

Strålsäkerhet och små modulära reaktorer (SMR) – Rapport från ANItA E2. Version 3.0.

Working paper^Ω ANItA

Framtagen inom ANItA E2

Kontakt:

Henrik Josefsson, henrik.josefsson@fek.uu.se

Tomas Öhlin, ohlintn@westinghouse.com

^Ω Utgör en serie forskningsrapporter från ANItA. Syftet är att synliggöra pågående forskning inom kompetenscentrumet. Kontaktpersonerna tar tacksamt emot synpunkter på texterna.

Innehållsförteckning

INLEDNING	3
STRÅLSÄKERHETSGRANSKNING – GENERELLA ASPEKTER	4
INLEDNING	4
INTERNATIONELLT SAMARBETE RUNT TILLSTÅNDSFRÅGOR FÖR SMR	5
STRÅLSÄKERHETSGRANSKNING I ANDRA LÄNDER – EXEMPEL	6
STRÅLSÄKERHETSGRANSKNINGEN AV SMR	7
TYPGODKÄNNANDE.....	7
FÖRHANDBESKED	11
NY ANLÄGGNINGSPLATS.....	13
NÄRFÖRLÄGGNINGSASPEKTER	13
ANDRA ANVÄNDNINGSOMRÅDEN ÄN ELKRAFT	14
FYSISKA SKYDDASPEKTER VID ANDRA ANVÄNDNINGSOMRÅDEN	15
FARTYGSDRIFT	15
TILLSTÅNDSHAVARENS ROLL.....	16
SPECIFIKA FRÅGESTÄLLNINGAR FÖR EN VISS SMR.....	17
SAMARBETEN KRING STRÅLSÄKERHETSGRANSKNINGAR	19
SLUTSATSER	21

Inledning

”Akademiskt-industriellt kärntekniskt initiativ för att uppnå en framtida hållbar energiförsörjning” ANItA, är ett kompetenscentrum med målet att samla akademisk och industriell kärnteknisk kompetens, utreda förutsättningarna för införandet av så kallade små modulära reaktorer (SMR) samt lägga fram möjliga scenarier för deras användning. ANItA utgår ifrån SMR baserade på lättvattenteknik.

Dagens svenska kärnkraftsreaktorer baseras på lättvattenteknik och har hög effekt (1014 MW_e-1450 MW_e) och används för produktion av elkraft som levereras till stamnätet. SMR har avsevärt lägre effekt (300 MW_e brukar anges som en typisk effekt) och har även andra användningsområden än produktion av elkraft till stamnätet.

En väsentlig förutsättning för användningen av SMR är en ändamålsenlig tillståndsprocess. Hur en sådan process kan se ut och vilka särskilda tillståndsfrågor som SMR väcker studeras inom ANItA E2. Tillståndsprocessen för etableringen av en SMR i Sverige innebär i generella termer att strålsäkerhetsmyndigheten (SSM) och mark- och miljödomstolen prövar om tillstånd kan lämnas för att uppföra och driva en kärnteknisk anläggning i enlighet med strålskyddslagen, lagen om kärnteknisk verksamhet och miljöbalken. Tillståndsprocessen har på en allmän nivå diskuterats exempelvis av Svenskt Näringsliv¹ och SSM².

Erfarenheterna från uppförandet av kärnkraftverk i exempelvis Finland pekar på att det finns risker för betydande förseningar i den del av tillståndsprocessen som rör strålsäkerhet och att dessa frågor utgör en central del i utformandet av en ändamålsenlig tillståndsprocess. Det övergripande syftet med denna rapport är att på ett belysa vilka utmaningar som införandet av SMR för med sig för strålsäkerhetsregleringen. Baserat på information från ANItA A1 och tillgängliga beskrivning av olika SMR koncept har ett antal utmaningar identifierats och analyserats för att se om det finns behov av nya föreskrifter och (i sådana fall) om det finns referenser som kan användas som underlag vid ett reformarbete.

I och med att ANItA utgår ifrån lättvatten-SMR och den tekniken används i svenska kärnkraftverk finns det en etablerad strålsäkerhetsreglering i SSM strålsäkerhetsföreskrifter. I dagsläget skulle dessa föreskrifter användas vid bedömningen av om tillstånd kan lämnas för en lättvatten-SMR. Relevanta föreskrifter är SSMFS 2008:13, SSMFS 2018:1, SSMFS 2021:4, SSMFS 2021:5 och SSMFS 2021:6. Vi beaktar inte frågan om kärntekniskt avfall (SSMFS 2021:7). Vi har medvetet försökt hålla rapporten på en allmän teknisk-juridisk nivå för att göra den tillgänglig även för externa intressenter.

Dispositionen är sådan att först beskrivs strålsäkerhetsregleringen på en generell nivå, sedan fokuseras analysen till särskilda aspekter kring strålsäkerhetsgranskningen av SMR, vilka utmaningar som finns kring granskningen och huruvida SSM föreskrifter kan utgöra grund för prövningen av olika former av lättvatten-SMR. Rapporten utmynnar i ett antal slutsatser.

¹ Svenskt Näringsliv, ”Startprogram för ny kärnkraft”, (2022)

² Strålsäkerhetsmyndigheten, ”Utveckling av regelverk och andra åtgärder för befintlig och framtida kärnkraft (delredovisning)”, (SSM2022-6007-4).

Strålsäkerhetsgranskning – Generella aspekter

Inledning

Dagens svenska kärnkraftsreaktorer (tillsammans med de sex reaktorer som stängts mellan 1999–2020) byggdes under en period på 20 år (räknat från beställning av Oskarshamn 1 år 1965 till att Forsmark 3/Oskarshamn 3 togs i kommersiell drift år 1985). Detta föregicks i Sverige av byggandet av Ågesta och Marviken. Även om inga nya kärnkraftverk har tillkommit i Sverige sedan dess har stora generation-III anläggningar byggts i närtid i Finland, Kina, Sydkorea, Förenade Arabemiraten och USA. Det pågår också uppförande av anläggningar i bl.a. Frankrike och Storbritannien

Ansvariga för konstruktion och uppförande av kärnkraftverken som finns i Sverige idag var i hög grad svenska företag. Tillståndsprocessen var på den tiden annorlunda jämfört med idag och bl.a. fanns det inte några bindande föreskrifter. Tillståndsprocessen var i princip en tvåstegsprocess. I ett första steg granskade myndigheten (numera SSM) principutformning av anläggningen och de konstruktionsförutsättningar som leverantör och tillståndshavare avsåg tillämpa. I nästa steg granskade myndigheten anläggningens slutliga utformning och tillståndshavarens kompetens och avsedda rutiner för drift och detta låg till grund för drifttillstånd. Myndigheten (från 1977 tillsammans med Statens Anläggningsprovning) granskade även löpande uppförandet av anläggningen.³

Myndigheten hade traditionellt få skrivna regler men det fanns en erfaren svensk kärnkraftsindustri i exempelvis ASEA och senare ASEA-ATOM (idag Westinghouse Electric Sweden⁴) som för samtliga kokvattenreaktorer (lättvatten-BWR) var ansvariga för anläggningsutformningen. Vattenfall köpte även tryckvattenreaktorer (lättvatten-PWR) från Westinghouse i USA och anlade dessa vid Ringhals 2-4. Vattenfall hade för Ringhals ansvaret för anläggningens utformning med undantag av de reaktornära delarna och anpassade då aktuella delar av anläggningens utformning till svensk praxis. ASEA-ATOM såväl som Vattenfall var väl medvetna om myndighetens önskemål och anpassade utformningen efter dessa.

De ursprungliga säkerhetskraven för dagens svenska kärnkraftsreaktorer hämtades från USA motsvarighet till strålsäkerhetsmyndigheten "Nuclear Reactor Commission" (NRC) och dess föreskrifter som kompletterades med krav baserad på svenska förutsättningar.

Dagens svenska kärnkraftsreaktorer har till följd av erfarenheter från olyckor i lättvattenreaktorer i andra länder varit föremål för säkerhetshöjande åtgärder, såsom:

- Införande av konsekvenslindrande system för svåra haverier (infört 1988) efter haveriet i Three Mile Island 2/ Harrisburgolyckan 1979 (USA).
- Införande av oberoende härdkylning (infört 2020) efter haverierna i Fukushima Dai-Ichi 2011 (Japan).

