kärnavfallsprogrammet har pågått i över 40 år och de nedlagda kostnaderna uppgår till närmare 70 miljarder kronor. Det torde därför finnas mycket användbart material för att dra värdefulla slutsatser om hur det hittills gått som kan komplettera de externa jämförelsedata som Riksgälden identifierat.

Innehåll

Sammanfattning	1
1. Bakgrund, syfte och disposition	5
2. Resultaten från SKB:s osäkerhetsanalys	6
2.1 Tidigare osäkerhetsanalyser har inte fångat de förväntade kostnaderna i Plan 2022	6
2.2 Jämförelser mot tidigare genomförda projekt visar att osäkerheter underskattas	8
2.3 Tidigare utvärderingar av resultaten från SKB:s osäkerhetsanalys	9
2.4 Utvärdering med referensklassprognoser	10
2.4.1 Hur görs en referensklassprognos?	11
2.4.2 Referensklassprognoser för det svenska kärnavfallsprogrammet	13
2.4.3 Projekt eller program?	16
2.4.4 Vad förklarar de stora skillnaderna mot referensklassen?	17
2.4.5 Riksgäldens antagande jämfört med referensklassen	20
2.5 Riksgäldens bedömning av resultaten från SKB:s osäkerhetsanalys	21
3. SKB:s metod för osäkerhetsanalys	23
3.1 Den successiva principen	23
3.1.1 SKB:s användning av den successiva principen i Plan 2022	24
3.2 Avsteg från den successiva principen	25
3.2.1 SKB:s eller analysgruppens bedömningar?	25
3.2.2 För hög detaljnivå	26
3.2.3 Fasta förutsättningar	27
3.3 Successiva principen vs. referensklassprognoser	28
3.4 Riksgäldens bedömning av SKB:s metod	31
4. SKB:s beräkningsmodell	32
4.1 Bristfällig modellering av tidsmässiga osäkerheter	32
4.1.1 Anläggningar i drift innan de färdigställts	33
4.1.2 En fördubbling av drifttiden leder till lägre finansieringsbehov – variation 401	36
4.2 Det stora antalet riskfaktorer fortsatt ett problem	40
4.2.1 Lägre bedömning av osäkerheter kring lagstiftning och myndighetskrav	41
4.2.2 Objektrisker - bokföring eller riskdrivare?	43
4.2.3 Begränsad korrelationsfunktionalitet talar för fortsatt behov av reduktioner av variationer	45

4.3	Stor och komplex modell minskar transparensen och försvårar kvalitetssäkring	47
4.4	Riksgäldens bedömning av SKB:s beräkningsmodell.....	48
	Referenser	50

1. Bakgrund, syfte och disposition

Resultaten från SKB:s osäkerhetsanalys utgör ett viktigt underlag till Riksgäldens beräkningar av kärnavfallsavgifter och säkerheter. För det första baseras de årliga förväntade kostnaderna som används för att beräkna kärnavfallsavgifter på medelvärdet av de kostnadsutfall som erhålls av osäkerhetsanalysen. För det andra kan SKB:s osäkerhetsanalys potentiellt utgöra värdefull information för Riksgäldens modellering av riskerna på skuldsidan i beräkningen av kompletteringsbeloppen.

Riksgälden, och dessförinnan Strålsäkerhetsmyndigheten, har i tidigare granskningar bedömt att SKB:s osäkerhetsanalys underskattar risken för kostnadsöverskridande i kärnavfallsprogrammet. Dessa bedömningar har baserats på myndighetens egna analyser såväl som utlåtanden från experter på riskanalys för stora infrastrukturprojekt [1]. I denna granskning kompletteras tidigare gjorda analyser genom användandet av så kallade *referensklassprognoser*.

Riksgäldens granskning delas in i tre avsnitt som behandlar osäkerhetsanalysens resultat, metod och modell. I det första avsnittet utvärderas de resultat som erhålls av SKB:s osäkerhetsanalys genom att de jämförs över tid och gentemot tidigare genomförda kärnkraftsprojekt runt om i världen.

Vi menar att underskattningen av risken för kostnadsöverskridanden i SKB:s beräkningar till stor del kan förklaras dels av den metod som används, dels av simuleringsmodellen som används för att beräkna osäkerhetspåslaget. Dessa aspekter behandlas i mer detalj i de två efterföljande avsnitten. I respektive avsnitt följer vi dessutom upp hur SKB arbetat med att beakta de synpunkter och rekommendationer som lämnats i tidigare granskningar.

Utifrån granskningen av dessa tre områden görs en samlad bedömning av som innehåller Riksgäldens synpunkter och rekommendationer för SKB:s framtida arbete med osäkerhetsanalysen.

2. Resultaten från SKB:s osäkerhetsanalys

Slutprodukten som följer av SKB:s osäkerhetsanalys och den simuleringsmodell som används för beräkningarna är en sannolikhetsfördelning för de totala återstående kostnaderna i kärnavfallsprogrammet. Kostnadsfördelningen ger SKB:s bedömning av de återstående förväntade kostnaderna (medelvärde av fördelningen) och osäkerheterna kring detsamma (spridningen i fördelningen).

I detta avsnitt analyseras SKB:s kostnadsfördelning genom att studera hur den utvecklats över tid och hur den förhåller sig till utfallet från tidigare genomförda kärnkraftsprojekt.

2.1 Tidigare osäkerhetsanalyser har inte fångat de förväntade kostnaderna i Plan 2022

SKB har sedan etableringen av finansieringssystemet för kärnavfall på 1980-talet arbetat med osäkerhetsanalyser på olika sätt. I mitten av 1990-talet etablerades nuvarande metod som bygger på den så kallade successiva principen och monte carlo-simuleringar i en stokastisk beräkningsmodell.

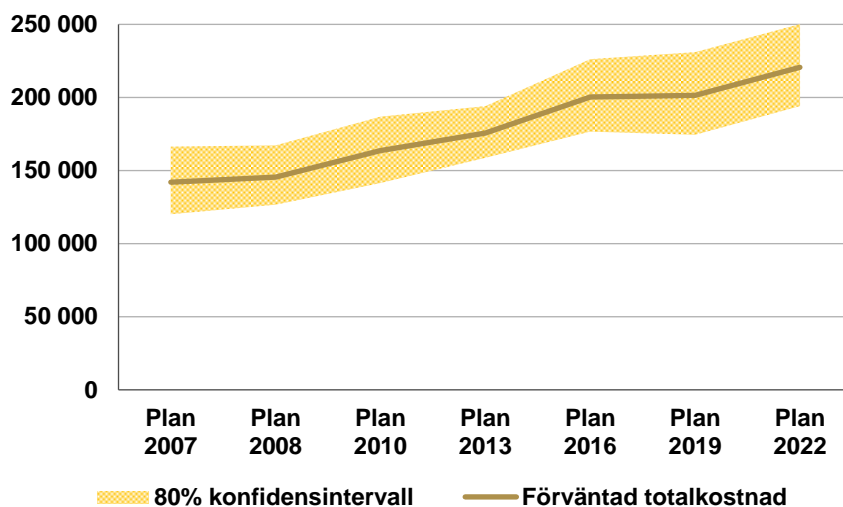
Sedan kostnadsberäkningen Plan 2007 finns en detaljerad redovisning av utfallen för den kostnadsfördelning som erhålls från SKB:s beräkningsmodell vilket möjliggör en jämförelse av resultaten över tid.

Linjen i Diagram 1 visar totala förväntade kostnader (summan av redan nedlagda kostnader och förväntade återstående kostnader) för kärnavfallsprogrammet medan det skuggande området visar ett 80 procents konfidensintervall för kostnadsutfallen enligt SKB:s analys. Tidigare nedlagda kostnader tillsammans med den senaste bedömningen av återstående förväntade kostnader enligt Plan 2022 summerar till 221 miljarder kronor i december 2022 års prisnivå¹.

¹ SKB redovisar i senare Plan-rapporter olika kostnadsscenarioer för EEF, ett som förordas av SKB och ett som följer de riktlinjer som Strålsäkerheten tog fram 2016. De förväntade återstående kostnaderna avser här de underlag som uppfyller riktlinjerna och som legat till grund för avgiftsförslagen som regeringen beslutat utföra.

Diagram 1 Utveckling av kostnadsfördelning från SKB:s osäkerhetsanalys

Miljoner kronor, prisnivå december 2022



Anm. Kostnader avser såväl nedlagda som förväntade kostnader. Nedlagda kostnader avser både direkt- och fondfinansierade medel.

Källa: SKB och egna beräkningar

Genom att förflytta oss bakåt i tiden från Plan 2022 i diagrammet ser vi att den senaste bedömningen av de totala kostnaderna för kärnavfallsprogrammet ligger utanför det 80-procentiga konfidensintervallet från Plan 2013. Går vi ännu längre tillbaka visar det sig att det som bedöms som det förväntade utfallet idag knappt fanns med som ett möjligt utfall. Exempelvis hade det förväntade utfallet idag endast 0,2 procent sannolikhet att överskridas enligt osäkerhetsanalysen i Plan 2007.

Det finns flera möjliga förklaringar till att SKB:s tidigare osäkerhetsanalyser inte lyckats fånga efterföljande prognosrevideringar. En viktig förklaringsfaktor är att drifttidsantagandet har varierat över tid. I Plan 2007 till och med Plan 2013 baserades beräkningarna på 40 års drift av kvarvarande reaktorer medan de från och med Plan 2016 baseras på 50 års drift av reaktorerna. Eftersom drifttiden påverkar mängden använt kärnbränsle som behöver tas om hand är det naturligt att kostnaderna ökar när drifttiden förlängs. Då drifttidsantagandet är en fast förutsättning i SKB:s osäkerhetsanalys kommer sådana osäkerheter inte att beaktas.

Även när vi kontrollerar för skillnader i drifttid kvarstår dock slutsatsen att tidigare osäkerhetsanalyser har underskattat efterföljande revideringar till de förväntade kostnaderna, vilket framgår av att jämföra kostnadsfördelningar som är baserade på samma drifttid. Exempelvis hade det förväntade kostnadsutfallet enligt Plan 2013 endast fem procents sannolikhet att överskridas enligt Plan 2007 (båda baserades på 40 års drifttid). Det förväntade

utfallet i Plan 2022 hade 14 procent sannolikhet att överskridas enligt osäkerhetsanalysen i Plan 2016 (båda baserades på 50 års drifttid). Sammantaget indikerar resultaten att SKB:s tidigare osäkerhetsanalyser systematiskt underskattat de framtida kostnaderna under en längre tid.

Underskattningar av riskerna för kostnadsöverskridande ökar statens sistahandrisk i finansieringssystemet för kärnavfall. Kärnavfallsprogrammets förväntade slutdatum ligger flera decennier bort. Eftersom säkerheterna i finansieringssystemet ska beräknas för att täcka ett scenario där inga ytterligare avgifter tillförs fonden under hela programmets löptid, är det nödvändigt att ta höjd för potentiellt stora prognosfel för de förväntade kostnaderna som är förknippade med en mycket lång prognoshorizont. Det är därför bekymmersamt att det förväntade utfallet idag bedömdes som mycket osannolikt för bara sex år sedan, och nästintill otänkbart för 15 år sedan.

2.2 Jämförelser mot tidigare genomförda projekt visar att osäkerheter underskattas

Riksgälden menar att det är av vikt att löpande och på ett strukturerat sätt arbeta med prognosutvärderingar. Genom att jämföra faktiskt realiserade utfall mot tidigare prognoser kan slutsatser dras om hur väl prognosmodellen fungerat historiskt². Sådan information är värdefull av två huvudsakliga skäl – dels för att få ett mått på vilken prognosförmåga som kan förväntas i det aktuella fallet för att ta höjd för de osäkerheter som finns, dels för att försöka förbättra metoder och modeller i syfte att minska systematiska prognosfel³.

En utmaning med att göra prognosutvärderingar för det svenska kärnavfallsprogrammet är att liknande program ännu inte genomförts i helhet någonstans i världen. Sverige är tillsammans med Finland ett föregångsland i att utveckla och konstruera ett helhetskoncept för avveckling, omhändertagande och slutlig förvaring av kärntekniska restprodukter i djupa geologiska slutförvar. Ett slutgiltigt facit på kostnaderna och tidsåtgången för det svenska kärnavfallsprogrammet som helhet får vi först om flera decennier. För att idag kunna beräkna avgifter och säkerheter är det emellertid nödvändigt att göra bedömningar om sannolikheter och konsekvenser för kostnadsutfall i olika scenarier.

En prognosutvärdering kan göras utifrån tidigare avslutade projekt i kärnavfallsprogrammet (interna jämförelser) eller utifrån jämförbara projekt

² Löpande prognosutvärderingar är ett självklart inslag för etablerade prognosinstitut som exempelvis Konjunkturinstitutet.

³ Systematiska prognosfel (eller *bias*) innebär att prognoserna konsekvent under- eller överskattar de framtida utfallen.

utanför kärnavfallsprogrammet (externa jämförelser). Eftersom kärnavfallsprogrammet har pågått i över fyra decennier och flera projekt genomförts torde det finnas värdefull information från interna utvärderingar. Riksgälden har i granskningen av Plan 2022 efterfrågat en redovisning av sådana prognosutvärderingar⁴.

SKB har som svar på denna efterfrågan redovisat utvärderingar av två mindre delprojekt: m/s Sigrid och Clab etapp 2. Av skäl som beskrivs närmare i fördjupningsbilaga 1 bedömer Riksgälden att de utvärderingar som vi hittills har fått ta del av har ett begränsat värde för att kunna dra några slutsatser om kärnavfallsprogrammet som helhet, även om de kan ge en intressant inblick i de enskilda projekten.

Parallellt med att kartlägga intern data från kärnavfallsprogrammets avslutade projekt har Riksgälden därför fortsatt arbetet med att med hjälp av extern jämförelsedata utvärdera risken för kostnadseskalering i kärnavfallsprogrammet.

2.3 Tidigare utvärderingar av resultaten från SKB:s osäkerhetsanalys

Riksgäldens och Strålsäkerhetsmyndighetens tidigare granskningar av resultaten från SKB:s osäkerhetsanalys har framförallt baserats på en serie expertutlåtanden från Norges Naturvetenskapliga och Tekniska universitet (NTNU) som har en långvarig erfarenhet av riskanalys för storskaliga infrastrukturprojekt [2].