³ Se Gåhlin et al., "Tillståndsprovning för kärnkraft" (Elforsk rapport 11:06, 2011).

⁴ ASEA-ATOM hade vid denna tid ingen koppling till Westinghouse eller andra internationella leverantörer.

Händelser i svenska kärnkraftsreaktorer (främst ”silhändelsen” 1992 i Barsebäck 2 och ”Forsmarkshändelsen” 2006 i Forsmark 1) medförde även behov av säkerhetshöjande åtgärder.

Vid ursprunglig utformning av de svenska kärnkraftsreaktorerna spelade säkerhetskraven från NRC en betydande roll och dessa beskrev tydligt målet på olika områden; man kan förenklat säga att de utgör en kokbok. IAEA⁵ har sedan de svenska anläggningarna togs i drift börjat publicera egna standarder och riktlinjer som tolkas av de nationella myndigheterna. En viktig bas för SSMFS 2021:4 och SSMFS 2021:5 utgörs av dokument som IAEA tagit fram såsom ”SSR-2/1 Rev 1”, ”General Safety Requirements” och ”Specific Safety Guides”.

En aspekt av att IAEA standarder används som referens för SSM föreskrifter är att det finns ett betydande utrymme för tolkningar. SSM har i många fall använt dessa standarder utan någon egentlig tolkning. Ett återkommande uttryck som förekommer i SSM föreskrifter är ”så långt möjligt och rimligt”. Uttrycket används i 47 paragrafer i SSMFS 2021:4 och SSMFS 2021:5. Tolkningen av uttrycket kommer sannolikt skilja sig mellan nya och befintliga reaktorer samt mellan olika reaktorutformningar. Detta utgör ett exempel på ett område som fordrar vägledning från SSM inför en strålsäkerhetsprövning av SMR såväl som eventuella stora generation-III kärnkraftverk.

Internationellt samarbete runt tillståndsfrågor för SMR

SMR började diskuteras konkret internationellt för omkring ett decennium sedan. Men intresse för samarbeten mellan kärnkraftsländer fanns inte då pga. den bredd och olikheter som fanns kring olika SMR-konstruktioner. Det spelade också in att vid den tidpunkten var det få länder som hade konkreta planer på etablering av SMR. Istället fortsatte fokus ligga på samarbeten kring uppförandet av mer moderna generation-III reaktorer, såsom Olkiluoto 3 i Finland.

Med tiden har intresset för SMR blivit avsevärt bredare, och under de senaste fem åren har det internationella samarbetet kring SMR tagit ordentlig fart. Således finns det idag många olika typer av aktiviteter som pågår dels i olika länder dels via olika myndighetssamarbeten mellan olika länder (t.ex. inom WENRA⁶ och OECD/NEA⁷) samt inom IAEA. Samarbetena rör, beroende på forum, både tekniska aspekter och frågor kring tillståndsprocessen.

I vilken mån existerande nationella och internationella regelverk för strålsäkerhetsgranskning av stora lättvattenreaktorer (generation-III) även kan tillämpas på lättvatten-SMR diskuteras också i olika internationella forum:

- IAEA initierade år 2018 ett SMR Regulators’ Forum som gav ut en pilotstudie där man konstaterade att SMR medför ett behov av att utveckla vissa delar av kraven som granskningsprocessen utgår ifrån. Detta arbete har sedan fortsatt i en

⁵ International Atomic Energy Agency. IAEA har traditionellt rollen att kontrollera efterlevnad av icke-spridningsavtalet men fungerar även som rådgivare till nationella strålsäkerhetsmyndigheter.

⁶ Western European Nuclear Regulators Association; ett frivilligt samarbete mellan strålsäkerhetsmyndigheter där SSM ingår. WENRA består av strålsäkerhetsmyndigheter där 18 länder är medlemmar, 2 är associerade medlemmar och 12 är observatörer.

⁷ Nuclear Energy Agency är en del av OECD där OECD-länder som har verksamhet inom kärnenergi är medlemmar.

publikation, ”TECDOC 1936”, från 2020 dras slutsatsen att för lättvatten-SMR kan huvuddelen av kraven i IAEA ”SSR-2/1 rev 1” tillämpas och för återstående standardkrav kan dessa nyttjas som utgångspunkt i granskningen men att visa ändringar i tolkningen av standarderna kommer behövas.

- WENRA har dragit slutsatsen att existerande krav för nya reaktorer är tillämpbara även för SMR. WENRA har utarbetat en omfattande uppsättning s.k. ”Safety Reference Levels” (SRL) för existerande kärnkraftreaktorer av generation-III typ. Dessa SRL har man utvärderat med avseende på SMR, med slutsatsen att referensnivåerna i huvudsak är tillämpbara på SMR. Det kan här noteras att inarbetandet av dessa referensnivåer har varit ett uttalat mål i SSM föreskriftsarbete under de senaste åren och att de därmed finns beaktade i exempelvis SSMFS 2021:4 och SSMFS 2021:5.

Strålsäkerhetsgranskning i andra länder – exempel

Det är sannolikt så att strålsäkerhetsgranskningen av en SMR kommer ske i flera steg från granskning av principiella frågeställningar som är unika för en viss SMR-konstruktion till en slutlig detaljerad granskning av helheten inför tillstånd att bygga och driva en SMR. En flerstegsprocess är sannolikt nödvändig för både leverantör och verksamhetsutövare för att minska de ekonomiska riskerna.⁸ Granskningsprocesser av olika SMR-konstruktioner sker idag i flera länder bl.a. kan nämnas:

- Det europeiska SMR samarbetet kring granskningen av EDF Nuward™ (mellan strålsäkerhetsmyndigheterna i Frankrike (ASN), Finland (STUK) och Tjeckien (SUJB)).
- I Storbritannien har ”Office for Nuclear Regulation” (ONR) 2022 påbörjat en utvärdering av Rolls-Royce SMR. Det första steget i processen för ett typgodkännande avslutades i april 2023.
- I USA typgodkändes NRC en SMR från NuScale år 2020. I granskningen har NRC behandlat de centrala frågorna som IAEA tog upp i ovan omnämnda pilotstudie från 2018.

Typgodkännandet av reaktorer som sker i Storbritannien och USA kan utgöra en processuell metod för strålsäkerhetsgranskningen av SMR då syftet är att bygga många anläggningar med samma utformning. Typgodkännande berörs vidare nedan.

Erfarenheter från generation-III projekt visar på vikten av att det finns en enighet mellan strålsäkerhetsmyndighet och verksamhetsutövare/anläggningsleverantör om hur anläggningen ska vara utformad för att kunna accepteras strålsäkerhetsmässigt av myndigheten. Om det krävs ändringar av en standarddesign kommer det medföra förseningar och kostnadsökningar, särskilt om detta inte påtalas tidigt i processen. Detta betyder att anläggningsbeskrivningen i

⁸ Beskrivningen av projektet är starkt förenklad. Verksamhetsutövaren är köpare och tillståndshavaren, den som disponerar över anläggningsplatsen och som i framtiden ska driva anläggningen och som är ansvarig för kontakterna med SSM. ”Leverantören” är en internationell aktör som är ansvarig för utformningen av aktuell kärnkraftsreaktor som här förutsätts vara en SMR med en viss standardutformning baserad på en kravbild som inte är den svenska.

tillståndsansökan tidigt måste vara tillräckligt detaljerad för att undvika att strålsäkerhetsmyndigheten uppfattar utformningen av anläggningen felaktigt.

Strålsäkerhetsgranskningen av SMR

Det är sannolikt så att om uppförandet av SMR skulle ske i Sverige i närtid skulle den baseras på lättvattenteknik och anläggningen skulle produceras av internationell leverantör som så långt som möjligt vill bygga sin standardanläggning. Det medför att vissa delar av strålsäkerhetsgranskningen kan behöva ske under andra former än vad som historiskt ägt rum i Sverige.

Vissa strålsäkerhetsfrågor är likartade för SMR och stora generation-III reaktor, medans andra frågor är mer relevant för SMR såsom om anläggningen ska producera vätgas eller fjärrvärme.⁹ En stor reaktor kan också användas för att producera annat än elkraft men storleken gör att denna produktion skulle ske parallellt.