I tillägg till samarbetet med NTNU har Riksgälden även uppdragit till svenska forskare och experter att gå genom historiska erfarenheter från stora svenska infrastrukturprojekt inom framförallt väg- och järnväg [3].

Slutsatsen från dessa studier är att SKB:s osäkerhetsanalyser underskattat risken för kostnadsöverskridande jämfört med de utfall som realiserats för andra stora infrastrukturprojekt.

I närmast föregående förslag på avgifter och säkerheter gjorde Riksgälden mot denna bakgrund bedömningen att resultaten från SKB:s osäkerhetsanalys inte bör ligga till grund för beräkningen av riskerna för kostnadseskalering i kärnavfallsprogrammet. Istället baserades Riksgäldens modellering av risker på skuldsidan i beräkningen av kompletteringsbeloppen på en högre antagen spridning i kostnadsfördelningen än den som erhålls från SKB:s

⁴ Riksgälden efterfrågade särskilt prognosutvärderingar för större projekt såsom uppförandet av Äspölaboratoriet, Transportsystemet, Clab och SFR.

osäkerhetanalys. Regeringen beslutade om avgifter och säkerheter i enlighet med Riksgäldens förslag för perioden 2022–2023.

2.4 Utvärdering med referensklassprognoser

Metoder som baseras på jämförelseanalys innebär framtagandet av en referensgrupp av objekt. Styrkan i sådana metoder beror därför av hur jämförbara de objekt som man har utfallsdata för är med det studerade objektet. I vårt fall betyder det att referensgruppen av tidigare genomförda projekt behöver vara jämförbara med projekten i det svenska kärnavfallsprogrammet.

De tidigare studier som genomförts på uppdrag av Riksgälden baseras framförallt på erfarenheter och data från stora infrastrukturprojekt inom andra branscher än kärnkraftsindustrin. Skälet för detta är att sådana projekt utgör majoriteten av de projekt som tidigare genomförts i Sverige och Norge och att det därför finns bättre tillgång till data från avslutade projekt inom dessa branscher. Även om stora infrastrukturprojekt sett ur ett brett perspektiv har den gemensamma nämnaren att de gått signifikant över budget och blivit försenade⁵ är det av intresse att förfina analysen genom att hitta mer jämförbara projekt. Ett naturligt steg i det arbetet är att försöka hitta utfallsdata för projekt inom kärnkraftsbranschen och i synnerhet projekt inom avveckling av kärnkraftsreaktorer och förvaring av kärntekniska restprodukter.

Under de senaste par åren har Riksgälden identifierat referensklassprognoser som en potentiellt användbar metod, vilket bl.a. diskuterades i en underlagsrapport till vårt senast föregående avgiftsförslag [4]. Sedan dess har både metoden och användandet av den utvecklats i snabb takt, bl.a. tack vare att databaser etablerats innehållande en stor mängd data från tidigare projekt.

Idag är referensklassprognoser en etablerad estimeringsmetod som används bland annat i Storbritannien, Schweiz, Danmark, Sydafrika, Hongkong, Australien, Nya Zeeland, Norge och har stöd av organisationerna American Planners Association och Project Management Institute.

Referensklassprognoser har fått särskilt stort genomslag i Storbritannien där det är den rekommenderade metoden av Infrastructure and Planning Authority och Treasury för att bedöma tid- och kostnadsåtgång för stora projekt. Särskilt kan noteras att myndigheten som ansvarar för avvecklingen av kärntekniska anläggningar i Storbritannien, Nuclear Decommissioning Authority (NDA),

⁵ Flyvbjerg benämner detta fenomen som *“The iron law of megaprojects: Over budget, over time, under benefits, over and over again”* [11]

använder referensklassprognoser för att utvärdera kostnadsestimater och prognosticera osäkerheten i nya projekt.

Även i Sverige har referensklassprognoser börjat få genomslag för att bedöma risken för kostnadsöverskridande i infrastrukturprojekt. I en granskningsrapport från 2021 pekar Riksrevisionen på behovet av en mer datadriven utgångspunkt i osäkerhetsanalyser som komplement till de kvalitativa bedömningarna som Trafikverket hittills använt sig av⁶. Trafikverket arbetar sedan en tid tillbaka aktivt med frågan och har tidigare i år publicerat en utvärdering av hur referensklassprognoser kan användas för att utveckla kalkylförmågan [5]. Riksgälden har under våren 2023 haft möten med Trafikverket för att utbyta erfarenheter kring osäkerhetsanalyser av projekt och användandet av referensklassprognoser.

2.4.1 Hur görs en referensklassprognos?

Riksgälden har i granskningen av osäkerhetsanalysen i Plan 2022 arbetat tillsammans med företaget Oxford Global Projects (OGP) för att ta fram referensklassprognoser för det svenska kärnavfallsprogrammet. Metoden och OGP beskrivs kortfattat nedan och i detalj i bilaga 2.

Den bakomliggande teorin för referensklassprognoser har utvecklats av Daniel Kahneman och Amos Tversky. Kahneman fick 2002 nobelpriset för dessa och andra bidrag till forskning inom området beteendekonomi. Forskaren Bent Flyvbjerg vidareutvecklade metoden och dess praktiska applikationer för policy- och projektplanering med fokus på transportinfrastruktur för Storbritanniens transportdepartement.

Flyvbjerg bildade 2012 företaget OGP för att applicera lärdomarna från referensklassprognoser på stora projekt även inom andra branscher. OGP har sedan dess studerat över 17 000 projekt runt om i världen från olika branscher, inklusive 380 kärnkraftsprojekt (inom nybyggnation av kärnkraftsreaktorer, kärnavfall och avveckling).

Referensklassprognoser är en konceptuellt enkel metod som innebär att historisk data från tidigare genomförda projekt används för att dra slutsatser om osäkerheten i framtida projekt. Metoden består av följande tre steg:

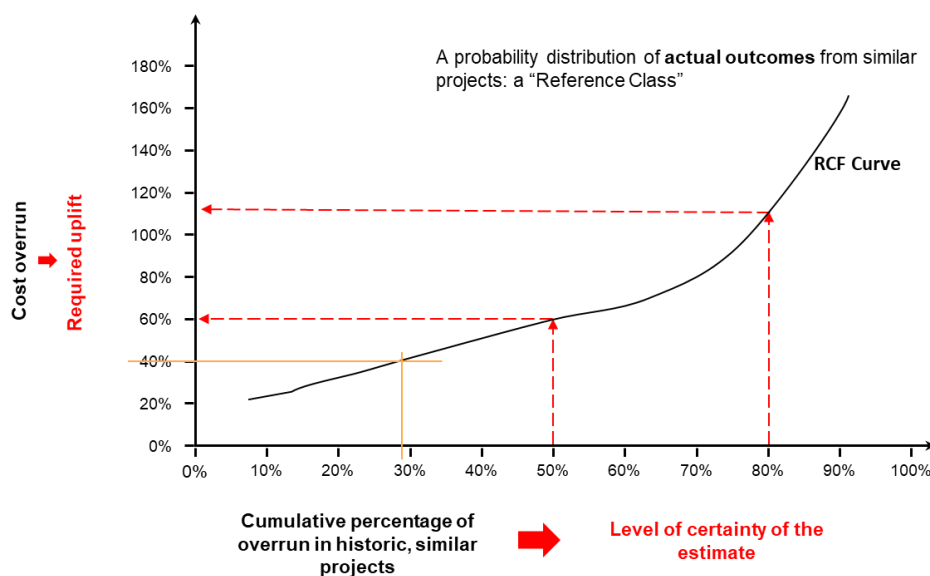
1. **Etablera av en referensklass:** Ta fram ett stickprov av tidigare jämförbara projekt. Enligt OGP räcker typiskt sett 20–30 projekt för att börja dra meningsfulla slutsatser, men ju fler desto bättre.

⁶ Trafikverket applicerar idag, likt SKB och flera andra aktörer, den så kallade *successiva principen* som utgångspunkt för bedömningar av osäkerheter i projekt.

2. **Etablera en sannolikhetsfördelning:** Avgör sannolikheten för olika utfall för variabeln som studeras baserat på data från projekten i referensklassen, exempelvis för kostnadsöverskridande (faktisk projektkostnad/estimerad projektkostnad) eller förseningar (faktisk projekttid/estimerad projekttid)
3. **Justera det nuvarande estimatet:** Lägg till ett osäkerhetspåslag till kostnadsestimatet för projektet som analyseras, utifrån önskad riskpreferens (exempelvis 80 procent sannolikhet att inte överskrida de estimerade kostnaderna).

Figur 1 ger en schematisk illustration av resultaten från en referensklassprognos. Den horisontella axeln visar sannolikheten för ett utfall medan den vertikala axeln visar kostnadsöverskridande (faktiska kostnader/estimerade kostnader, mätt i procent).

Figur 1 Illustration av resultaten från en referensklassprognos



Anm. Exempel utan koppling till kärnavfallsprogrammet

Källa: Oxford Global Projects

Referensklasskurvan byggs upp genom att data från tidigare projekt sorteras från största till minsta kostnadsöverskridande och den relativa andelen för varje datapunkt beräknas och summeras för att ge en distribution från 0 procent till 100 procent. Om exempelvis referensklassen innehåller 25 projekt så kommer varje projekt utgöra 4 procent av referensklassen. Projektet med högst kostnadsöverskridande representerar 4 procent, projektet med det näst högsta kostnadsöverskridandet representerar 8 procent, och så vidare.

Av det illustrativa exemplet i Figur 1 framgår exempelvis att hälften av projekten hade ett kostnadsöverskridande om 60 procent eller mindre, och

hälften ett kostnadsöverskridande om 60 procent eller mer. Vidare hade 80 procent av projekten ett kostnadsöverskridande under 115 procent och följaktligen hade 20 procent av projekten ett kostnadsöverskridande över 115 procent.

2.4.2 Referensklassprognoser för det svenska kärnavfallsprogrammet

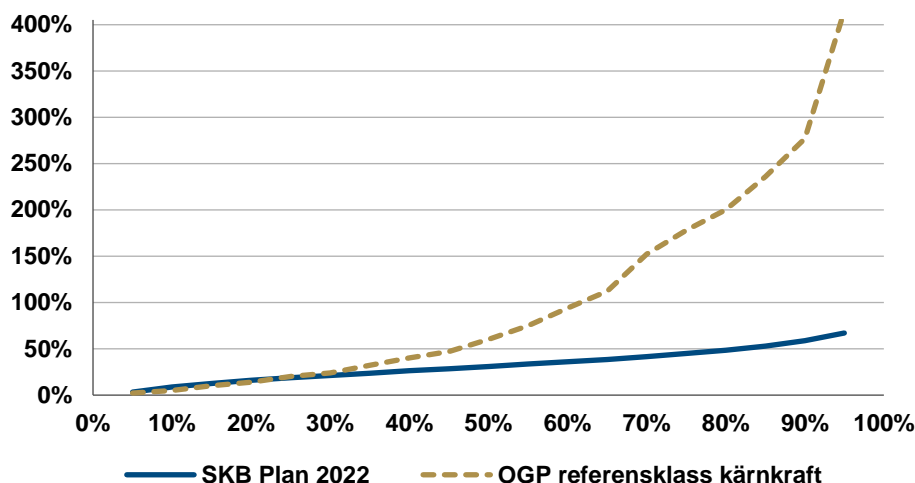
OGP har på uppdrag av Riksgälden kartlagt data från sin databas för kärnkraftsprojekt inom flera olika områden (nybyggnation, förvaring, avveckling). Syftet med att ta fram flera referensklasser är att potentiellt erhålla en närmare jämförbarhet mot de olika projekten som ingår i kärnavfallsprogrammet.

Som framgår av OGP:s rapport landar de dock i slutsatsen att en generell referensklass för kärnkraftsprojekt leder till de mest robusta resultaten för Riksgäldens syfte, åtminstone till dess att mer data från tidigare avvecklings- och slutförvarsprojekt finns tillgängliga och kan behandlas separat.

Diagram 2 visar referensklassen för kärnkraftsprojekt från OGP jämfört mot motsvarande utfall från SKB:s osäkerhetsanalys. Resultaten tolkas på samma sätt som det stiliserade exemplet i figur 1 ovan.

Diagram 2 Kostnadsöverskridande enligt referensklass jämfört SKB

Procent



Anm. Kostnadsöverskridande för SKB är beräknat som de simulerade utfallen från osäkerhetsanalysen relativt baskostnaderna i Kalkyl 50 (exkl. EEF)

Källa: Oxford Global Projects, SKB och egna beräkningar

Sannolikhetsfördelningarna för kostnadsöverskridande ligger nära varandra upp till ungefär 30:e percentilen för att sedan divergera. För högre konfidensnivåer är skillnaderna mycket stora.

För att erhålla exempelvis 90 procent konfidens behövs enligt SKB:s analys ett tillägg om 59 procent till baskostnaderna⁷ medan det enligt referensklassen av tidigare genomförda projekt krävs 277 procent. Med andra ord överensstämmer SKB:s osäkerhetsanalys någorlunda väl med data för projekten i referensklassen vad gäller gynnsamma utfall men bedömer att risken för ogynnsamma utfall är betydligt lägre.

De förväntade kostnaderna (som inte framgår av figuren) innebär enligt SKB att ett påslag om 32 procent till baskostnaderna behöver göras medan motsvarande påslag i referensklassen är 127 procent. Referensklassen innehåller en relativt hög andel ”outliers” och resultaten för genomsnittligt kostnadsöverskridande påverkas därför markant av ett fåtal projekt som gått mycket över budget⁸. Här skiljer sig SKB:s relativt symmetriska kostnadsfördelning, där medelvärdet ligger nära medianen, märkbart från referensklassen.

Givet att ett fåtal extrema utfall har stor påverkan på resultaten kan det vara lockande att utesluta dem med argumentet att de inte är representativa för majoriteten av projekt. Samtidigt visar det sig att de projekt som gått mest över budget i referensklassen är de fåtal exempel som finns för konstruktionen av djupa geologiska slutförvar för kärnavfall. Att utesluta projekt bör enligt OGP generellt göras med stor försiktighet för att inte missa värdefull information och att inte riskera att återintroducera bias i bedömningarna. Snarare är dessa fall intressanta att studera vidare för att förstå, och lära av, vad som gått fel i projekten⁹.

Även beaktat ovan bedömer Riksgälden att det är av vikt att undersöka hur urvalet av projekt utifrån olika kriterier påverkar resultaten. En aspekt som är potentiellt intressant, och dessutom enkelt går att kontrollera för, är den geografiska lokaliseringen av projekt. OGP har genomfört statistiska tester som visar att kostnadsöverskridande för kärnkraftsprojekt i Nordamerika är signifikant högre jämfört med liknande projekt i Europa och Asien. Mot denna bakgrund har en referensklass som exkluderar nordamerikanska projekt tagits fram.

På förhand är en intuitiv arbetshypotes att svenska kärnkraftsprojekt borde vara mer lika europeiska projekt än amerikanska projekt. Eftersom OGP:s databas bara innehåller en handfull svenska projekt har det dock inte varit

⁷ Baskostnader avser det mest troliga kostnadsscenarioet, innan påslag gjort för relativprisförändringar (EEF) och osäkerheter.

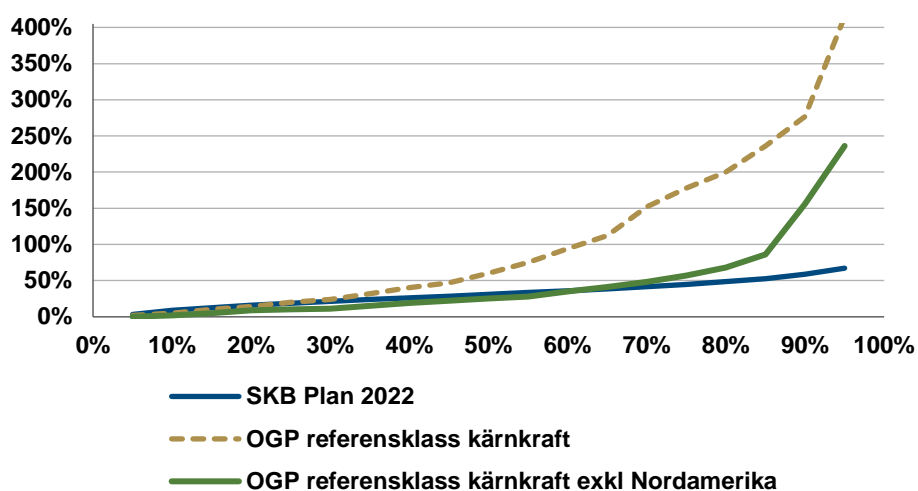
⁸ I statistiska termer har referensklassens sannolikhetsfördelning för kostnadsöverskridande en betydande högerskevhet.

⁹ Se avsnitt 5.2 i bilaga 2 för en diskussion om outliers och svarta svanar.

möjligt att statistiskt testa hur kostnadsöverskridande för projekt i Sverige förhåller sig till andra regioner. Det är därför viktigt att poängtera att nedan ska ses som en känslighetsanalys och inte ett utlåtande att nordamerikanska projekt a priori bör exkluderas i jämförelserna. Tvärtom menar OGP att till dess att mer data identifierats för svenska projekt bör en mer heltäckande referensklass appliceras. Resultaten i denna smalare referensklass bör därför tolkas med försiktighet.

Diagram 3 Kostnadsöverskridande enligt referensklass för kärnkraft (exkl. NA)

Procent



Anm. Kostnadsöverskridande för SKB är beräknat som de simulerade utfallen från osäkerhetsanalysen relativt baskostnaderna i Kalkyl 50 (exkl. EEF)

Källa: Oxford Global Projects, SKB och egna beräkningar

Som framgår av Diagram 3 har referensklassen med projekt från Europa och Asien signifikant lägre kostnadsöverskridande jämfört med hela referensklassen där projekt från Nordamerika inkluderas.

För att erhålla exempelvis 90 procent konfidensnivå behövs enligt referensklassen innehållande kärnkraftsprojekt i Europa och Asien ett tillägg om 156 procent till baskostnaderna. Detta kan jämföras med tidigare redovisad referensklass, där Nordamerika inkluderas, som kräver ett tillägg om 277 procent.

När Nordamerika exkluderas ligger referensklassens utfall nära bedömningarna från SKB:s osäkerhetsanalys upp till ungefär den 65:e percentilen. Därefter divergerar resultaten och för högre konfidensnivåer är skillnaderna återigen stora. För att erhålla en konfidensgrad om 90 procent krävs enligt referensklassen exklusive Nordamerika ett påslag om 156 procent medan motsvarande enligt SKB:s osäkerhetsanalys är 59 procent. Även medelvärdet

för referensklassen om 61 procent (som ej framgår av diagrammet) är betydligt högre än SKB:s 32 procent.

2.4.3 Projekt eller program?

En viktig skillnad mellan SKB:s osäkerhetsanalys och referensklassprognosens är detaljnivån i metod och beräkningar¹⁰. SKB:s metod utgår från bedömningar av ett stort antal riskfaktorer som i beräkningarna appliceras på en granulärt uppdelad kostnadsberäkning. Referensklasser innebär å andra sidan att en ”riskfaktor”, som avser täcka alla osäkerheter som kan påverka det projekt som analyseras, appliceras på hela projektets kostnader.

Vidare innebär vår ansats ovan, där kärnavfallsprogrammets totala kostnader räknas upp med referensklassen, att kärnavfallsprogrammet ses som ett stort projekt.

Frågan om samvariation mellan de olika projekten som ingår i kärnavfallsprogrammet är komplex och svår att testa för empiriskt. Sannolikt finns åtminstone i viss grad diversifieringseffekter mellan projekt. Exempelvis behöver inte kostnadsöverskridande i ett enskilt avvecklingsprojekt innebära att konstruktionen av en slutförvarsanläggning för kärnavfall går över budget.

Samtidigt finns det mycket som talar för att flera av projekten i kärnavfallsprogrammet har en hög grad av samvariation, inte minst eftersom avfallsflödena involverar flera anläggningar. Om exempelvis slutförvaren för rivningsavfall eller kärnbränsle blir försenade behöver rivningsavfall mellanlagras längre vid kärnkraftverket och ett behov uppstår av större mellanlagringskapacitet för kärnbränsle. Enligt SKB är denna typ av samband som en förklaringsfaktor för att kostnaderna har ökat mellan Plan 2019 och Plan 2022¹¹.

Beaktat ovissheten om sambanden mellan olika projekt inom kärnavfallsprogrammet menar Riksgälden att antaganden om diversifieringseffekter bör göras med försiktighet, vilket talar för den ansats som OGP använder. Vi ser ett behov av att vidare utreda denna och andra frågor i det fortsatta arbetet med referensklassprognoser för att avgöra hur de kan appliceras i beräkningen av kärnavfallsavgifter och säkerheter.

¹⁰ Dessa skillnader diskuteras mer ingående i senare avsnitt om metoden och modellen.

¹¹ Se kapitel 2, avsnitt 4, i fördjupningsbilaga 1.

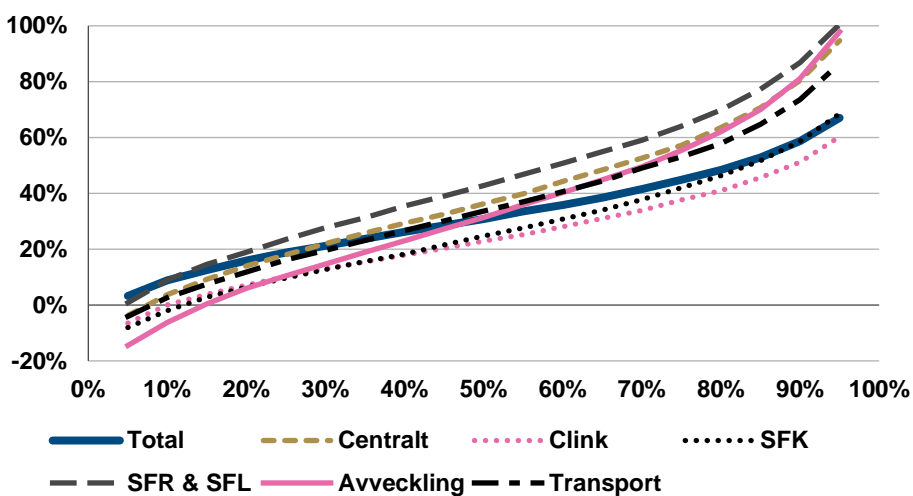
2.4.4 Vad förklarar de stora skillnaderna mot referensklassen?

Beaktat de stora skillnaderna i bedömningen av risken för kostnadsöverskridande som erhålls av SKB:s osäkerhetsanalys jämfört med referensklassernas är det av intresse att försöka utröna var skillnaderna uppstår och vad de beror på.

Utifrån föregående avsnitts diskussion om diversifieringseffekter samt den kritik som Riksgälden tidigare har riktat mot att ett alltför stort antal riskfaktorer används i analysen, är en hypotes särskilt intressant att testa: beror skillnaderna i resultaten på att SKB:s osäkerhetsanalys innebär en lägre bedömning av osäkerheterna i de enskilda projekten? Eller gör SKB liknande bedömningar som framgår av referensklassen för de ingående projekten, men att den totala kostnadsfördelningen ändå är väsentligt lägre på grund av antagna diversifieringseffekter mellan olika projekt?

Diagram 4 Risk för kostnadsöverskridande för olika delar av kärnavfallsprogrammet enligt SKB:s osäkerhetsanalys

Procent



Anm. Kostnader för ”förstudier, teknikutveckling och säkerhetsanalyser” har inkluderats i ”Centralt”

Källa: SKB och egna beräkningar

I Diagram 4 redovisas resultaten från osäkerhetsanalysen uppdelat i de huvudsakliga kostnadsposterna i Plan 2022. Denna uppdelning motsvarar någorlunda väl de olika anläggningarna och kan åtminstone ur den aspekten

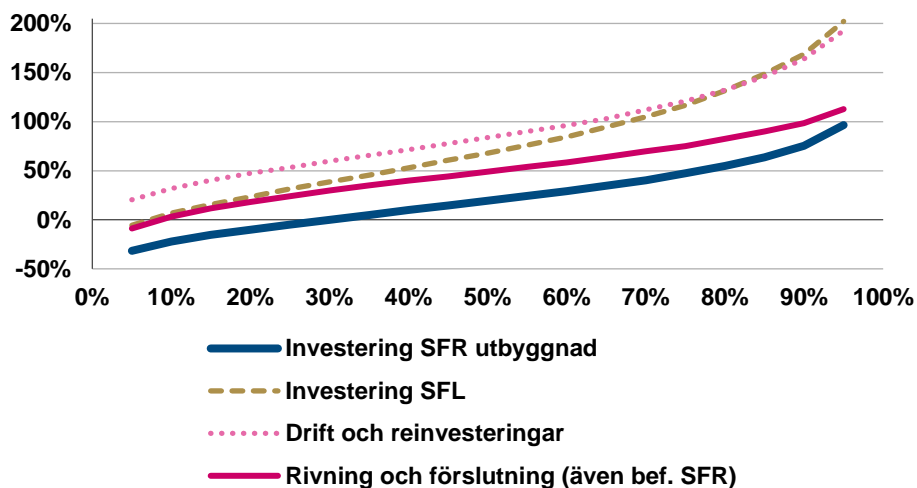
anses vara separata ”projekt” inom kärnavfallsprogrammet¹². Resultaten tolkas på samma sätt som tidigare diagram.

Vi konstaterar först och främst att inga kostnadsposter bedöms ha osäkerheter i närheten av referensklassens för högre konfidensnivåer. ”SFR & SFL”, som har högst bedömd relativ osäkerhet i kostnaderna enligt SKB, har t.ex. vid 90:e percentilen ett kostnadsöverskridande om 87 procent medan motsvarande för projekten i referensklassen ligger i spannet 156 till 277 procent (beroende på om Nordamerika inkluderas eller ej).

I Diagram 5 bryts kostnadsposten ”SFR & SFL”, den del av kärnavfallsprogrammet som SKB bedömer är mest osäker med avseende på kostnadsbedömningen, ned i dess ingående delposter på den mest detaljerade nivå som redovisningen medger. Här framgår att investeringskostnader för SFL samt drift- och reinvesteringskostnader bedöms vara de mest osäkra vilket framstår som rimligt. För högre konfidensnivåer ligger dessa nära referensklassen som exkluderar Nordamerika men alltså betydligt lägre än den bredare referensklassen.

Diagram 5 Risk för kostnadsöverskridande i posten ”SFR & SFL” enligt SKB:s osäkerhetsanalys

Procent



Källa: SKB och egna beräkningar

Sammantaget kan hypotesen om att skillnaderna mellan SKB:s resultat och referensklassen enbart förklaras av antagna diversifieringseffekter förkastas. Istället måste skillnaderna, åtminstone delvis, förklaras av att SKB:s bedömning av osäkerheterna för delprojekt inom kärnavfallsprogrammet är signifikant

¹² SFR och SFL redovisas dock tillsammans på grund av svårigheter att separera posterna utifrån SKB:s redovisning i osäkerhetsanalysen.

lägre än de utfall som kan observeras för referensklassens projekt. För vissa delar av kärnavfallsprogrammet, exempelvis SFL, bedömer SKB att osäkerheterna är lika stora som i referensklassen som exkluderar Nordamerika. Dessa kostnader utgör emellertid bara runt fem procent av de totala kostnaderna, vilket innebär att effekten på den totala kostnadsfördelningen är modest.

Detaljredovisningen av olika anläggningars relativa osäkerhet (Diagram 4) ger intressant information om SKB:s implicita¹³ bedömning om hur osäkerheterna förhåller sig mellan olika anläggningar och projekt.

Vi noterar att ”Centralt” som avser SKB:s gemensamma kostnader bedöms ha bland de största relativa osäkerheterna. Det kan te sig märkligt att en kostnadspost som till stor del består av stödfunktioner och overhead-kostnader skulle ha så stor osäkerhet i kostnadsutfall relativt andra mer komplexa projekt. En möjlig förklaring är att förseningar i de olika delprojekten bedöms få konsekvenser även för den gemensamma verksamheten. En försening som påverkar programmets sluttidpunkt innebär t.ex. att behovet av gemensamma funktioner kvarstår i programmet längre med kostnadsökningar som följd.