Typgodkännande

Det har ovan beskrivits att det finns länder som tillämpar en granskningsprocess med typgodkännande av en reaktor. De två exempel vi även fortsättningsvis kommer att fokusera på är Storbritannien och USA. I korthet beskrivs processen för att genomföra ett typgodkännande nedan.

Storbritannien

Typgodkännande av en viss reaktortyp utgår ifrån en ”standard” anläggningsplats med vissa definierade egenskaper. Baserat på egenskaperna hos denna anläggningsplats tas en ”standardanläggning” fram och strålsäkerhetsmyndigheter i Storbritannien (ONR) genomför en ”Generic Design Assessment” (GDA) av reaktortypen som en del av tillståndsprocessen för en ny reaktor.¹⁰ Om granskningen resulterar i ett godkännande innebär det att reaktortypen får byggas i Storbritannien. Sedan tillkommer prövningen av anläggningsplatsen och ONR ska också godkänna olika steg i processen att faktiskt uppföra anläggningen.

GDA-processen har genomförts för följande stora generation-III typer:

- General Nuclear System Limited's UK HPR1000 (2022).
- Hitachi-General Electric UK Advanced Boiling Water Reactor (UK ABWR) (2017).
- Westinghouse AP1000 (2017).

⁹ Detta arbetas med inom ANItA A1.

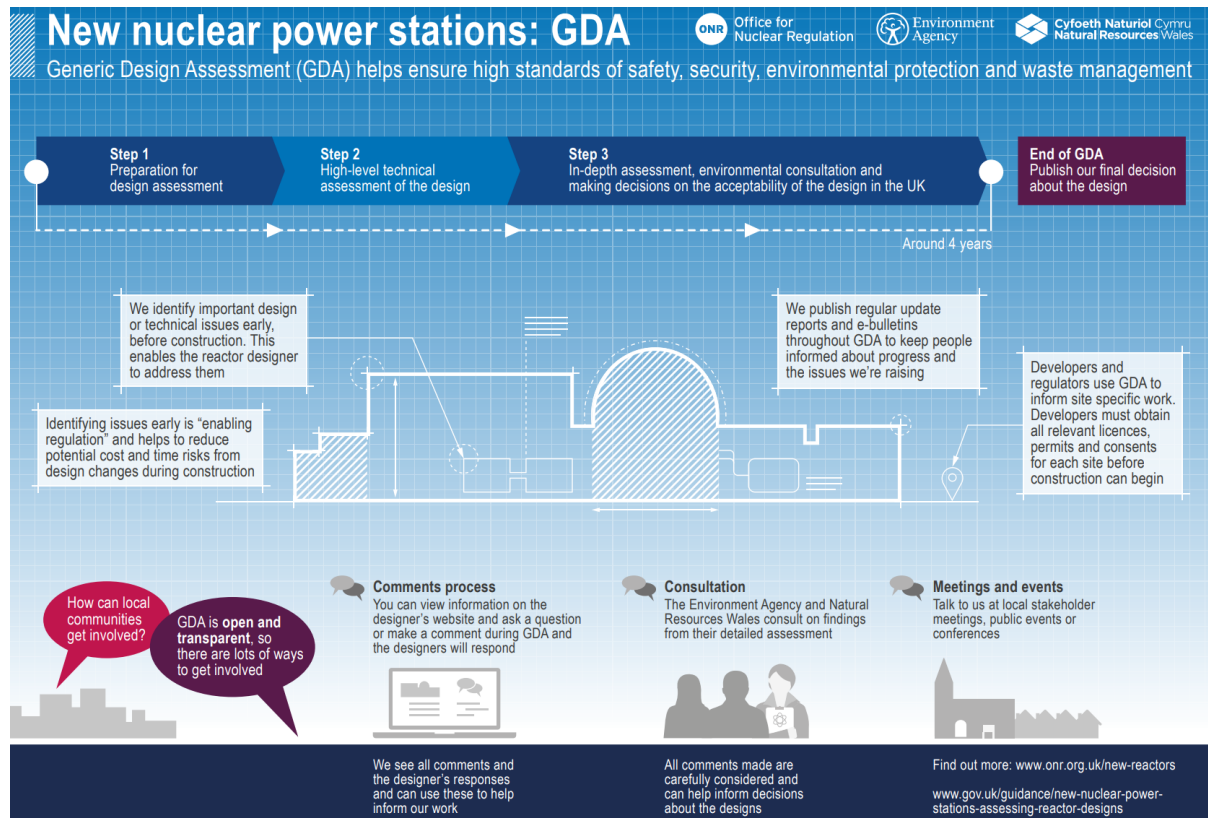
¹⁰ För ytterligare information om tillståndsprocessen i Storbritannien (som inkluderar hur ONR samverkar med andra myndigheter) se: <https://www.onr.org.uk/new-reactors/>.

- EDF/AREVA:s European Pressurised Reactor (EPR) (2012).

Baserat på GDA av EPR pågår vid Hinkley Point ett uppförande av reaktortypen (två reaktorer) och vid Sizewell C planeras för ytterligare reaktorer av samma typ.

Det pågår en GDA-process för en SMR just nu (2023):

- Rolls-Royce ansökte om en GDA 2022 och det första steget var färdig 2023 (se figur 1 nedan som illustrerar GDA-processen).



Figur 1: GDA-processen i Storbritannien.

USA

I USA tillämpas traditionellt en tvåstegs tillståndsmoell för kärnkraftsreaktorer. Beskrivningen nedan avser den federala lagstiftningen¹¹ för tvåstegsmodellen som benämns "10CFR50".

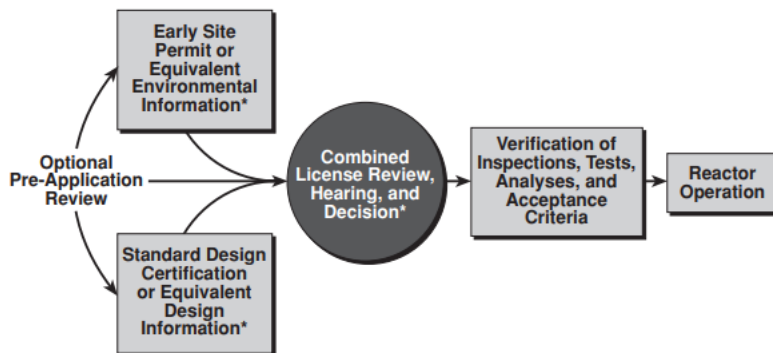
Första steget i tillståndsmoellen utgörs av ett "Construction permit" som baseras på att myndigheten (NRC) gjort en strålsäkerhetsgranskning av anläggningen baserat på en "Preliminary Safety Analysis Report" (PSAR) som leverantören och verksamhetsutövaren tagit fram. Vid ett positivt besked innebär första steget att NRC ger tillstånd till

¹¹ I och med att USA är en federation kan det även finnas delstatslagstiftning att ta hänsyn till men här fokuserar vi på granskningsmodellen på federal nivå.

verksamhetsutövaren och leverantören att påbörja uppförandet av aktuell kärnkraftreaktor ("byggnadstillstånd"). Det andra steget utgörs av en "Operating license" ("drifttillstånd"). Det innebär att NRC ger tillstånd att ladda kärnbränsle i reaktorn, påbörja nukleär provdrift samt påbörja kommersiell drift (efter att NRC kontrollerat att varje steg avslöpt som avsett och godkänt övergången till nästa steg). Granskningen baseras på en "Final Safety Analysis Report" (FSAR) som verksamhetsutövaren och leverantören tagit fram.