Mer förvånande är att kostnader för kärnbränsleförvaret (SFK) bedöms ha låg risk för kostnadsöverskridande relativt andra projekt. Byggstart för kärnbränsleförvaret är planerad till år 2027 med provdrift av anläggningen först tio år senare. Kärnbränsleförvaret kommer därefter att vara i drift under flera decennier för att sedan förslutas och avvecklas först på 2080-talet. Det finns inga tidigare erfarenheter av att uppföra ett djupt geologiskt slutförvar för använt kärnbränsle enligt KBS3-metoden.

Vi menar därför att kostnadsestimaten för kärnbränsleförvaret måste antas vara förknippade med stor osäkerhet. Det framstår därför som märkligt att resultaten från SKB:s osäkerhetsanalys implicerar att exempelvis de pågående avvecklingsprojekten för att riva kärnkraftverken bedöms ha en betydligt högre relativ osäkerhet.

Eftersom kostnaderna för kärnbränsleförvaret utgör en tredjedel av de totala återstående kostnaderna får bedömningen av osäkerheterna i dessa en betydande effekt på den bedömda osäkerheten för kostnadsöverskridande i kärnavfallsprogrammet som helhet.

¹³ Implicit eftersom SKB inte modellerar risk per projekt, utan genom ett stort antal riskfaktorer som påverkar olika delar av programmet.

2.4.5 Riksgäldens antagande jämfört med referensklassen

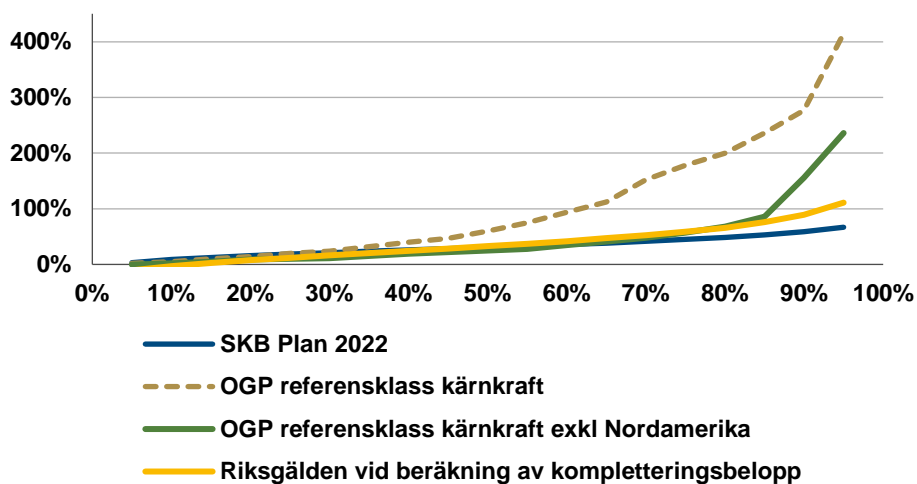
Riksgälden gjorde vid föregående förslag på kärnavfallsavgifter och säkerheter för 2022–2023 bedömningen att SKB:s osäkerhetsanalys underskattar osäkerheten i framtida kostnadsutfall.

Vid beräkningen av kompletteringsbeloppen antas en större spridning i kostnadsfördelningen, motsvarande en standardavvikelse om 25 procent relativt medelvärdet för kärnavfallsprogrammets totala kostnader (motsvarande för SKB:s osäkerhetsanalys i Plan 2022 är ca 15 procent). Vidare modelleras relativprisrisker (EEF) vid beräkningen av kompletteringsbeloppet på ett sätt som ger större spridning än den som erhålls med SKB:s prognosmodeller.

Diagram 6 visar risken för kostnadsöverskridande som följer av Riksgäldens antaganden och modelleringsansats jämfört med motsvarande från SKB:s osäkerhetsanalys och referensklasserna.

Diagram 6 Risk för kostnadsöverskridande enligt SKB, RGK och OGP

Procent



Anm. Linjen för Riksgälden inkluderar även relativprisrisk (EEF)

Källa: Oxford Global Projects, SKB och egna beräkningar

Riksgäldens antagande att osäkerheten i kostnadsutfallen är signifikant högre än resultaten från SKB:s osäkerhetsanalys, framförallt vid högre konfidensnivåer. Den 90:e percentilen i kostnadsfördelningen som Riksgälden använder vid beräkning av kompletteringsbelopp motsvarar 89 procent kostnadsöverskridande jämfört med SKB:s 59 procent.

Skillnaderna mellan SKB och Riksgälden är dock små i jämförelse med skillnaderna mot OGP:s referensklass för kärnkraft. Enligt denna underskattar även Riksgälden kraftigt risken för kostnadsöverskridande. Om istället den

smalare referensklassen, som exkluderar Nordamerika, används så blir bilden annorlunda. Här finns god följsamhet upp till ungefär den 85:e percentilen, vartefter bedömningarna divergerar.

2.5 Riksgäldens bedömning av resultaten från SKB:s osäkerhetsanalys

I detta avsnitt har vi undersökt hur SKB:s bedömningar om osäkerheten i de framtida kostnaderna i kärnavfallsprogrammet står sig över tid och hur de förhåller sig till utfallsdata från tidigare genomförda projekt i kärnkraftsbranschen.

Vi drar slutsatsen att SKB sett över en längre tidsperiod systematiskt har underskattat osäkerheterna i den framtida kostnadsutvecklingen. Delvis kan detta förklaras med att förutsättningarna och omfattningen har förändrats över tid eftersom drifttidsantagandet ökat, med en större mängd kärnbränsle som följd. Även när vi kontrollerar för detta kvarstår att bedömningen att de totala kostnaderna för kärnavfallsprogrammet (från start till mål) ökat mer än vad som bedömdes som sannolikt av SKB mellan Plan-kalkylerna. De utfall som SKB idag förväntar sig var näst intill otänkbara utfall enligt osäkerhetsanalysen som genomfördes för 10–15 år sedan.

Även jämförelser med utfallsdata från referensklasser av tidigare genomförda kärnkraftsprojekt tyder på underskattningar, framförallt risken för större kostnadsöverskridande. Förvisso finns exempel på delar av kärnavfallsprogrammet där SKB:s resultat liknar referensklassens, exempelvis SFL, men dessa utgör en mycket liten del av de totala kostnaderna och får därför liten bäring på den totala bedömda osäkerheten i kärnavfallsprogrammet.

Kärnbränsleförvaret sticker särskilt ut där osäkerheterna i kostnadsbedömningen bedöms vara lägre än exempelvis för avvecklingsprojekten, som redan är igång och där relativt mycket erfarenhet finns. SKB har dessutom reviderat upp baskostnaderna för kärnbränsleförvaret kraftigt i senare Plan-kalkyler, vilket tyder på att åtminstone de historiska kostnadsestimaten för anläggningen varit osäkra.

Vi menar att ett av de viktigaste områdena för SKB:s framtida arbete med osäkerhetsanalysen är jämföra och kalibrera resultaten från osäkerhetsanalysen mot utfallsdata. Av särskilt värde vore att på ett mer heltäckande och transparent sätt redovisa interna prognosuppföljningar från tidigare projekt som genomförts. Kärnavfallsprogrammet har pågått i över 40 år och de nedlagda kostnaderna uppgår till närmare 70 miljarder kronor. Det torde därför

finnas mycket användbart material för att dra värdefulla slutsatser om hur det hittills gått som kan komplettera de externa jämförelsedata som Riksgälden identifierat.

Arbetet med referensklassprognoser förblir ett fokusområde för Riksgälden. Flera områden behöver utredas närmare, inte minst med avseende på jämförbarhet utifrån olika kriterier såsom geografisk region, projekttyp (avveckling vs slutförvar), projektstorlek osv. Även statistiska metodfrågor såsom diversifieringseffekter mellan projekt och vilka sannolikhetsfördelningar som bör användas i beräkningarna behöver analyseras.

De resultat som hittills framkommit genom arbetet med referensklassprognoser ger stöd för att Riksgälden inte överskattar risken för kostnadsöverskridande i kärnavfallsprogrammet i beräkningen av kompletteringsbeloppen. Snarare förefaller det som att även Riksgäldens bedömning ligger i det lägre intervallet, särskilt sett till risken för stora kostnadsöverskridande. Detta gäller oavsett om den breda eller smala referensklassen används.

Vi använder därför, likt i föregående beräkning av kompletteringsbeloppet, en standardavvikelse om 25 procent relativt medelvärdet för kostnadsfördelningen i kärnavfallsprogrammet (SKB:s osäkerhetsanalys resulterar i en standardavvikelse om knappt 15 procent).

3. SKB:s metod för osäkerhetsanalys

Från föregående avsnitt framgår att resultatet som erhålls från SKB:s osäkerhetsanalys avviker från utfallen från tidigare genomförda kärnkraftsprojekt som ingår i de referensklasser som OGP tagit fram på uppdrag av Riksgälden.

Vi menar att dessa avvikelser kan förklaras av skillnader i metoden och beräkningsmodellen som används för att identifiera och kvantifiera osäkerheter. I detta avsnitt redogörs för hur SKB arbetar med osäkerhetsanalyser enligt den successiva principen och hur den förhåller sig till den mer datadrivna ansats som Riksgälden förordar.

3.1 Den successiva principen

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

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

Successiv kalkylering är en etablerad metod i projektsammanhang. I Norge är alla statliga investeringar i infrastrukturprojekt större än 500 miljoner NOK förpliktade att genomgå en kvalitetssäkring avseende koncept och kostnad för olika projektfaser. Kvalitetssäkringen innebär bland annat att en osäkerhetsanalys måste göras för projektets kostnader i ett tidigt skede. Trafikverket i Sverige använder sedan början av 00-talet successiv kalkylering för kostnadskalkylering av alla projekt över 100 miljoner kronor. SKB applicerar metoden sedan mitten på 90-talet.

3.1.1 SKB:s användning av den successiva principen i Plan 2022

Centralt för arbetet enligt den successiva principen är en arbetsgrupp, av SKB kallad *analysgrupp*, som enligt metoden ska bestå av personer med olika kompetenser och vara heterogent sammansatt vad gäller ålder, befattning, osv.

I osäkerhetsanalysen i Plan 2022 består analysgruppen av 12 personer (sju kvinnor och fem män) där fem av medlemmarna har tillkommit sedan Plan 2019 och fyra tidigare medlemmar har lämnat. Nio av gruppmedlemmarna är idag verksamma inom andra områden än kärnkraftsbranschen (flera har dock tidigare erfarenheter från densamma) medan resterande tre arbetar för SKB, Vattenfall och Uniper. Till skillnad från föregående osäkerhetsanalyser leds arbetet i analysgruppen i Plan 2022 av en extern moderator.

En av arbetsgruppens roller är att inventera *generella osäkerheter*¹⁴. I SKB:s analysgrupp sker inventering genom diskussioner (eller brainstorming) inom sex fördefinierade områden: samhälle, ekonomi, genomförande, organisation, teknik och kalkylering. Inventering av *objektosäkerheter*, dvs. osäkerheter som bara påverkar ett objekt, görs först inom planprojektet och bygger i huvudsak på en nedbrytning av kalkylen som blivit praxis genom åren, dvs. redovisning efter anläggning eller kostnadsslag. Förslag på uppdelning presenteras sedan för analysgruppen, där diskussion om eventuella förändringar sker.

Det totala antalet osäkerhetsfaktorer har minskat från 83 i Plan 2019 till 52 i Plan 2022. Av dessa är 34 objektspecifika och 18 är generella. SKB har även definierat så kallade fasta förutsättningar som har till syfte att avgränsa analysen. Analysgruppen ska inte ta upp osäkerheter som faller utanför de ramar som de fasta förutsättningarna ger.

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

För objektvariationerna hämtas det mest troliga värdet från den av SKB framtagna baskostnadskalkylen vilket innebär att analysgruppen inte gör någon skattning av troligt värde för objektvariationen. För generella variationerna

¹⁴ Generella osäkerheter avser osäkerheter som har en konsekvens för flera kostnadsposter, exempelvis en försening som påverkar flera olika projekt inom programmet.

ansätts troligt värdet till noll, eftersom generella osäkerheter är definierade relativt objekten. Ett troligt värde på noll innebär således att det inte föreligger någon avvikelse från det definierade villkoret. Låg-värdet som analysgruppen bedömer ska motsvara den 10:e percentilen medan hög-värdet ska motsvara den 90:e percentilen¹⁵.

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

Därefter översätts analysgruppens bedömningar till sannolikhetsfördelningsfunktioner som blir input till den beräkningsmodell som används för att göra Monte-Carlo-simuleringar. Från denna modell erhålls en sannolikhetsfördelning för de totala kostnaderna för hela kärnavfallsprogrammet. De totala förväntade kostnaderna delas sedan upp mellan tillståndshavare och fördelas över tid för att erhålla förväntade årliga kostnader per tillståndshavare. Dessa utgör indata till Riksgäldens beräkningar av kärnavfallsavgifter och säkerheter.

3.2 Avsteg från den successiva principen

I vissa avseenden avviker SKB:s tillämpning av successiv kalkylering från metodens ursprungliga utformning vilket kan påverka resultatens tillförlitlighet. Flera av dessa avvikelser har identifierats tidigare och SKB har i viss mån arbetat för att adressera Riksgäldens tidigare granskningssynpunkter. De huvudsakliga avvikelserna Riksgälden identifierat och SKB:s förändringar jämfört med Plan 2019 redogörs för nedan.

3.2.1 SKB:s eller analysgruppens bedömningar?

Enligt Lichtenberg, upphovsmannen till den successiva principen, ska arbetsgruppen för varje variation förutom ”låg”- och ”hög”-värden göra en bedömning av det mest troliga kostnadsutfallet. Mest trolig-värdet ska alltså kunna avvika från kalkylförutsättningarna om arbetsgruppen har anledning att tro att det finns över- eller underskattningar i den kostnadspost som presenteras för deltagarna.

I SKB:s osäkerhetsanalys hämtas istället mest troligt-värdet från SKB:s bedömningar av baskostnaderna (ingenjörs-kalkylen) då de anser att

¹⁵ Ett värde som överskrider hög-värdet bedöms alltså inträffa en gång på tio (och vice versa för låg-värdet).

analysgruppen inte har den tekniska bakgrund som krävs för att göra bedömning om troligt värde för objekten.

Enlig tidigare utlåtanden från Lichtenberg är det ett ”metodfel” att analysgruppen inte gör bedömningar på mest troligt värde för osäkerheterna, då det finns dokumenterat att referensvärdet typiskt bedöms för lågt i förhållande till utfallet i framtiden [6].

Vad gäller tidsmässiga osäkerheter, som har en stor påverkan på den totala kostnadsfördelningen, så yttrar sig analysgruppen om hur lång förseningen (eller tidigareläggningen) är medan SKB tar fram kostnadskonsekvenserna förknippat med respektive scenario. Även detta förfarande motiveras med att analysgruppen inte har förutsättningar att ta fram kostnadsdetaljer.

Det kan förstås vara så att analysgruppen saknar den nödvändiga tekniska kompetens för att göra den typen av bedömningar som efterfrågas av SKB. Dock menar vi att förfarandet som SKB valt gör det svårt att avgöra i vilken utsträckning resultaten från osäkerhetsanalysen är en följd av analysgruppens bedömningar, och vad som är en följd av de kostnadsscenarioer som SKB tar fram.

Den successiva principen som metod vilar på antagandet om att arbetsgruppen som gör bedömningarna är oberoende av osäkerhetsanalysens utfall. Givet att mest troligt-värden, samt i vissa fall även kostnadsscenarioerna för låg- och hög-alternativen, utarbetas av SKB och tillståndshavarna så uppfylls inte detta antagande fullt ut.

3.2.2 För hög detaljnivå

Tillämpningen av den successiva principen i osäkerhetsanalysen i Plan 2022 skiljer sig också från vad som normalt rekommenderas såtillvida att detaljeringsgraden i analysen är hög och att ett stort antal variationer används.

Ett potentiellt problem med för hög detaljeringsgrad är att det ger falsk bild av exakthet, vilket beskrivs i en artikel från 2014 om applicering av osäkerhetsanalyser i bedömning av projektkostnader [7]. Författarna hävdar att om målet är att ge en korrekt bild av osäkerheten i ett projekt så bör analysen hållas på en relativt hög nivå. En annan utmaning är att bibehålla samband mellan osäkerhetsfaktorer då antalet variationer är hög. Risken med att samvariation inte modelleras mellan många osäkerhetsfaktorer är att det uppstår en diversifieringseffekt vilket i sin tur gör att den totala risken i projektet underskattas.

I granskningen av osäkerhetsanalysen i Plan 2010 anlitas Steen Litchenberg och Lorens Borg, tillika upphovsmän till den successiva principen. I sin granskningsrapport skriver de (översatt till svenska):

”Ett så stort antal bedömningar bidrar inte mycket till att höja resultatets kvalitet. Detta beror på att ömsesidiga beroenden inte identifieras. Det stora antalet kan istället skugga ett antal viktiga gemensamma bakomliggande osäkerhetsfaktorer ... Typiskt dominerar ca. tio osäkerhetsfaktorer resultatets totala osäkerhet. Om man fördubblar detta antal (med oförändrad relativ spridning och oförändrad förutsättning om oberoende), halverar man principiellt den totala variansen. Med detta förfarande ökar de potentiella inbördes beroendena och motsvarande kovarianser. Därför är den lägre varianssumman för liten. I det här fallet tredubblar man antalet. Här återfinns sannolikt en väsentlig orsak till den lilla osäkerheten i SKB:s resultat.” [6]

Sedan dess har SKB, utifrån Riksgäldens synpunkter, arbetat med att slå ihop befintliga variationer för att reducera komplexiteten i osäkerhetsanalysen. Som diskuteras vidare i avsnitt 4 har detta inte lett till någon ökning av standardavvikelsen i den totala kostnadsfördelningen, eftersom SKB gjort andra förändringar som haft motsatt effekt.

3.2.3 Fasta förutsättningar

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

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

Användningen av fasta förutsättningar förefaller vara ett vedertaget sätt att göra analysen av enskilda projekt hanterbar. Det bedöms vara olämpligt att inom enskilda projekt hantera risken av *force majeure*-karaktär såsom krig, strejker, naturkatastrofer eller krig [8].

Vissa av de fasta förutsättningar som SKB:s använder har varit föremål för diskussion under en längre tid. I den senast föregående granskningen av osäkerhetsanalysen i Plan 2019 bedömde vi dock de fasta förutsättningarna som rimliga avgränsningar¹⁶.

Denna bedömning förutsätter emellertid att de fasta förutsättningarna appliceras på ett logiskt konsekvent sätt och följs strikt. I granskningen av osäkerhetsanalysen i Plan 2022 har ett fall identifierats där de fasta förutsättningarna ruckas på för att beakta positiva utfall medan de negativa utfallen inte beaktas fullt ut. Mer om detta i avsnitt 5.

3.3 Successiva principen vs. referensklassprognoser

Efter att ha presenterat metoden för att göra referensklassprognoser respektive den metod som SKB använder är det av värde att förstå hur de förhåller sig till varandra i syfte att försöka förklara varför resultaten skiljer sig åt.

Validiteten av de resultat som erhålls genom användandet av den successiva principen förutsätter att en grupp personer med erfarenhet av tidigare projekt kan identifiera alla relevanta osäkerheter som kan inträffa i ett nytt projekt och att dessa osäkerheter kan kvantifieras på ett väntevärdesriktigt sätt.

Forskning inom så kallade *megaprojekt* visar att dessa antaganden ofta inte visar sig hålla i praktiken. Inom de flesta branscher och runt om i världen så går projekt regelmässigt över budget och blir försenade, även om det finns stora variationer mellan sektorer (se Figur 2 nedan). Detta trots att de som deltar i kostnadsbedömningar för stora projekt rimligen har både expertis och långvarig erfarenhet på området.

¹⁶ Med stöd av utlåtande från Strålsäkerhetsmyndigheten vad gällde vissa tekniska och säkerhetsmässiga fasta förutsättningarna.

Figur 2 Kostnadsöverskridande i stora projekt för olika branscher

PROJECT TYPE	(A) MEAN COST OVERRUN (%)*	(B) % OF PROJECTS IN TAIL (≥ 50% OVERRUN)	(C) MEAN OVERRUN OF PROJECTS IN TAIL (%)
Nuclear storage	238	48	427
Olympic Games	157	76	200
Nuclear power	120	55	204
Hydroelectric dams	75	37	186
IT	73	18	447
Nonhydroelectric dams	71	33	202
Buildings	62	39	206
Aerospace	60	42	119
Defense	53	21	253
Bus rapid transit	40	43	69
Rail	39	28	116
Airports	39	43	88
Tunnels	37	28	103
Oil and gas	34	19	121
Ports	32	17	183
Hospitals, health	29	13	167
Mining	27	17	129
Bridges	26	21	107
Water	20	13	124
Fossil thermal power	16	14	109
Roads	16	11	102
Pipelines	14	9	110
Wind power	13	7	97
Energy transmission	8	4	166
Solar power	1	2	50

SOURCE: FLYVBJERG DATABASE

Anm. Kostnadsöverskridande mätt i procent som faktisk kostnad / estimerad kostnad

Källa: Flyvbjerg & Gardner [9]

Forskningslitteraturen lyfter fram två huvudsakliga faktorer för varför systematiska underskattningar av kostnader och tidsåtgång uppstår i stora projekt:

- **Psykologiska förklaringar**, som förklarar prognosavvikelser utifrån olika typer av kognitiva mekanismer och brukar samlas under begreppet *optimism*

bias. Denna förklaringsmodell innebär att det närmast är inbyggt i den mänskliga naturen att vara optimistisk och tro att saker kommer löpa på enligt plan, alternativt att eventuella problem som dyker upp kan lösas på ett enkelt sätt. Det handlas således om en omedveten underskattning av resurser och tidsåtgången för projekt. Över tid har en uppsjö olika så kallade systematiska underskattningar identifieras, *bias*, där några av de mer relevanta för projektplanering och kostnadsestimering är:

- *Confirmation bias* – tendensen att söka och ha större tilltro till information som bekräftar vad man redan tror på (t ex att lägga större vikt vid tidigare projekt som gått bra framför de som inte gått bra)
 - *Anchoring bias* – att lägga för stor vikt vid den första informationen vi tar del av (t ex det första kostnadsestetimatet för ett projekt)
 - *Uniqueness bias* – tendensen att se egna attribut som mer unika än vad de faktiskt är (t ex att ens eget projekt är unikt och inte kan jämföras med andra)
- **Politiska och ekonomiska förklaringar**, som förklarar prognosavvikelser utifrån organisatoriska eller ekonomiska incitament att underskatta kostnader eller tidsåtgången för projektet. Detta kan göra att man ”tänjer på sanningen” och presenterar för låga kostnader för att exempelvis få anslag för ett projekt. Till skillnad från psykologiska förklaringsmodeller så görs underskattningar på ett medvetet sätt.

Riksgälden bedömer att SKB:s osäkerhetsanalys riskerar att påverkas av både psykologiska och ekonomiska förklaringsfaktorer även om det är svårt att kvantifiera i vilken utsträckning olika aspekter bidrar till det slutliga resultatet.

I Plan 2022 har steg tagits för att förbättra analysgruppens sammansättning med avseende på bredd i kompetensområden och oberoende från kärnkraftsindustrin. Vidare är moderatorn för osäkerhetsanalysen numera extern i förhållande till kärnavfallsprogrammet vilket är positivt. Samtidigt påverkas rimligen även SKB:s analysgrupp av allmänmänskliga kognitiva mekanismer och tenderar att underskatta risken för negativa utfall, framförallt vid högre konfidensnivåer.

SKB:s ansats innebär ett antal avsteg från det förfarande som rekommenderas av experter på successiv kalkylering. Exempelvis görs vissa bedömningar av SKB istället för att behandlas av analysgruppen. Detta förfarande ökar risken för att politiska och ekonomiska incitament styr mot att underskatta

kostnaderna i programmet jämfört med om analysgruppen hade fått ta en större roll.

3.4 Riksgäldens bedömning av SKB:s metod

Även givet de bästa förutsättningarna riskerar användandet av den successiva principen att leda till alltför optimistiska bedömningar. Dessutom har Riksgälden identifierat avsteg där SKB avviker från hur den successiva principen är rekommenderad att användas. Om dessa åtgärdades skulle det kunna minska risken för att osäkerhetsanalysen systematiskt underskattar framtida utfall.

Riksgälden menar att SKB:s osäkerhetsanalys i alltför stor utsträckning baseras på subjektiva bedömningar och därför är olämplig att använda som enda beslutsunderlag. Det betyder inte att SKB:s osäkerhetsanalys saknar värde för att identifiera och hantera risker. Däremot behöver den kompletteras med andra infallsvinklar och kalibreras mot faktisk utfallsdata.

Genom en datadriven ansats – som exempelvis referensklassprognoser – erhålls estimat av osäkerheterna som inte påverkas av kognitiv bias eller ekonomiska incitament. Detta eftersom de inte bygger på subjektiva bedömningar utan istället undersöker utfallsdata för tidigare projekt (hur mycket det faktiskt kostade) jämfört med tidigare framtagna kostnadsestimat (vad det på förhand förväntades kosta).

Även datadrivna ansatser har förstås sina utmaningar, inte minst vad gäller att säkerställa jämförbarheten mellan projekt. Riksgäldens bedömning är dock att fördelarna med metoden överväger. Alternativet – en fortsatt alltför stor förlitan på subjektiva bedömningar som saknar stöd i de data som kan observeras – är däremot inte en framkomlig väg.

4. SKB:s beräkningsmodell

I föregående avsnitt beskrevs hur SKB använder en analysgrupp för att identifiera och kvantifiera osäkerheter enligt successiv kalkylering. Dessa bedömningar utgör input till en stokastisk beräkningsmodell där olika kostnadsscenarier simuleras fram och resulterar i en sannolikhetsfördelning för de totala kostnaderna i kärnavfallsprogrammet.

I detta avsnitt undersöks hur osäkerheterna kvantitativt beräknas i SKB:s beräkningsmodell. Fokus i vår granskning har varit de områden där brister tidigare identifierats och de förändringar SKB gjort för att adressera dessa i Plan 2022.

4.1 Bristfällig modellering av tidsmässiga osäkerheter

I SKB:s osäkerhetsanalys finns ett antal generella variationer som syftar till att beakta tidsmässiga osäkerheter i kärnavfallsprogrammet. Exempelvis finns variationer för att hantera osäkerheten i tidpunkter för byggstart respektive driftsättning av olika anläggningar.

Eftersom förseningar är ett återkommande inslag i stora projekt, vilket historiskt varit fallet även i kärnavfallsprogrammet, finns ett behov av att kunna modellera sådana på ett heltäckande och konsekvent sätt. Av särskild vikt är att beakta förseningars följd effekter för hela kärnavfallsprogrammet, inte bara för det enskilda projektets tidsplan sett i isolering.

Riksgälden har tidigare pekat på brister i det sätt som tidsmässiga osäkerheter modelleras i SKB:s osäkerhetsanalys. Det grundläggande problemet, som beskrivs i mer detalj i Riksgäldens föregående granskning, är att SKB:s beräkningsmodell saknar tekniska förutsättningar för att simulera tidsfördelade osäkerheter [1].

Bakgrunden är att den modell SKB använder, som använts sedan 1990-talet, utvecklats utifrån en annan kravspecifikation än den som skulle gälla idag. Ändringarna till finansieringslagstiftningen som trädde i kraft 2017 innebär att grundkostnaderna nu ska uttryckas som förväntade *årliga* kostnader, medan de tidigare uttrycktes som totala kostnader som inte fördelades över tid. SKB har hanterat avsaknaden av sådan funktionalitet genom att utanför modellen, efter att simuleringarna genomförts, fördela de totala osäkerheterna över tid.

I denna granskning fokuserar vi på SKB:s hantering av tidsmässiga osäkerheter givet nuvarande ansats. Riksgäldens synpunkter och rekommendationer kan

därför ses som vår bedömning av vad som går att göra på kort sikt för att förbättra analysen, givet att metoden och modellen inte förändras.