I USA finns sedan 1989 en möjlighet till en alternativ tillståndsmo­dell som finns reglerad i "10CFR52" och syftar till att förenkla byggandet av ny kärnkraft i USA. Modellen kallas "Combined License" och består normalt av tre olika prövningar (processen beskrivs i figur 2). Stegen är:

- "Early Site Permit", är en granskning av om en anläggningsplats är lämplig oberoende av vilken reaktortyp som ska uppföras.¹²
- "Standard Design Certification", är en granskning av en viss reaktortyp utifrån en "standard" anläggningsplats med vissa definierade egenskaper som det förväntas att de flesta potentiella anläggningsplatser¹³ ska rymmas inom. Praktiskt innebär detta att så länge aktuell anläggningsplats har mindre utmanande egenskaper än de som förutsatts byggas reaktorn mot "standardplatsens" egenskaper vilket innebär att standardutformningen kan bibehållas. Det är normalt leverantören som ansöker om "Standard Design Certification".
- "Combined License", i detta steg så sker (normalt efter att anläggningsplatsen och en viss reaktortyp godkänts i stegen ovan) en granskning av byggandet av en viss reaktortyp på en viss plats och granskningen sker sedan av detta och resulterar i ett kombinerat byggnadstillstånd och drifttillstånd. Det går även att lämna in en ansökan om Combined License utan att tidigare ha genomfört de två stegen ovan.



*A combined license application can reference an early site permit, a standard design certification, both, or neither. If an application does not reference an early site permit and/or a standard design certification, the applicant must provide an equivalent level of information in the combined license application.

¹² Stöd för tillämpning finns även i EPRI Technical Report 1002996 (2002) "Early Site Permit Model Program Plan".

¹³ Ett konkret exempel är att delar av Kalifornien medför krav på högre säkerhetsjordbävning (den jordbävningensnivå som anläggningen utformas för; t ex för Diablo Canyon i Kalifornien 0,75 g) än vad som normalt används för en standardanläggning, typiskt 0,3 g. Detta betyder att standardanläggningen inte utan ändringar kan uppföras på denna plats.

Figur 2. ”Combined License” modellen.¹⁴

Typgodkännande i Sverige?

Det finns ingen möjlighet till typgodkännande i Sverige idag. För att någon form av typgodkännande ska kunna ges av SSM måste strålsäkerhetsregleringen ses över. Detta gäller inte bara SMR utan även generation-III reaktorer. Skillnaden mellan stora reaktorer och SMR är att en storskalig etablering av SMR nästintill förutsätter någon form av typgodkännande. Frågan är hur granskningsprocessen av varje anläggnings strålsäkerhet ska kunna kortas ned utan att säkerheten riskeras?

På ett generellt plan finns det inte några hinder för att införa någon form av typgodkännande. Exempelvis skulle modellen kunna omfatta ett typgodkännande av en reaktorstandarddesign i Sverige som sedan gäller under en viss tid. Ansökan baseras på antagande om vissa fördefinierade egenskaper hos en anläggningsplats och så länge en anläggningsplats ryms inom dessa antaganden kan verksamhetsutövaren och en leverantör ansöka om tillstånd för reaktorn utan att reaktorns strålsäkerhet behöver prövas igen. För att kunna behålla standarddesignen kan verksamhetsutövaren och/eller leverantören precis som i USA utgå ifrån de samlade förutsättningar som anläggningsplatserna har. Väljs inte särskilt problematiska platser, såsom jordbävningssområden, bör variationen av parametrar inte vara allt för varierande.

Samtidigt finns det en utmaning i att försöka uppskatta parametrar för anläggningsplatser. Fördelen är att med ett godkännande finns det en trygghet för verksamhetsutövaren och leverantören som gäller så länge förutsättningarna eller kunskapen om strålsäkerhet inte förändras. Regleringen skulle på så sätt utgå ifrån att om SSM finner att förutsättningarna för godkännandet förändrats kan det dras tillbaka. En annan aspekt att beakta vid ett typgodkännande är huruvida det behöver specificera val av viss utrustning¹⁵ som utgör del av reaktortypen i ansökan. Detta skulle minska effektiviteten¹⁶ av ett typgodkännande om godkännandet förutsätter underlag som beskriver både all utrustning och reaktorkoncept.

Ett typgodkännande skulle kunna vara en effektiv modell att implementera i Sverige om det finns ett tydligt marknadsintresse av att implementera ett begränsat antal SMR-utförningar på flera platser i Sverige. Att det finns ett intresse av att anlägga flera liknande eller konstruktionsmässigt identiska anläggningar skulle kunna utgöra ett kriterium för att SSM ska initiera en sådan process. Innan det genomförs bör noga för- och nackdelar med införande av

¹⁴ Se vidare (www.nrc.gov).

¹⁵ En utförning av en reaktor består dels av utrustningar som tillverkas unikt för en viss reaktor (t.ex. reaktortanken) på ritningar från leverantören och dels på utrustningar (t.ex. kontrollutrustning) som normalt köps från en annan leverantör av sådana utrustningar.

¹⁶ I USA är giltighetstiden för en ”design certification” principiellt 25 år. Detta är längre tid än t.ex produktivslängden för en modern programmerbar utrustning. Detta kan medföra är att den sökande inte anger vilka utrustningar som valts för vissa applikationer inom standardutförningen av anläggningen och senare får anläggningsleverantören på något sätt kvalificera dessa utrustningar. Ett exempel skulle kunna vara att man i ansökan säger att reaktorskyddssystemet består av en programmerbar del och en diversifierad icke programmerbar del och sedan anger vilka standarder som respektive del ska uppfylla men utan att ange vilka utrustningar man avser använda. I USA finns även möjlighet att begära en granskning av NRC av en viss utrustningstyp (som kontrollutrustning) för en viss applikation i en ej definierad kärnkraftreaktor.

ett typgodkännande i Sverige genomförs och i detta undersöka vad som utgör de viktigaste åtgärderna för att skapa en enkel men ändå säker strålsäkerhetsgranskning.

Till skillnad från den nuvarande modellen, där en verksamhetsutövare vid varje ansökan väljer samma SMR-koncept och därmed kan återanvända sitt tidigare ansökningsmaterial, är tidsaspekten.¹⁷ I och med att varje granskning är formaliserad tar den en viss tid oavsett om verksamhetsutövaren inte behöver börja från noll vid framtagandet av underlagen för granskningen av strålsäkerhet.

Förhandsbesked

Oavsett om det införs ett typgodkännande finns det ett behov av att på ett tidigt stadie kunna samråda med SSM kring hur olika SMR-koncept svarar på kraven som finns i deras nuvarande föreskrifter. I och med att idén med SMR utgår från att det baseras på en standarddesign som ska reproduceras är det av stor vikt att det finns ett formellt samråd tidigt i processen så att ”rätt” SMR väljs ut av verksamhetsutövaren.

I dagsläget framgår det av nuvarande föreskrifter (SSMFS 2021:4 och SSMFS 2021:5) att kraven skiljer mellan nya och befintliga kärnkraftsreaktorer. För kraven som finns för nya reaktorer finns i många fall inte någon tydlig svensk praxis. Dessutom är nämnda föreskrifter allmänt hållna och behöver tolkas för aktuell anläggningsutformning. Befintliga kärnkraftsverksamhetsutövare har ägnat betydande resurser åt att ta fram tolkningar av kraven i föreskrifterna och SSM har godkänt dessa tolkningar. Det kan förväntas att SSM inte generellt skulle acceptera samma tolkningar för nya reaktorer.

Kraven i SSMFS 2021:4 och SSMFS 2021:5 härstammar i stora delar från IAEA ”SSR-2/1 Rev 1” och IAEA har publicerat ett vägledningsdokument ”TECDOC-1791” som ger råd om hur ”SSR-2/1 Rev 1” kan tillämpas vid konstruktionen av en kärnkraftsreaktor. Det framgår av ”TECDOC-1791” vilka områden inom ”SSR-2/1 Rev 1” som i praktiken är besvärliga att tillämpa. Hanteringen av dessa frågor är exempel som skulle kunna hanteras via möjligheten till förhandsbesked.¹⁸

Den explicita skillnaden i krav mellan nya och befintliga reaktorer i SSMFS 2021:4 finns i Bilaga 2 som gäller för befintliga kärnkraftsreaktorer och Bilaga 3 som gäller för nya kärnkraftsreaktorer. Skillnaden mellan Bilaga 2 och 3 är i huvudsak att SSM för nya reaktorer anger att man via en kommande föreskriftsändring ska införa nya kriterier för utsläpp av radioaktiva ämnen till kärnkraftreaktorernas omgivning.

I SSMFS 2021:5 finns flera explicita skillnader som i huvudsak kopplar till frågeställningarna som berörts ovan.