På längre sikt ser vi att SKB modell behöver revideras från grunden, inte minst för att uppfylla regleringarna i finansieringslagstiftningen¹⁷.

4.1.1 Anläggningar i drift innan de färdigställts

De tidsmässiga osäkerheterna i kärnavfallsprogrammet hanteras av SKB av sju generella variationer, kopplat till tidpunkterna för uppförande (konstruktion), drift och avveckling av olika anläggningar. Modelleringen av en tidsmässig variation innebär dels att indata för kostnaderna för låg- respektive högalternativet flyttas i tid, dels att de ökar eller minskar¹⁸.

Tabell 1 redovisar de tidsmässiga variationerna som används i Plan 2022 och dess påverkan för tidplanerna.

¹⁷ Se [1, pp. 18-20]

¹⁸ Indata för kostnaderna flyttas i tid, diskonteras och summeras ihop till en sannolikhetsfördelning som inte är tidsfördelad. Kostnadsutfallen simuleras alltså inte som en stokastisk process (vilket skiljer sig från Riksgäldens ALM-ansats som görs över tid)

Tabell 1 Variationer som hanterar tidsmässiga osäkerheter

Variation	Syfte och (värde för låg/hög-scenario)
201 – Tidpunkt för att påbörja uppförandet av Kärnbränsleförvaret och inkapslingsanläggningen	Avser tidsmässiga osäkerheter i att få godkännande från SSM samt för upphandling av entreprenaderna. (-1,5 år, +4 år)
202 – Tid för uppförande och driftsättning av Kärnbränsleförvaret och inkapslingsanläggningen	Avser tidsmässiga osäkerheten i uppförande av Kärnbränsleförvaret och inkapslingsanläggningen (-2 år, +7 år)
203 – Driftstörningar i KBS-3-systemet	Avser kostnader orsakade av driftstörningar på grund av tekniska problem, åverkan, olycka eller externa hot gällande Kärnbränsleförvaret, Clink eller transportsystemet (0 år, 7 år)
301 – Tidpunkt för drifttagning av det utbyggda SFR	Avser tidsmässiga osäkerheten i uppförande och driftsättning av SFR-utbyggnaden (-1 år, +5 år)
302 – Lokalisering av SFL inklusive tidpunkt för drifttagning	Avser osäkerheten i platsvalet för SFL vilket även påverkar tidpunkt för drifttagning. (-/+ går ej att utläsa av Plan)
401 – Drifttid av kärnkraftverk som underlag för tidpunkt för nedmontering och rivning	Avser osäkerheten i tidpunkten för nedmontering och rivning med avseende på kärnkraftverkens drifttid. (-10 år, +40 år)
402 – Tidsplan för nedmontering och rivning samt konventionell rivning och återställande av mark	Avser osäkerheter i tidsplanen för att nedmontera och riva en reaktoranläggning (-1 år, +5 år)

Anm. Riksgäldens sammanfattning av SKB:s beskrivningar i Plan

Källa: SKB

En grundläggande förutsättning vid uppdelningen av variationer är att de så långt som möjligt bör utformas så att de är oberoende av varandra. Om osäkerheterna modelleras som separata variationer, men i själva verket samvarierar, görs ett statistiskt fel och slutresultatet för den totala kostnadsfördelningen blir missvisande.

Kärnavfallsprogrammets anläggningar samverkar och är således beroende av varandra. Att tidplanen för avvecklingsprojekten ska kunna hållas förutsätter till exempel att rivningsavfallet kan skickas vidare till SFR som planerat, tidplanen och omfattningen för Clab beror av att avfallet kan börja deponeras i Kärnbränsleförvaret enligt plan, och så vidare.

SKB:s uppdelning av tidsmässiga osäkerheter i flera generella variationer utan inbördes korrelationer innebär att sådana beroenden inte beaktas vilket leder till att osannolika (och i vissa fall omöjliga) utfall erhålls.

I Tabell 2 illustreras detta genom att undersöka utfall som kan uppstå för två av de tidsmässiga variationerna, 201 och 202, som bägge avser beakta osäkerheten i tidsplanen för Kärnbränsleförvaret och Clink. Variation 201 avser den tidsmässiga osäkerheten i *tidpunkten* då uppförandet påbörjas (byggstart) medan variation 202 avser *tidsåtgången* för uppförandet (konstruktionstiden).

Tabell 2 Illustration av inkonsekventa utfall för Kärnbränsleförvaret och Clink

Scenario	Byggstart	Tidsåtgång	Driftstart
Troligt fall (grundkalkyl)	2027	10 år	2037
201 lågalternativ – tidpunkt tidigareläggs med 1,5 år	2025	10 år	2035
202 högalternativ – tidsåtgång ökar med 7 år	2027	17 år	2044

Anm. Exemplet framtaget av Riksgälden utifrån beskrivningar i Plan 2022

Källa: SKB

På första raden återfinns det mest troliga fallet som avser grundkalkylens tidplan utan tillägg för några osäkerheter, i vilket fall Kärnbränsleförvaret byggstartas 2027, uppförs under tio år vartefter anläggningarna tas i drift.

Nästa rad redovisar låg-alternativet för variation 201, i vilket fall analysgruppen bedömer att byggstarten kan tidigareläggas med ett och ett halvt år till 2025, men med en opåverkad uppförandetid om tio år vilket innebär att anläggningarna driftstartas 2035.

Efterföljande rad redovisar hög-alternativet, i vilket fall byggstarten istället bedöms inträffa enligt plan, 2027, men med en ökad tidsåtgång om sju år i uppförandetiden vilket gör att anläggningarna inte tas i drift förrän 2044.

Eftersom det inte finns några beroenden mellan variationerna i modellen så kommer scenarier inträffa där variation 201 faller ut enligt låg-alternativet och variation 202 samtidigt faller ut enligt högalternativet. Det innebär att modellen ger utfall där anläggningarna Kärnbränsleförvaret och Clink är i drift innan de byggts, vilket förstås är en helt orimlig modellegenskap.

Problemet är inte isolerat till dessa två variationer, utan gäller generellt för alla tidsvariationer till följd av de beroenden som finns mellan de olika anläggningarna i kärnavfallsprogrammet.

Riksgälden har i granskningsarbetet ställt kompletterande frågor angående de tidsmässiga variationerna och vilka åtgärder som vidtas för att mildra effekten av inkonsekvenser i modelleringen. SKB svarar att:

”SKB delar Riksgäldens uppfattning att uppdelningen av de tidsmässiga osäkerheterna (variationerna 201, 202 och 203) skulle kunna medföra att osannolika utfall uppstår. För att undvika detta var målsättningen i Plan 2022 att hantera dessa osäkerheter i endast en variation. Tillvägagångssättet visade sig dock för komplext för analysgruppen att hantera. Under mötet beslöt gruppen att värdera osäkerheterna i tre variationer på liknande sätt som i tidigare plankalkyler. Hanteringen av de tidsmässiga variationerna utvärderas och ingår i utvecklingsarbetet av Plan.” [10, p. 3]

Det är svårt att se varför det skulle vara mer komplicerat för analysgruppen att hantera ett förseningsscenario istället för tre, särskilt beaktat att det är SKB som tar fram kostnadsscenarierna som förknippas med de olika alternativen. SKB har identifierat bristerna redan innan osäkerhetsanalysen i Plan 2022 genomfördes men ändå valt att skjuta åtgärderna på framtiden.

Riksgälden ser med viss oro på hanteringen av dessa brister i modellen och SKB:s arbete med kvalitetssäkring och förbättring av underlagen mer generellt. Här behöver SKB arbeta aktivt med att åtgärda de identifierade bristerna.

4.1.2 En fördubbling av drifttiden leder till lägre finansieringsbehov – variation 401

För en av de tidsmässiga variationerna, 401 - *Drifttid av kärnkraftverk som underlag för tidpunkt för nedmontering och rivning*, har en mer allvarlig brist i modelleringen identifierats i bemärkelsen att den skapar en stor nedåtriktad bias i bedömningen av de förväntade kostnaderna.

Variation 401 avser enligt Plan 2022 beakta ”osäkerheten i tidpunkten för nedmontering och rivning med avseende på kärnkraftverkens drifttid”. I det troliga fallet utgår tidplanerna från reaktorernas planerade drifttid (60 år¹⁹) medan lågalternativet representerar ett scenario med kortare drifttid (50 år) och högalternativet ett scenario med längre drifttid (100 år).

Som framgår av Figur 3 är drifttiden är en fast förutsättning i osäkerhetsanalysen som enligt SKB:s avgränsning avse ett drifttidsscenario om 50 år. Anledningen är att finansieringsförordningen stipulerar en drifttid om 50 år och att SKB anser att det är viktigt att det finns konsistens mellan antaganden på kostnads- och intäktssidan.

¹⁹ Grundkostnader justeras av SKB för att avse kärnbränsle från 50 års drifttid, medan kostnaderna tidsmässigt ligger placerade utifrån referensscenariots drifttid om 60 år.

Figur 3 Drifftiden och mängden använt kärnbränsle är en fast förutsättning

Mängden använt kärnbränsle	Mängden använt kärnbränsle ska bestämmas utifrån kärnkraftsföretagens prognoser och ska ligga fast.	<p>Osäkerhetsanalysen ska avse ett driftscenario för reaktorer i drift som begränsas av en total drifftid av 50 år eller minst sex år från idag (om det inte finns skäl att anta att driften kan komma att upphöra dessförinnan). Detta är stipulerat i finansieringsförordningen och således en fast förutsättning. (Den avviker från kärnkraftsföretagens aktuella planering.) SKB har funnit det rimligt att även låsa mängden använt kärnbränsle som faller ut under denna tid. Dessa mängder erhålls i form av prognoser från kärnkraftsföretagen.</p> <p>Variabler i detta sammanhang utgörs av drifttillgängligheten för reaktorer och utbränningsgraden för det använda bränslet. I det förre fallet finns en direkt koppling till elproduktionen och inbetalning till Kärnavfallsfonden vilket motiverar att den ansätts som en fast förutsättning. Beträffande utbränningsgraden, vilken påverkar mängden bränsle vid oförändrad elproduktion, så är problematiken mer komplex. Med hänsyn till att den större andelen kärnbränsle redan föreligger ger en variation av utbränningsgraden en marginell effekt som inte motiverar att djupare analyser görs.</p> <p>SKB anser att det är viktigt att det finns konsistens mellan de antaganden som görs på kostnadssidan (mängden använt kärnbränsle) och de som görs vad gäller intäktssidan (framtida elproduktion).</p>
----------------------------	---	---

Anm. Riksgäldens markeringar

Källa: SKB

Riksgälden har inga synpunkter på att drifftiden, som bedöms vara förknippad med osäkerhet, modelleras som en variation i osäkerhetsanalysen även beaktat att SKB uteslutit sådana osäkerheter genom användandet av självvalda fasta förutsättningar. Att relevanta osäkerheter tas med är positivt så länge de behandlas på ett symmetriskt och konsekvent sätt.

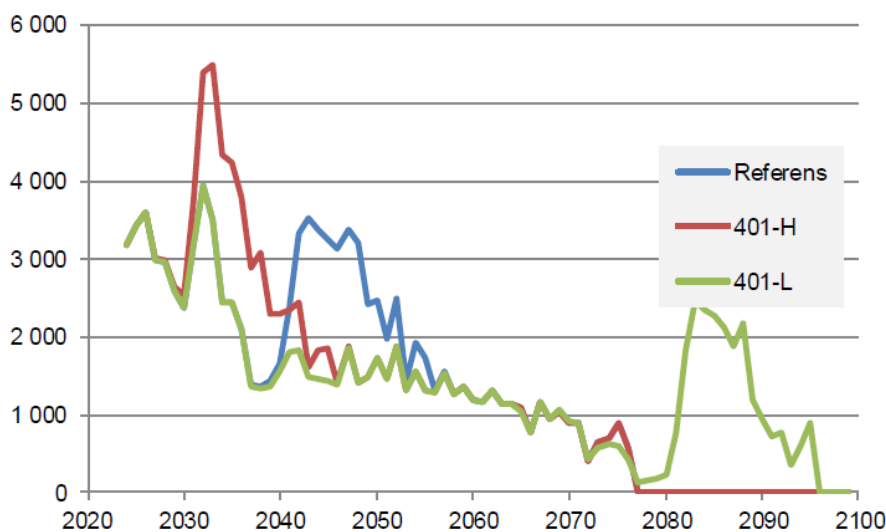
Om drifftiden förkortas eller förlängs får det flera konsekvenser för både kärnavfallsprogrammets tidsmässiga planering och kostnaderna för omhändertagande av kärnbränslet.

Hög-alternativet, där analysgruppen ansätter en drifftid om 100 år, innebär en fördubbling av mängden använt kärnbränsle från de reaktorer som idag är i drift jämfört med grundkalkylens scenario om 50 års drifftid. Ett sådant scenario skulle innebära en stor ökning av antalet kopparkapslar med använt kärnbränsle och således en betydande uppdimensionering av Kärnbränsleförvaret för att inrymma dessa. Det finns inget estimat av vilka tillkommande kostnader detta skulle innebära, men givet att de förväntade återstående kostnaderna för Kärnbränsleförvaret dimensionerat för 50 års drift uppgår till över 40 miljarder kronor skulle de tillkommande kostnaderna vara betydande.

SKB räknar emellertid inte med några av ovan nämnda kostnader. I hög-scenariot flyttas befintliga kostnader för avveckling framåt i tiden med 40 år, men endast kostnader för en förlängd drifftid för SFR (för att kunna ta emot rivningsavfallet), transporter samt gemensamma stödfunktioner tas med.

Diagram 7 Referens samt låg- och hög-scenarier för variation 401

Miljoner kronor, prisnivå december 2021



Anm. Låg-scenariot avser avveckling efter 40 års drift och hög-scenariot efter 100 års drift

Källa: SKB

Utformningen av variation 401 innebär således att diskonteringseffekter av att avvecklingskostnaderna flyttas framåt i tiden beaktas fullt ut medan de kostnadshöjande effekterna av den ökade mängden avfall inte beaktas överhuvudtaget. Detta ger en nedåtriktad bias i kostnadsutfallen, vilket också kan observeras i den medelvärdesänkande effekt som variation 401 bidrar med för de förväntade nuvärdesberäknade kostnaderna som ligger till grund för beräkningen av avgifter och säkerheter.