Det finns helt enkelt centrala bestämmelser i SSMFS 2021:4 och SSMFS 2021:5 där det är viktigt att tolkningarna hos verksamhetsutövarna och leverantören å en sida och SSM å andra

¹⁷ Att använda sig av erfarenheter från en reaktor för att förenkla granskningen av nästa reaktor har tidigare ägt rum i Sverige avseende: Barsebäck 1 och 2, Ringhals 3 och 4 och Forsmark 1 och 2.

¹⁸ Typiska konkreta exempel är synen på tillräckligt oberoende mellan djupförsvarsnivåer och vad som är tillräckligt för att kunna hävda ”praktisk eliminering” av förhållanden som kan medföra stora eller tidiga utsläpp av radioaktiva ämnen.

sidan är likartad redan innan de första tillståndshandlingarna som beskriver aktuell reaktortyp börjar tas fram för en viss SMR.

För att etableringen av ny kärnkraft i Sverige ska kunna ske finns det ett stort behov av att osäkerheten i den acceptabla tillämpningen av föreskrifterna minskar. Detta kan ske genom vägledande dokument från SSM men även genom att ett tidigt samråd hålls mellan SSM och en verksamhetsutövare och leverantören som avser att ansöka om tillstånd.

Baserat på internationella erfarenheter från licensiering av stora lättvattenreaktorer framgår att skillnader i tolkning av myndigheternas föreskrifter/krav ofta varit en väsentlig källa (av flera) till förseningar och kostnadsökningar, och att nya problem av detta slag uppkommit även sent i projekten. Det är alltså, för att möjliggöra byggande av en SMR i Sverige, väsentligt att redan innan byggande av en ny reaktor finns en process för tolkning av centrala föreskriftskrav på plats. Detta är extra viktigt i en situation där SSM:s relativt nya föreskrifter för första gången ska tillämpas på en ny kärnkraftsreaktor. En process med förhandsbesked skulle till exempel kunna användas för att tidigt nå samsyn med SSM om utformningen av en anläggning överensstämmer med kraven i SSMFS 2021:4 och SSMFS 2021:5. Andra relevanta frågor att nå samsyn kring är om leverantörens kvalitetssäkring av olika slags utrustningar når upp till de krav SSM har.

Ett exempel på denna typ av frågor är mekaniska anordningar. I kap. 4 SSMFS 2008:13 specificeras krav för mekaniska anordningar avseende kvalitetsklassindelning, konstruktion, utförande och installation. Det finns tydlig praxis hur föreskriften ska tolkas exempelvis kring utformningen av konstruktionsspecifikationer och de i dessa specifikationer ingående konstruktionsförutsättningarna, kravet på användning av ackrediterat kontrollorgan och att kontrollorgan är ackrediterade mot föreskriftens krav. I andra länder finns annan praxis på detta område.

Ett alternativ till traditionell hantering av kvalitetssäkring för utrustningar i kärnkraftsreaktorer är via prövning av standardutrustningar för användning i vissa säkerhetstillämpningar. Ett exempel på undersökning av sådana alternativ har påbörjats av vissa verksamhetsutövare i Sverige för användning i befintliga anläggningar.

Detta är två exempel som kan vara en del av praxis hos vissa leverantörer av SMR. En leverantör har då alternativen att anpassa sig till SSMFS 2008:13 eller att i en ansökan presentera sin föreslagna lösning och varför den medför lika bra eller bättre resultat. Möjligheten för leverantören att kunna bibehålla en anläggnings standarddesign sammanhänger i många fall med att kunna bibehålla konstruktion och utförande av olika typer av till exempel mekaniska anordningar. Det är således förmodligen inte ändamålsenligt att i varje uppkommande fall försöka anpassa föreskrifterna för dessa olika varianter eller tvinga leverantören att anpassa sig. Här skulle möjligheten till avsteg från föreskriften genom ett förhandsbesked kunde vara ett sätt att kunna pröva möjligheten att bibehålla leverantörens etablerade arbetssätt och uppnå tillförlitlig säkerhet från SSM perspektiv innan tecknande av kontrakt mellan leverantör och verksamhetsutövare sker.

Det finns således ett behov i Sverige av att införa någon form av process där SSM ger ett förhandsbesked avseende en viss anläggning tidigt i processen. En likartad möjlighet finns som exempel i Storbritannien såväl som USA. Utmaningen är så klart att definiera hur omfattande underlaget måste vara för att kunna ge ett förhandsbesked och utifrån vilka omständigheter SSM

kan besluta sig för att förkasta sitt beslut. Det finns redan idag vissa EU-rättsliga processkrav som en sådan process måste leva upp till. Oavsett behöver flertalet regeländringar ske, exempelvis i förordning (2008:452) med instruktion för strålsäkerhetsmyndigheten.

Ny anläggningsplats

Enligt Miljöbalken 17 kap. 6 a § är det i dag bara tillåtet att bygga maximalt tio kärnkraftsreaktorer på tre platser i Sverige och dessa platser är valda avseende lämplighet för elkraftproduktion. En effektiv implementering av SMR i Sverige fodrar alltså möjlighet till användning av flera anläggningsplatser. En process för ändring av miljöbalken på dessa punkter har inletts av regeringen med sikte på att reviderad balk ska träda i kraft i mars 2024.

De befintliga anläggningsplatserna i Sverige för kärnkraftsreaktorer valdes med beaktande av de olika aspekter som behövde beaktas när anläggningarna producerar elkraft. För SMR kan det förväntas att anläggningsplatserna i högre grad definieras av olika närförläggningaspekter (se nedan) och att det finns behov av en särskild granskningsprocess avseende lämpligheten hos den tilltänkta platsen.

Vi noterar att det senaste regeringsbeslutet om en anläggningsplats för ny kärnkraft togs 1970 (Forsmark). Av denna anledning finns det endast mycket begränsad vägledning i existerande föreskrifter från SSM om vilka strålsäkerhetsaspekter som ska beaktas vid granskning av en anläggningsplats.

Vi har ovan beskrivit att det i andra länder finns möjligheten att i en tillståndsprocess granska anläggningsplatsen separat från anläggningens utformning. IAEA har även givit ut vägledning:

- ”SSR-1 (2019) Site Evaluation for Nuclear Installations”.
- “SSG-35 (2015) Site Survey and Site Selection for Nuclear Installations”.

Vid en sådan granskning skulle den avsedda anläggningsplatsen kunna godkännas för en ny kärnkraftsreaktor av viss storlek med ett visst syfte. Frågan bör utredas vidare för att undersöka vilka skäl som finns för och emot en sådan ordning.

Närförläggningaspekter

Valet av anläggningsplatsen kopplar till potentiell kollektivdos om ett utsläpp av radioaktiva ämnen sker. Detta regleras exempelvis i 2 kap. 3 § SSMFS 2021:4 som omfattar behovet av olika djupförsvarsnivåer. Förläggning av en kärnkraftsreaktor nära befolkningscentra innebär principiellt att realiserbarheten försvåras och effektiviteten av exempelvis evakuering eller andra liknande skyddsåtgärder minskar.¹⁹ Den principiella frågan vid varje form av närförläggning är om man via konstruktiva åtgärder vid utformning av en reaktor kan uppnå

¹⁹ I detta sammanhang förstås med ”närförläggning” ett avstånd till befolkningscentra som är avsevärt mindre än för befintliga kärnkraftsreaktorer i Sverige och/eller att det naturligt finns avsevärt flera anställda vid en industri än vid dagens kärnkraftsreaktorer i Sverige som kan exponeras vid ett utsläpp. Definition av kvantitativa gränsvärden och begränsningar för vad som avses med ”närförläggning” bör ingå i ett eventuellt framtida arbete.

fullgod strålsäkerhet även utan de krav som idag ställs avseende det som betecknas som djupförsvarsnivå 5 i föreskriften.²⁰

I Sverige genomfördes ”Närförläggningsutredningen” 1971–1974 (SOU 1974:56 ”Närförläggning av kärnkraftverk”) för att se på dessa aspekter. Utvecklingen av elkraftbehovet medförde dock att det inte fanns intresse från industrin att utveckla andra användningsområden (såsom fjärrvärme) för kärnkraft. Dessutom ökade det politiskt motstånd mot kärnkraft i Sverige under denna tid vilket gjorde att det inte fanns något intresset för att driva frågan om närförläggning vidare.