Riksgälden har i en serie kompletteringsbegäran ställt frågor kring hanteringen av variation 401 och begärt in underlag för hur kostnaderna påverkas om variationen utesluts ur analysen.

Som svar på Riksgäldens inledande frågor skriver SKB att ”variation 401 avser osäkerheten i tidpunkten för nedmontering och rivning vilket inte har någon koppling till mängden använt kärnbränsle”.

I ett andra svar på våra uppföljande frågor har SKB ändrat namn på variationen (där drifttiden uteslutits ur namnet och variationen istället benämns som *401 - tidpunkt för nedmontering och rivning av kärnkraftverken*). SKB menar att ”drifttiden av reaktorerna är en av möjliga osäkerheter som kan påverka tidpunkten för avveckling av reaktorerna”. Vidare skriver SKB att variationen ”varit med i osäkerhetsanalysen i plankalkylen sedan en lång tid tillbaka” och att den ”till en början avsåg osäkerheten i strategin för avveckling innan metod bestämts av tillståndshavarna”. SKB tar som exempel upp att ”andra scenarion

för en senare avveckling skulle kunna vara om nya kärnkraftsreaktorer byggs på de befintliga kärnkraftsområdena”.

Riksgälden konstaterar att SKB:s svar på de kompletterande frågorna på flera punkter avviker påtagligt från redovisningen i Plan. Beskrivningarna i Plan 2022 visar tydligt att variationen avser ett scenario där avvecklingstidpunkten flyttas till följd av en längre drifttid, och inte avser exempelvis strategier för avveckling eller utbyggnad av ny kärnkraft.

I kommentarerna från analysgruppen resoneras bland annat kring gränserna för hur länge en reaktor kan drivas och trenden idag är att gå mot allt längre drifttider för moderna reaktorer. Av beskrivningarna av variation 401 i underlagen framgår inte någon annan anledning till en senare avvecklingstidpunkt än att drifttiden förlängs.

Mot bakgrund av den strategi som nu valts för avvecklingen (dvs relativt tätt inpå avställning) bedömer Riksgälden det som ett högst orealistiskt scenario att SKB skulle välja att avvakta med avvecklingen i 40 år samtidigt som godkända slutförvarsanläggningar tagits i drift.

SKB:s argument att variation 401 till en början avsåg andra osäkerheter än de som beskrivs i Plan 2022 bedöms inte som relevant eftersom granskningen avser nuvarande kostnadsberäkning. Riksgäldens genomgång av underlagsmaterial för osäkerhetsanalyser så långt tillbaka som till Plan 2013 visar dessutom att variation 401 avsett modellera konsekvenserna av en förändrad drifttid under en lång tid.

Tabell 3 visar effekterna på de diskonterade respektive nuvärdesberäknade förväntade kostnaderna av att utesluta variation 401. Av resultaten framgår att kostnaderna de odiskonterade kostnaderna sjunker när variationen tas bort ut osäkerhetsanalysen medan de nuvärdesberäknade kostnaderna ökar. Detta är en effekt av att avvecklingskostnaderna flyttas flera decennier länge bort i tid, medan de tillkommande kostnaderna för att ta hand om den ökade mängden kärnbränsle exkluderas.

Tabell 3 Effekt på förväntade kostnader (medelvärde) av att utesluta variation 401
 Miljoner kronor, prisnivå december 2021

Scenario	Odiskonterade kostnader	Nuvärdesberäknade kostnader
SKB Plan 2022, alternativ EEF	132 588	94 054
SKB Plan 2022 exklusive variation 401	129 457	96 184
Skillnad	- 3 131	2 130

Anm. Nuvärdesberäknade med diskonteringskurva vid 2022-06-30 som används i Plan 2022

Källa: SKB

Riksgälden betraktar bristerna som identifierats för variation 401 som ett modelleringsfel som behöver korrigeras för innan underlaget kan användas i beräkningar av avgifter och säkerheter. Modelleringen innebär avsteg från de fasta förutsättningarna som SKB satt upp för analysen, på ett sätt som är systematiskt snedvridet för att beakta de positiva, men inte negativa effekterna. SKB:s svar på Riksgäldens kompletterande frågor stämmer inte heller överens med de uppgifter som lämnas i Plan 2022.

Riksgälden baserar följaktligen förslaget på avgifter och säkerheter på den kompletterande kostnadsberäkning som SKB inkommit med där variation 401 är exkluderad. För effekten på avgifter och säkerheter, se avsnitt 5 i huvudrapporten.

4.2 Det stora antalet riskfaktorer fortsatt ett problem

En återkommande kritik mot SKB:s sätt att modellera osäkerheterna i kostnaderna har varit användandet av ett alltför stort antal variationer (riskfaktorer). Detta eftersom det finns betydande svårigheter att identifiera och modellera ömsesidiga beroenden mellan variationer, vilket innebär att den totala osäkerheten underskattas.

Tabell 4 visar hur antalet variationer i analysen samt den relativa standardavvikelsen²⁰ har varierat i de sju senaste osäkerhetsanalyserna.

Tabell 4 Utvecklingen av antal variationer och spridning i kostnadsfördelningen

Antal, procent

Osäkerhetsanalys	Antal objekts-variationer	Antal generella variationer	Totalt antal variationer	Standardavvikelse relativt medelvärde
Plan 2007	63	45	108	17,7%
Plan 2008	63	46	109	15,5%
Plan 2010	60	54	114	14,7%
Plan 2013	50	48	98	11,0%
Plan 2016	52	47	99	13,7%
Plan 2019	48	36	84	16,0%
Plan 2022	33	19	52	14,7%

Anm. Relativ standardavvikelse beräknat på odiskonterade utfall från osäkerhetsanalysen.

²⁰ Standardavvikelse är ett av flera mått på spridningen i en sannolikhetsfördelning. Eftersom kostnadsfördelningen från SKB:s osäkerhetsanalys nära liknar en lognormal fördelning kan den dock relativt entydigt definieras av medelvärdet och standardavvikelsen.

Källa: SKB och egna beräkningar

Sett över tid har en betydande reducering av antalet variationer skett, motsvarande mer än en halvering sedan Plan 2007. Samtidigt förefaller det över tidsperioden inte finnas något samband mellan spridningen, mätt som standardavvikelse relativt medelvärde, och antalet variationer.

Spridningen påverkas förstås av andra faktorer än antalet variationer, såsom vilka osäkerheter som inkluderas i analysen, analysgruppens bedömningar av osäkerheten i individuella variationer samt eventuella korrelationer som ansätts mellan variationerna.

Standardavvikelsen kommer dock, givet att allt annat i analysen hålls lika, med matematisk nödvändighet att öka om antalet variationer minskar. Det är därför något oväntat att standardavvikelsen sjunker mellan Plan 2019 och Plan 2022 trots att antalet variationer har reducerats med 38 procent. Reduceringen av antalet variationer har huvudsakligen skett genom en hopslagning av befintliga variationer (vilket talar för att samma typ av osäkerheter bedöms) och det har bara gått tre år mellan analystillfällena vilket i sammanhanget är en relativt kort period.

Riksgäldens granskning visar att resultaten till stor del kan förklaras av en lägre bedömd osäkerhet i vissa av de generella variationerna, samt den nya kalkylstruktur som används för att dela upp objektsvariationerna.

4.2.1 Lägre bedömning av osäkerheter kring lagstiftning och myndighetskrav

Tabell 5 visar hur analysgruppens bedömningar för låg- och hög-värden förändrats mellan Plan 2019 och Plan 2022, för de tre generella variationer där förändringen i bedömningarna förefaller vara störst. Samtliga variationer avser bedöma hur variationer i lagstiftning och myndighetskrav leder till osäkerhet i kostnaderna, men för olika delar av programmet.

Tabell 5 Förändringar i bedömningar av osäkerheter kring lagstiftning och myndighetskrav

Procentenheter

Variation	Låg-värde Plan 2022 (Låg-värde Plan 2019)	Hög-värde Plan 2022 (Hög-värde Plan 2019)
101 - Lagstiftning och myndighetskrav - kärnteknisk verksamhet utom avveckling av kärnkraftverk	-5% (-15%)	+10% (+20%)
102 - Lagstiftning och myndighetskrav - avveckling av kärnkraftverk	-5% (-15%)	+15% (+40%)
103 - Lagstiftning och myndighetskrav avseende konventionell verksamhet	-5% (-5%)	+10% (+20%)

Anm. Variation 102 har en lägre kostnadsökning, 5 procent, för reaktorer som rivs i närtid.

Källa: SKB och egna beräkningar

Låg- och högvärdena för dessa variationer anges av analysgruppen som en procentuell ökning eller minskning av kostnadsposterna som antas påverkas av respektive variation, jämfört med det mest troliga scenariot som ges av SKB:s baskostnads kalkyl.

Som framgår av Tabell 5 har både låg- och hög-värdet justerats ner.

Förändringen motsvarar en halvering jämfört mot Plan 2019 vilket ger snävare sannolikhetsfördelningar. På SKB:s topp 10-lista i över de mest betydelsefulla variationerna i Plan 2019 hade variation 101, 102 och 103 rank 9, 1 och 5. På motsvarande lista i Plan 2022 har de istället rank 7, 10 och variation 103 kvalar inte längre in på listan.

Riksgälden har i kompletteringsbegäran ställt frågor kring vad som föranleder den stora förändringen i bedömningen av osäkerhet kring lagstiftning och myndighetskrav jämfört med Plan 2019. SKB påpekar att det är analysgruppen som självständigt gör bedömningar av osäkerheter, men nämner några faktorer som har påverkat analysgruppens bedömningar:

- Sammantaget anser analysgruppen att regeringsbesluten avseende utbyggnad av SFR och KBS-3-systemet rimligen innebär att osäkerheten kring lagstiftning och myndighetskrav minskat
- Gruppen har inte fått indikationer på att ökade myndighetskrav har påverkat referenskostnaderna markant under de senaste plankalkylerna
- Inför bedömningarna fördes en diskussion i analysgruppen kring erfarenheter av andra stora komplexa projekt. Här togs främst motorvägstunnlar i stadsmiljö upp eftersom säkerhetskraven är mycket

höga i dessa anläggningar. I tidiga analyser av dessa projekt har osäkerheter i form av ökade krav ofta bedömts som stora. I praktiken har ändrad lagstiftning och nya myndighetskrav inte inneburit några stora kostnadsförändringar varken uppåt eller nedåt. Gruppen ansåg att liknande slutsatser troligen även gäller för de anläggningar som berörs av variationerna 101, 102 och 103.

- I diskussionerna framkom också att gruppen ansåg att kostnadskonsekvenserna för låg- och högvärdena i Plan 2019 ligger utanför 10 % respektive 90 % sannolikhet. En delförklaring till de höga bedömningarna skulle möjligtvis vara att man övergick att bedöma variationerna baserat på 1:10. [10]

Riksgälden delar uppfattningen att regeringsbesluten som tillstyrkt SKB:s ansökan att få uppföra och driva slutförvarsanläggningar borde minska osäkerheterna kring programmets tidplan. Samtidigt kvarstår en stegvis prövning av slutförvarsanläggningarna och det är rimligt att anta att det fortsatt råder osäkerhet kring de framtida krav som kommer att gälla.

Antagandet att osäkerheter kring lagstiftning och myndighetskrav generellt skulle överskattas i infrastrukturprojekt framstår som optimistiskt. Det är positivt att analysgruppen resonerar kring erfarenheter kring andra stora projekt och vilka lärdomar som kan dras. Vi menar att detta kan göras på ett mer heltäckande och objektivt sätt genom att studera utfallen från tidigare genomförda (interna och externa) kärnkraftsprojekt som torde vara mer jämförbara än motorvägsprojekt.

4.2.2 Objektrisker - bokföring eller riskdrivare?

Utöver en reduktion av antalet generella variationer har SKB även minskat antalet objektvariationer i ett försök att minska komplexiteten i osäkerhetsanalysen. Samtidigt förefaller det som att sammanslagningen inte gjort att spridningen ökat som förväntat.

För att undersöka detta närmare har Riksgälden genomfört simuleringar med SKB:s osäkerhetsmodell där den nya kalkylstrukturen används, men där indata för låg- och högvärdena för objektvariationerna hämtas från Plan 2019²¹.

Tabell 6 visar medelvärde och standardavvikelse för sannolikhetsfördelningen för (nuvärdesberäknade) kostnader för SKB:s osäkerhetsanalys i Plan 2022

²¹ Låg- och högvärdena uttryckta som procentuella avdrag och påslag har använts för att beakta att kostnaderna inte är i samma nivå som i Plan 2019.

jämte samma resultat i ett hypotetiskt scenario där analysgruppens bedömningar av objektsvariationerna motsvarar de från Plan 2019.

Tabell 6 Nuvärdesberäknad kostnadsfördelning i olika scenarier för objektsvariationer

Miljarder kronor (prisnivå december 2021), procent

Scenario	Medelvärde	Standardavvikelse	Relativ standardavvikelse
Plan 2022	94 054	14 242	15,1 procent
Plan 2022 med bedömningar från Plan 2019	95 094	14 685	15,4 procent
Differens	1 040	443	0,3 procentenheter

Anm. Scenariot avser diskonterade värden för ”alternativ EEP”.

Källa: SKB och egna beräkningar

Som framgår av redovisningen hade minskningen av antalet objektsvariationer, allt annat lika, gjort att både medelvärdet och standardavvikelsen ökat.

Samtidigt har analysgruppens bedömningar av spridningen i sannolikhetsfördelningarna för objektsvariationer, sett som helhet, minskat. Effekten på medelvärdet är större än för spridningen i fördelningen. En förklaring till detta är att flertalet objektsvariationer har en högerskev fördelning vilket ger en ”skaleffekt” när flera variationer verkar tillsammans.

Sammantaget är resultaten i enlighet med förväntan i bemärkelsen att en reduktion av antalet riskfaktorer får en meningsfull påverkan på kostnadsfördelningen i osäkerhetsanalysen. Att standardavvikelsen inte har ökat i Plan 2022 beror istället på att analysgruppen gjort nya bedömningar som implicerar en lägre osäkerhet i kostnadsutfallen.