Den amerikanska strålsäkerhetsmyndigheten NRC har för SMR behandlat frågeställningen i NRC-2015-0225 ”Emergency Preparedness Requirements for Small Modular Reactors and Other New Technologies”. Detta har legat till grund för att NRC avseende NuScale godkänt, som nämndes ovan, en mindre beredskapszon än vad som normalt bestämts för lättvattenreaktorer av myndigheten.

Frågan är viktig om SMR ska kunna användas till fjärrvärme och industrivärme. Det är därför viktigt att frågan utreds vidare. Exempelvis skulle SSM kunna undersöka om det finns skäl för föreskrift förändringar alternativt tar fram vägledning om hur en anpassad tillämpning av djupförsvarsnivå 5 kan genomföras för att kunna tillåta användning av SMR för andra användningsområden än elkraft.

Andra användningsområden än elkraft

Dagens svenska kärnkraftsreaktorer används för generering av elkraft via en ångturbin, och i säkerhetsredovisningen för reaktorerna identifieras och analyseras händelser med potentiell säkerhetspåverkan som härrör från elkraftproduktionen. Missiler från en ångturbin kan till exempel uppstå och anläggningskonstruktören måste kunna visa att dessa missiler inte påverkar säkerheten. Konkreta riktlinjer för en sådan analys finns som exempel i NRC ”Regulatory Guide 1.115”. Detta är ett exempel på hur negativa konsekvenser potentiellt kan uppstå via avsedd produktion av nytthet med dagens kärnkraftsreaktorer och hur det kan visas att säkerhetspåverkan är acceptabel.

SMR övervägs även för andra användningsområden än elkraft och det måste då på motsvarande sätt visas att produktionen inte kan medföra oacceptabel påverkan på säkerheten. Ett exempel är produktion av vätgas.

Användning av elkraft genererad från lättvattenreaktorer för produktion av vätgas finns redan idag i Simpevarp där elkraft från Oskarshamn 3 och vatten från vattenverket i Simpevarp används för att driva en vätgasfabrik med elektrolysrör på 0,7 MW. Vätgasfabriken installerades 1992 av dåvarande Norsk Hydro och används för kylning av generatorer och överskottet säljs kommersiellt. Det har genomfört en särskild säkerhetsanalys och i denna har

²⁰ Detta innebär alltså principiellt att utformningen blir mer robust så att sannolikheten för att stora utsläpp ska inträffa har minskats, varför behovet av förberedda haveriberedskapsåtgärder kan minskas och risken för radiologiska konsekvenser trots detta minskar.

det kunnat visas att okontrollerad förbränning av vätgas inte ska påverka reaktorsäkerheten i Oskarshamn 3 eftersom vätgasfabriken befinner sig på ”säkert avstånd” från anläggningen.

Det finns även planer på en anläggning för produktion av flygbränsle nära Forsmarks kärnkraftverk där motsvarande frågeställningar kommer att aktualiseras.

Det är nödvändigt att om SMR ska användas för andra användningsområden än elkraft att verksamhetsutövaren och leverantören genomför en analys av potentiella risker för säkerheten som kan uppstå vid produktionen och visa att riskerna är acceptabla för säkerheten. Sådana analyser har många likheter med de analyser som för befintliga reaktorer genomförs för vissa s.k. inre händelser. Även om det finns likheter mellan nuvarande kombinationsanläggningar och det som potentiellt kan utvecklas för SMR går det inte att utesluta att unika strålsäkerhetsaspekter kan dyka upp och det är av stor vikt att SSM forskriftsutveckling höjd för den accelererande utveckling som mycket tyder på att vi står inför. Frågan behöver utredas vidare.

Fysiska skyddsaspekter vid andra användningsområden

SSM föreskrifter för konstruktion av kärnkraftsreaktorer (SSMFS 2021:4) innehåller i 8 kap. bestämmelser kring de olika skyddsområden (dit allmänheten inte har tillträde) som ska finnas runt en kärnkraftsreaktor. Det finns även regler kring övervakning av kärnkraftsreaktorer (7 kap. SSMFS 2021:6).

Om SMR samlokaliseras med andra verksamheter, såsom industrier, kan det uppstå utmaningar att avhålla människor från att vistas i närheten av anläggningen på så sätt som föreskrifterna kräver. Exempelvis kan det ske transport av människor och gods till den andra verksamheten på ett sätt som inte sker kring befintliga kärnkraftsreaktorer.

Den principiella frågan är om man via konstruktiva åtgärder vid utformningen av en reaktor kan anpassa kraven på tillträdesbegränsningar utan att det medför negativ inverkan på skyddet av reaktorn emot allvarliga konsekvenser till följd av avsiktlig skadegörelse.

NRC har för SMR behandlat just denna fråga i “NRC-2017-0227 Alternative Physical Security Requirements for Advanced Reactors”. Detta har legat till grund för att NRC för NuScale godkänt en anpassning av det fysiska skyddet i jämförelse med vad myndigheten normalt kräver för en lättvattenreaktor.

Det finns såldes ett behov av vägledning från SSM kring anpassad tillämpning av fysiskt skydd (SSMFS 2021:4 och SSMFS2021:6) som beaktar möjligheten till användning av SMR för andra användningsområden än elkraft. Om SSM bedömer att föreskrifterna inte tillåter det behöver myndigheten utreda vilka förändringar som krävs.

Fartygsdrift

Det finns en lång erfarenhet av att driva militära fartyg med kärnreaktorer, men även civil användning förekommer och har förekommit i t ex Ryssland och USA. Det finns på så sätt

internationell erfarenhet av att använda i huvudsak små reaktorer av PWR-typ för att driva (i huvudsak militära) fartyg och tekniken är därmed relativt välbeprövad.²¹

En möjlig användning av SMR vore att driva civila fartyg på ett fossilfritt sätt (grön ammoniak finns det också idéer på men produktionen är energikrävande). Detta väcker dock principiellt viktiga frågor om suveränitet och vikten av att respektera bestämmelser kring kärnkraft i de olika länder som fartygen kan anlända till. Dessutom är tillståndsfrågan svår i och med att det inte är tydligt reglerat vem som ska godkänna konstruktionen av anläggningen. Även om fartyget inte är stationärt och exempelvis skulle gå mellan olika länder måste någon myndighet godkänna anläggningen och säkerställa att den klarar moderna strålsäkerhetskrav och eventuella unika risker som fartygsdrift kan föra med sig (såsom kollision). Även om det sannolikt är så att civila fartyg initialt inte kommer tillåtas att ankomma större befolkningscentrum utan gå in i externa hamnar är frågan hur olika suveräna stater ser på ett strålsäkerhetsgodkännande från en annan statlig myndighet än sin egen. På så sätt kan kommersiell användning av last- eller passagerarfartyg drivna av en kärnreaktor kräva en överenskommelse mellan de länder som fartyget ska gå emellan, inklusive godkännande av anläggningen från dessa länders strålsäkerhetsmyndigheter eller motsvarande. Utvecklingen reser alltså frågetecken kring strålsäkerheten och hur olika nationellt utformade regler kring strålsäkerhet ska appliceras på flyttande kärnkraftverk som befinner sig inom landets territorialvatten.

Det finns en internationell standard för utformning av fartyg drivna av en kärnreaktor, IMO Resolution A.491(XII) "Code of Safety for Nuclear Merchant Ships" (November 19, 1981). Däremot är frågan om resolutionen är tillräckligt modern för att ligga till grund för nykonstruktion av kommersiella fartyg drivna av en kärnreaktor.

ANItA E2 kommer att undersöka möjligheterna att utreda denna fråga inom ramen för ett kompletterande projekt i samarbete med intressenter på området. Samtidigt, om det sker en utredning kring strålsäkerhetsregleringen från SSM bör frågan om utvecklingen av olika former av SMR beaktas för att säkerställa att den nationella strålsäkerhetsregleringen inte åsidosätts inom territorialvattnet.

Tillståndshavarens roll

Den senaste gången en ny kärnkraftsreaktor godkändes av strålsäkerhetsmyndigheten i Sverige var Forsmark 3 och Oskarshamn 3, vilket var ca 40 år sedan.

Implementering av SMR i Sverige innebär ett antal frågeställningar avseende verksamhetsutövarens roll

Det kan inte förväntas att användaren av produktionen från en SMR (t.ex. en metalltillverkare som efterfrågar fossilfri processvärme eller lokal elkraftproduktion till sin industri) alltid har praktisk/ekonomisk möjlighet att bygga upp en kompetens som krävs enligt t.ex. SSMFS 2021:6. För att skapa stordriftsfördelar kan det därför vara attraktivt med en formell

²¹ Carlton, J., Smart, R. & Jenkins, V. (2010). The Nuclear Propulsion of Merchant Ships: Aspects of Risk and Regulation. Paper presented at the Lloyd's Register Technology Days 2010, Feb 2010, London, UK. <https://openaccess.city.ac.uk/id/eprint/15024/>.

tillståndshavare som är ansvarig för ett antal SMR med möjlighet till gemensamt underhåll, utbildning av driftpersonal, omhändertagande av använt bränsle och avfall och tillhandahållande av teknisk kompetens. Exempelvis skulle i så fall en industri kunna köpa tjänsten elproduktion eller vätgasproduktion. Den ekonomiska modellen nämndes ovan för fartyg dvs. att en annan organisation äger och driver aktuell SMR och säljer produktionen till den som efterfrågar produktionen.

Vissa av de SMR-koncept som kan komma ifråga i Sverige innebär att behovet av snabba operatörsingrepp jämfört med dagens reaktorer i Sverige minskar avsevärt. SMR innehåller normalt modern (programmerbar) kontrollutrustning och moderna komponenter vilket förenklar och minskar behovet av driftpersonal vid normal drift. Vissa SMR innebär också att flera reaktorhärddar finns inom samma inneslutning. Detta väcker frågor om vilken bemanning som erfordras vid normal drift av en SMR.²² I SSMFS 2021:6 finns omfattande och specifika krav avseende kompetens och bemanning, och ”tillräcklig bemanning” är ett återkommande uttryck. Vid dagens svenska reaktorer regleras minimibemanningen vid normal drift via anläggningsspecifika bestämmelser som godkänts av SSM. Det innebär frågan om ”tillräcklig bemanning” kan hanteras inom ramen för SSM granskningsprocess av en ny anläggning utan behov av ändringar i lagstiftning och förordningar eller SSM föreskrifter. Detta är också något som kan tas upp i ett förhandsbesked eller ett tidigt samråd eftersom kravet på ”tillräcklig bemanning” sammanhänger med utformningen av SMR-konceptet.

Att flera industrier med olika grader av säkerhetskrav samlokaliseras till ett större industriområde är samtidigt inte nytt. Det finnas behov av att undersöka hur tillståndsprocessen för samlokalisering av miljöfarliga verksamheter fungerar och huruvida kumulativa säkerhetskrav ställs i någon mening på området som helhet eller om det träffar enskilda verksamheter, exempelvis den som etableras sist.

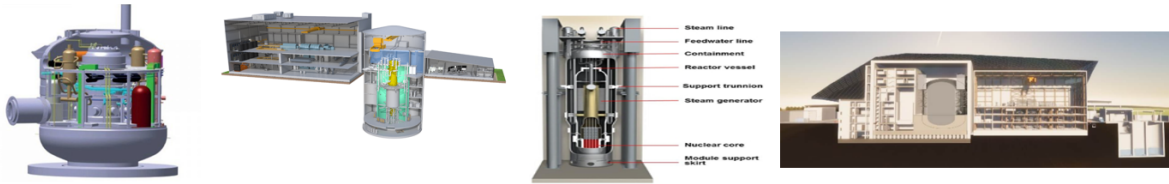
Specifika frågeställningar för en viss SMR

Det finns många SMR-koncept baserat på lättvattenteknik vars utformning är i olika stadier av färdigställande. Information om detaljer i utformningen är inte öppet tillgängliga beroende på leverantörens immateriella rättigheter (och ibland på att leverantören ännu inte klarställt detaljutformningen av anläggningen).

Även om det är svårt att generalisera kring SMR som helhet finns det vissa aspekter som trots skillnader är återkommande.

De fyra SMR koncept baserat på lättvattenteknik som ofta nämns vara de mest utvecklade illustreras nedan inklusive en förenklad kort information om granskningsstatusen.

²² Frågan har behandlats av IAEA i ”TECDOC 1193”.



EDF Nuward™	General Electric BWRX-300™	Nuscale	Rolls-Royce SMR
PWR 2x170 MWe	BWR 300 MWe	Modulär PWR 50 MWe	PWR 470 MWe
Europeiska myndigheter samgranskning Börjat 2022	NRC pre-application börjat 2019	NRC DC 2020 (start 2008)	ONR GDA börjat 2022

Även om det finns många skillnader mellan dessa fyra reaktorer finns det två gemensamma drag:

- Säkerhetsfunktionerna för att förhindra allvarliga skador på reaktorns bränsle (normalt benämnda härdkylning och resteffektkylning) är i större utsträckning baserat på passiva säkerhetsfunktioner i jämförelse med dagens svenska kärnkraftsreaktorer.
- Inneslutningsvolymen har minskats avsevärt²³ jämfört med en stor lättvattenreaktor. Detta kommer troligen att påverka hanteringen av djupförsvarsnivå 4.

Passiva säkerhetsfunktioner

Passiva säkerhetsfunktioner används i viss utsträckning i dagens svenska kärnkraftsreaktorer men användningen av passiva säkerhetsfunktioner ökar avsevärt i de SMR som anges ovan (men även i vissa stora generation-III reaktorer). Graden av passivitet i en kärnkraftsreaktor har t.ex. beskrivits av IAEA i TECDOC-626.

Beträffande passiva säkerhetsfunktioner finns betydande behov av att verifiera prestandan vid strålsäkerhetsgranskningen och verifieringen förutsätter omfattande försök.

WENRA har 2018 givit ut en rapport ”Regulatory Aspects of Passive Systems” som behandlar olika aspekter av passiva säkerhetsfunktioner. En aspekt som bör betonas utöver de som framgår av WENRA-rapporten är att passiva säkerhetsfunktioner normalt utvärderas via försök som ska validera de beräkningsprogram och antaganden som dessa baseras på. En väsentlig del i myndighetsgranskning av en passiv säkerhetsfunktion består därför i att granska dessa via av leverantören genomförda försök samt hur de omsatts i anläggningens utformning och dess verifiering. ANItA C1 arbetar med detta.

²³ Reaktorinneslutningens volym i en torrinneslutning eller en inneslutning av pressure-suppression-typ bestäms inte primärt av reaktoreffekten.

Djupförsvär-Nivå 4

De befintliga svenska kärnkraftsreaktorerna har ett gemensamt sätt att hantera kraven kring djupförsvärnivå 4:

- I djupförsvärnivå 1 till 3 är strategin att så långt som praktiskt är möjligt förhindra nedsmältning av härden.
- I djupförsvärnivå 4 så accepteras/förutsätts nedsmältning av härden och att härdresterna smälter genom reaktortankens botten. Härdresterna hamnar i inneslutningen och golvets area tillsammans med andra åtgärder ska vara tillräckliga för att härdresterna ska nå ett stabilt sluttillstånd med vattentäckning. Resteffekten från härdresterna förs på lång sikt bort via ett system för filtrerad tryckavlastning (om inte andra system för resteffekt kylning är tillgängliga).

Strategi för djupförsvärnivå 4 innebär ett behov av en stor area under reaktortanken och det är rimligt att inte samma strategi är realiserbar för en SMR med den begränsade inneslutningsstorlek som ovan nämnda exempel har. Strategin ersätts därför troligen i SMR av ”in-vessel retention”²⁴.