Vi ser positivt på att SKB minskar detaljeringsgraden i osäkerhetsmodellen för att tillmötesgå granskningskommentarerna på Plan 2019. SKB menar att förändringen möjligen är positiv på sikt men att det tar tid att ställa om analysarbetet för att reflektera den nya kalkylstrukturen.

Riksgälden menar att det finns sätt som SKB skulle kunna använda för att överbrygga sådana problem. Exempelvis skulle analysgruppen kunna få tydligare information om hur strukturen förändrats och hur deras bedömningar skiljer sig från de som gjordes med den gamla mer detaljerade strukturen.

Rimligen bör den bokföringsmässiga uppdelningen av olika kostnadsposter inte påverka bedömningen av osäkerheten i kostnaderna. Vi menar därför att inventeringen av risker för objektsvariationer inte exakt behöver motsvara den kalkylstruktur som SKB valt. Exempelvis skulle analysgruppen kunna göra bedömningar på ett mer aggregerat sätt, t ex per anläggning eller delprojekt.

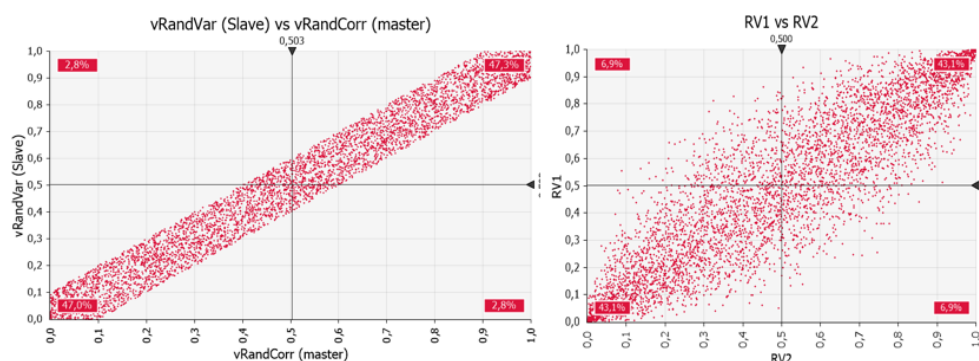
4.2.3 Begränsad korrelationsfunktionalitet talar för fortsatt behov av reducering av variationer

Vi menar alltså att antalet variationer (riskfaktorer) i SKB:s osäkerhetsmodell behöver reduceras. Enligt upphovsmännen till den successiva principen, som SKB applicerar, dominerar typiskt sett runt tio osäkerheter det totala resultatet. Osäkerhetsanalysen i Plan 2022 innehåller trots en betydande minskning över fem gånger fler variationer.

Riksgälden har tidigare fört resonemang kring om motsvarande förbättringar kan uppnås genom att använda korrelationsfunktionaliteten i SKB:s simuleringsmodell. Detta skulle möjligen kunna överbrygga problematiken med att göra alltför stora ingrepp i modellstrukturen, samtidigt som samband mellan de olika osäkerheterna kan beaktas.

En närmare granskning av korrelationsfunktionaliteten i SKB:s modell visar dock att detta inte är en framkomlig väg, åtminstone med nuvarande modellfunktionalitet.

Figur 4 Korrelation mellan två variabler i SKB:s modell jämfört med @RISK



Källa: SKB och egna beräkningar

I Figur 4 har vi använt SKB:s korrelationsfunktion för att simulera utfall för två korrelerade slumpvariabler. Den vänstra figuren visar utfallen med SKB:s korrelationsfunktion medan den högra figuren visar utfallen från @RISK, som är en standardprogramvara för stokastiska simuleringar som Riksgälden använder.

SKB:s generering av slumpantal använder standardfunktionen *rand()* i Microsoft Excel. Korrelerade slumpantal skapas genom att två slumpvariabler i Excel matas till en korrelationsfunktion som utvecklats av SKB:s konsulter. Som framgår av figuren ser de inte särskilt slumpmässiga ut, utan förefaller följa en linjär funktion inom ett begränsat intervall.

Dessutom matchar inte den erhållna korrelationskoefficienten mellan två slumpvariabler den som användaren matar in. I våra simuleringar ger en ansatt korrelationskoefficient om 0,25 utfall som har en korrelation om 0,18, och när vi ansätter en korrelationskoefficient om 0,75 erhålls 0,88.

Vidare är SKB:s korrelationsfunktion begränsad såtillvida att den bara kan skapa korrelation mellan två variationer i modellen, vilket är en kraftig avvikelse från funktionaliteten som finns i standardprogramvaror för Monte Carlo-simulering. I sådana programvaror, exempelvis @RISK, hanteras korrelation med en korrelationsmatris där sambanden mellan alla ingående slumpvariabler kan specificeras. Därtill finns funktionalitet som säkerställer att de inmatade korrelationskoefficienterna är konsekventa med varandra.

Riksgälden har i kompletteringsbegäran ställt frågor kring korrelationsfunktionen och ytterligare dokumentation. SKB svarar att:

- Korrelationsfunktionen i SKB:s modell ska fånga upp beroenden mellan generella variationer. Även om korrelationsfaktorn kan väljas fritt, så har analysgruppen företrädesvis använt sig av standardiserade korrelationsfaktorer där 0,25 uttrycker en svag korrelation, 0,5 en medelstark och 0,75 en stark. I Plan 2022 har faktorn 0,5 använts. I de fall då det finns en mycket stark korrelation mellan osäkerheter bör dessa slås samman till en variation.
- Den successiva principen baseras på en grupps subjektiva värderingar av osäkerheter. Då modellen som helhet inte bygger på en matematisk exakthet anser SKB att en matematisk ”finslipning” av de ingående delarna inte nödvändigtvis förbättrar det slutliga resultatet av analysen. Mot bakgrund av detta anser SKB att den använda funktionen fyller sitt syfte väl. Å andra sidan motsätter sig inte SKB att använda en annan metod.
- Korrelationsfunktionen finns inte dokumenterad, men metoden kan utläsas i koden i Visual Basic i Excel-filen för simuleringen.
- Det stämmer att korrelationsfunktionen är begränsad till att skapa korrelation mellan två generella variationer.

Vi drar slutsatsen att korrelationsfunktionen i SKB:s modell inte är tillräckligt dokumenterad eller kvalitetsgranskad, och dessutom kan påvisas resultera i andra korrelationer än de målsatta. Till dess att metodens funktionalitet kan säkerställas bör den inte användas. Givet de stora svårigheter som finns med att specificera samvariationer mellan riskfaktorer, även med en fungerande

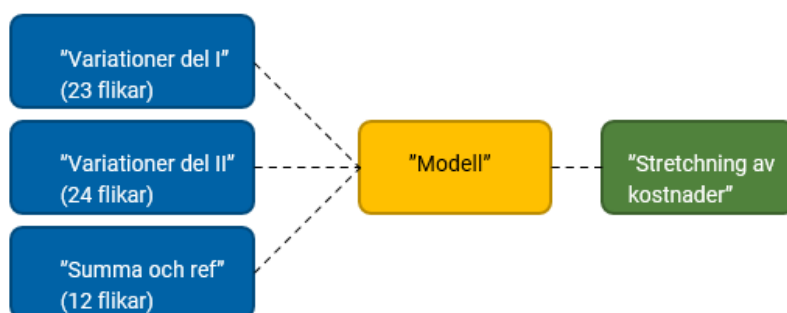
metod, menar Riksgälden att ett bättre alternativ är att fortsätta arbetet med sammanslagning av variationer.

4.3 Stor och komplex modell minskar transparensen och försvårar kvalitetssäkring

Riksgälden drar likt i tidigare granskningar slutsatsen att detaljeringsgraden i analysen är alltför hög, vilket medför att analysarbetet blir mycket omfattande och svåröverblickbart. Den stora komplexiteten i modelleringen gör det svårt att kvalitetssäkra och analysera resultaten.

Figur 5 ger en illustration av strukturen för SKB:s simuleringsmodell. Beräkningarna görs i en separat Excelfil med tillhörande VBA-kod som är relativt kompakt och överblickbar, även om brister finns i dokumenteringen av funktionerna som används (t ex av korrelationsfunktionen, se ovan).

Figur 5 Modellstruktur i SKB:s osäkerhetsanalys



Källa: Riksgäldens illustration baserat på dokumentation från SKB

Komplexiteten uppstår istället primärt i beräkningen av de indata som används i simuleringarna, som görs i ett antal separata Excelfiler. Till följd av det stora antalet variationer, och detaljeringsgraden i låg- och högscenarierna, krävs ett mycket stort antal filer med en stor mängd indata i varje fil.

När indata beräknas görs förändringar till över 30 kalkylobjekt för över 50 års löptid, vilket innebär att antalet celler i varje bedömning av låg- och hög-värden uppgår till över 1 500 stycken. Dessa används sammantaget i över 50 filer i olika Excelfiler, som dessutom är sammanlänkade på olika sätt. Att kvalitetsgranska indata till simuleringsmodellen skulle därför innebära en genomgång av över 50 000 celler i olika Excelfiler.

Det finns därför ingen rimlig möjlighet för varken SKB eller Riksgälden att kvalitetsgranska underlaget på ett heltäckande sätt. Vi bedömer att SKB behöver arbeta med att göra underlaget mindre komplext och att beräkningarna dokumenteras på ett mer transparent sätt. Detta arbete skulle förenklas betydligt genom att reducera antalet variationer i analysen.

4.4 Riksgäldens bedömning av SKB:s beräkningsmodell

Vår granskning av SKB:s beräkningsmodell visar att brister som tidigare påtalats inte åtgärdats i tillräcklig utsträckning.

SKB har förvisso arbetat med förbättringsåtgärder inom några av de områden som Riksgälden tidigare identifierat, inte minst vad gäller att reducera antalet variationer. Dock blir nettoeffekten att den bedömda osäkerheten i den totala kostnadsmängden sjunker. I den mån detta förklaras av förändrade bedömningar av osäkerheterna är detta inte en modellbrist utan en bedömningsfråga (se avsnitt 3) men det finns även tecken på att förändringar av kalkylstrukturen påverkat analysgruppens bedömningar av i stort sett samma osäkerheter.

Hanteringen av tidsvariationer i osäkerhetsanalysen ger osannolika, och ibland omöjliga, utfall. En anläggning kan enligt SKB:s modell vara i drift innan konstruktionen är färdigställd, vilket är en orimlig modellegenskap. Detta kan relativt enkelt åtgärdas genom att några av tidsvariationerna slås ihop och modelleras som ett samlat förseningsscenario.

Vad gäller den generella variationen 401, som avser modellera tidsmässiga osäkerheter till följd av en längre drifttid, menar Riksgälden att underlaget måste justeras innan det kan ligga till grund för beräkningar av avgifter och säkerheter. Variationen innebär att en stor mängd kostnader flyttas i tid, medan de tillkommande kostnader som ofrånkomligen måste bäras i ett sådant scenario utesluts. Hanteringen är inkonsekvent och inte i linje med de fasta förutsättningar som SKB själva satt upp för analysen. Vi hanterar detta genom att utesluta variation 401 från analysen till dess att SKB åtgärdat underlaget i Plan 2025, vilket innebär ett högre finansieringsbehov och högre kärnavfallsavgifter (se huvudrapporten för påverkan för respektive reaktorinnehavare).

Vidare behöver SKB fortsatt arbeta med att reducera antalet variationer i analysen, exempelvis genom fortsatt sammanslagning av befintliga variationer. Riksgäldens bedömning är att detta, allt annat lika, kommer att leda till en mer rättvisande bild av osäkerheterna i kärnavfallsprogrammet som fångar samvariationer mellan olika osäkerheter. Riksgälden bedömer inte att problemet kan lösas genom användandet av korrelationsfaktorer i modellen.

Slutligen behöver komplexiteten i osäkerhetsanalysen reduceras på ett övergripande plan. Modellen är alltför stor, komplex och i många avseenden bristfälligt dokumenterad. På kort sikt kan detta åtgärdas inom den befintliga modellstrukturen genom att använda färre variationer och ett större fokus på

att dokumentera beräkningarna på ett mer transparent sätt. På längre sikt bör SKB överväga att bygga om modellen från grunden i en standardprogramvara som är kvalitetskontrollerad av en extern part.

Referenser

- [1] Riksgäldskontoret, ”Bilaga 2 - Granskning av osäkerhetsanalysen i Plan 2019,” Dnr: RG 2019/717, 29 september 2020.
- [2] Norges Tekniske og Naturvitenskapelige Universitet (NTNU), ”Alternative scenarier til kostnads- og usikkerhetsanalyse - Sluttlagringen for svensk kjernekraftavfall 2013,” SSM2015-3606-6, 2016.
- [3] B. Jäderholm och J.-E. Nilsson, ”Kartläggning och analys av kostnadspåverkade faktorer i stora infrastrukturprojekt,” Riksgäldskontoret, Dnr: RG 2018/1069, 2020.
- [4] Riksgäldskontoret, ”Bilaga 2: Underlag för beräkning av skuldsidan,” Dnr: 2019/223.
- [5] Trafikverket, ”Utvärdering av Reference Class Forecasting, Referensklassprognoser,” 2023.
- [6] S. Lichtenberg och L. Borg, ”Granskning av SKB:s användning av den successiva kalkylmetoden - undersökning av SKB:s kostnadsberäkningar för Plan 2010,” SSM2011-153-28., 2011.
- [7] A. Johansen, B. T. O. Sandvin och A. Øklan, ”Uncertainty analysis - 5 challenges with today's practice,” Procedia - Social and Behavioral Sciences, 2014.
- [8] H. Erdalen, Lillskogen och Thomas, Successivprincipen: en handbok, Svensk Byggtjänst, 2021.
- [9] B. Flyvbjerg och D. Gardner, How Big Things Get Done, Macmillan, 2023.
- [10] Svensk Kärnbränslehantering AB, ”SKB:s svar på Riksgäldens begäran om ytterligare kompletterande och underlag för Plan 2022 - Dnr RG 2022/814,” 2023-01-23.
- [11] B. Flyvbjerg, ”Over budget, over time, over and over again: Managing major projects,” i The Oxford Handbook of Project Management, Oxford University Press, 2011, pp. 321-344.