Metoden med ”in-vessel retention” kan vara likvärdig med metod som valts i nuvarande verk för att uppfylla kraven kring djupförsvärnivå 4. Däremot har ”in-vessel retention” i begränsad omfattning studerats i Sverige rörande svåra haverier. Det faktum att ”in-vessel retention” inte tillämpats i Sverige och att SSM historiskt starkt förordat filtrerad tryckavlastning²⁵ gör att inför en etablering av SMR i Sverige kommer verksamhetsutövare och SSM sannolikt behöva undersöka huruvida de anser att ”in-vessel retention” kan motsvara kraven kring djupförsvärnivå 4. I vilken utsträckning metoden godkänns eller ej kommer påverka anläggningens utformning som helhet. Samtidigt finns det inte några krav i SSMFS 2021:4 eller SSMFS 2021:5 som förhindrar användning av passiva säkerhetsfunktioner eller ”in-vessel retention”, däremot vore det önskvärt med en tydlig vägledning kring hur SSM ser på olika strålsäkerhetsmodeller för att uppfylla kraven i deras föreskrifter. Alternativt kan detta hanteras via förhandsbesked för respektive reaktortyp.

Samarbeten kring strålsäkerhetsgranskningar

Att nationella myndigheter samarbetar kring strålsäkerhetsgranskningen av en ny reaktor ägde rum under 1970- och 1980-talet. Ofta ägde detta rum pga. att ett land saknade nödvändig

²⁴ ”In-vessel retention” innebär att visa att härdresterna kan stanna kvar i reaktortanken och förbli kylbara och att härdrester inte hamnar i reaktorinneslutningen.

²⁵ Regeringsbeslutet 1986 om villkor för fortsatt drift av Forsmark, Oskarshamn och Ringhals ställer krav på konsekvenslindrande system baserat på filtrerad tryckavlastning. Filtrerad tryckavlastning är inte en lika naturlig del av haverihanteringsstrategi med ”in-vessel retention” som med dagens svenska strategi för djupförsvärnivå 4. Filtrerad tryckavlastning i kombination med ”in-vessel retention” är inte uteslutet men kan begränsas av förmågan att motstå undertryck hos inneslutningen. Loviisa i Finland har t.ex. en haverihanteringsstrategi baserad på ”in-vessel retention” och inte filtrerad tryckavlastning då inneslutningen inte tål betydande undertryck.

kompetens för att genomföra granskningen själv. I Europa har det ägt rum på olika nivåer och genom exempelvis:

- Säkerställa att en reaktorleverans från USA skedde med en utformning som godkänts av NRC och att samma kvalitet och informationsöverföring till tillståndshavaren uppnåddes även i det aktuella landet. Detta angreppssätt tillämpades t.ex. historiskt i Spanien.
- Applicera den typ av angreppssätt som beskrivits tidigare för Ringhals 2–4 då Vattenfall anpassade anläggningens utformning.

Det finns industrier (t.ex. flygindustrin) där det ett flygplan godkänns av en eller flera internationella myndigheter, såsom ”European Union Aviation Safety Agency” (EASA). Ett plan som godkänts av EASA kan sedan köpas och användas av ett flygbolag inom EU.

Det finns idag flera internationella samarbeten, inklusive inom EU, mellan myndigheter men ingen strävan efter att införa ett ”överstatligt” godkännande av reaktorkonstruktioner. De nationella skillnaderna som finns mellan strålsäkerhetsmyndigheter, och övrig lagstiftning kring exempelvis planläggning, bygglov och brandsäkerhet, talar också mot en sådan ambition, samtidigt som utvecklingen av SMR talar för en sådan ambition.

Frågan är om SSM under gällande lagstiftning och förordningar formellt kan använda sig av de erfarenheter och kunskap som byggts upp under granskning av en SMR i ett annat land. En grundläggande komplikation med användningen av ett granskningsutlåtande från en annan nationell myndighet är om det föreligger betydande olikheter i kravbild kring strålsäkerhet. Samtidigt om samma SMR-koncept ska uppföras av två eller fler medlemsstater i EU borde det finnas goda grunder för djupa erfarenhetsutbyten mellan ländernas strålsäkerhetsmyndigheter. I och med det utmaningar som finns kring ”first-of-a-kind” är den här formen av samarbeten en möjlighet att korta ned tidsåtgången för en nationell granskning.

Det går inte att komma ifrån att vid en kommande etableringsprocess av SMR i Sverige kommer det finnas ett stort behov av kunskaps- och erfarenhetsinhämtande. Att SSM tar del av den tekniska granskningen från andra länder men fortfarande själva göra säkerhetsvärderingen för aktuell reaktortyp bör inte vara ett problem. Men att SSM helt eller delvis accepter strålsäkerhetsbedömningen av ett reaktor-koncept som motsvarande myndighet i ett annat land godkänt är idag inte möjligt. Det skulle sannolikt kräva ett djupgående samarbete mellan myndigheterna för att säkerställa att de har jämförbara granskningsprocesser och kravbilder för att kunna samgodkänna en anläggning. Frågan om eventuell gemensam myndighetsgranskning av strålsäkerheten för SMR, mellan exempelvis olika medlemsstater inom EU, är komplex och inte helt okontroversiell. Det finns samtidigt flera frågetecken, exempelvis går det att fråga sig i vilken utsträckning det skulle leda till en ansvarsförskjutning vid ett haveri?

I och med att SMR förutsätter en standard-design och endast små ändringar går att genomföra är frågan om harmonisering av strålsäkerhet och andra krav, kring t.ex. bygglov eller brandsäkerhet, viktig om SMR ska kunna etableras på ett tidseffektivt sätt.²⁶

²⁶ I princip gäller detsamma även för stora reaktorer, se exempelvis Barsebäck 2 och Oskarshamn 3. De dåliga erfarenheterna från byggande av generation-III i Europa och USA förklaras till en stor del av olika aspekter på ”first-of-a-kind”.

Slutsatser

Det övergripande syftet med denna rapport är utröna några av de utmaningar som införandet av SMR kommer få på strålsäkerhetsgranskningen och dess reglering.

SMR som ide utgår ifrån att kärnkraftverket utformas utifrån en standard-design och ändringar av olika koncept behöver därför vara begränsade. Hur detta går ihop sig med att olika länders strålsäkerhetsmyndigheter kan ställa olika krav är en utmaning som kommer behöva beaktas om iden ska bli verklighet.

Erfarenheter från stora generation-III projekt visar på vikten av att det finns en enighet mellan myndighet och verksamhetsutövare/anläggningsleverantör om hur anläggningen ska vara utformad för att kunna accepteras strålsäkerhetsmässigt av myndigheten. Om det krävs ändringar av en standarddesign kommer det medföra förseningar och kostnadsökningar, särskilt om detta inte påtalas tidigt i processen. Detta betyder att anläggningsbeskrivningen i tillståndsansökan sannolikt måste vara detaljerad. Det är därför centralt att det är tydligt vad strålsäkerhetskraven ger för konsekvens för verksamhetsutövaren/leverantören när de tar fram sin tillståndsansökan avseende innehåll, omfattning och detaljnivå. Då det inte finns praxis från tidigare prövningar är det rimligt att SSM vägleder verksamhetsutövaren i hur redovisningen ska utformas och i centrala tolkningsfrågor.

I de fall det går att göra ändringar behöver leverantören av SMR tidigt veta vilka krav som standardutformningen inte lever upp till. Det måste därför finnas en modell för förhandsbesked i vissa centrala frågor och i vissa länder finns det processmodeller för detta, men inte i Sverige. Det är inte orimligt att tänka sig en reglering i Sverige där SSM ger någon form av tidigt besked kring utformningen av en anläggning för att ge verksamhetsutövaren och leverantören en viss trygghet i att konceptet inte kommer förkastas fullständigt utifrån strålsäkerhetsaspekter.

Strålsäkerhetsgranskningar tar tid. Men i och med iden om en standard-design öppnar det upp sig för samarbeten mellan nationella strålsäkerhetsmyndigheter som tillsammans kan granska olika koncept när de aktualiseras i något av de länder som ingår i samarbetet. Även om detta i vissa avseenden historiskt har ägt rum och har påbörjats inom EU får det utifrån ett svenskt perspektiv anses vara osannolikt att detta i dagsläget ensamt kan utgöra basen för ett godkännande från SSM. Samtidigt kan detta visa sig vara nödvändigt för att SMR inte ska fastna i långdragna nationella strålsäkerhetsgranskningar.

Några andra utmaningar som traditionella ansatser kring strålsäkerhetsgranskning kommer att möta är om det ansöks om att etablera en eller flera SMR på nya former av anläggningsplatser och i vissa fall ha andra användningsområden än att producera elkraft. SSM-föreskrifter bedöms inte fullt anpassade för en sådan utveckling.