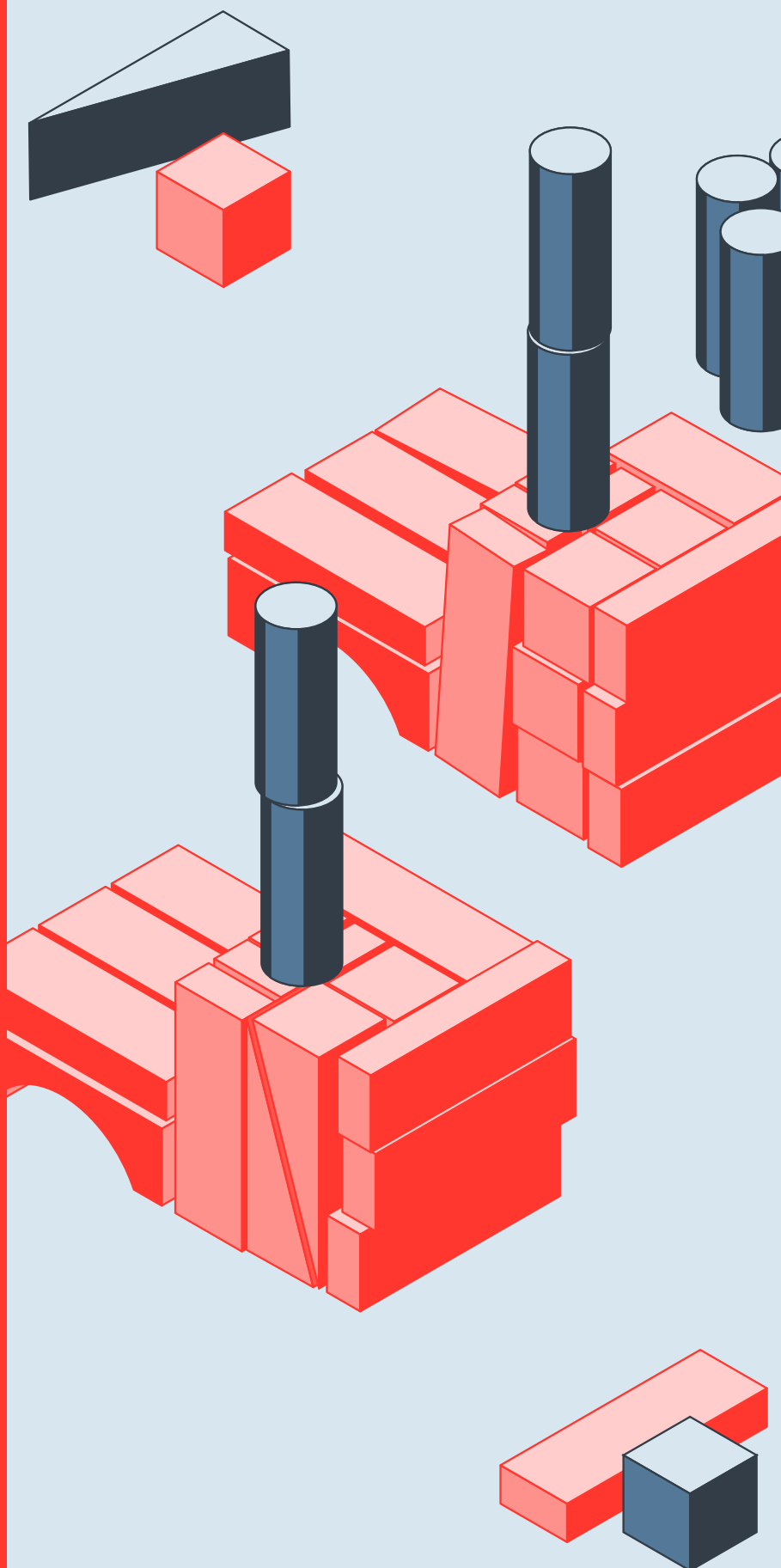


# Små modulära reaktorer

- En framtidsprognos  
för industri och  
samhälle



# Inledning

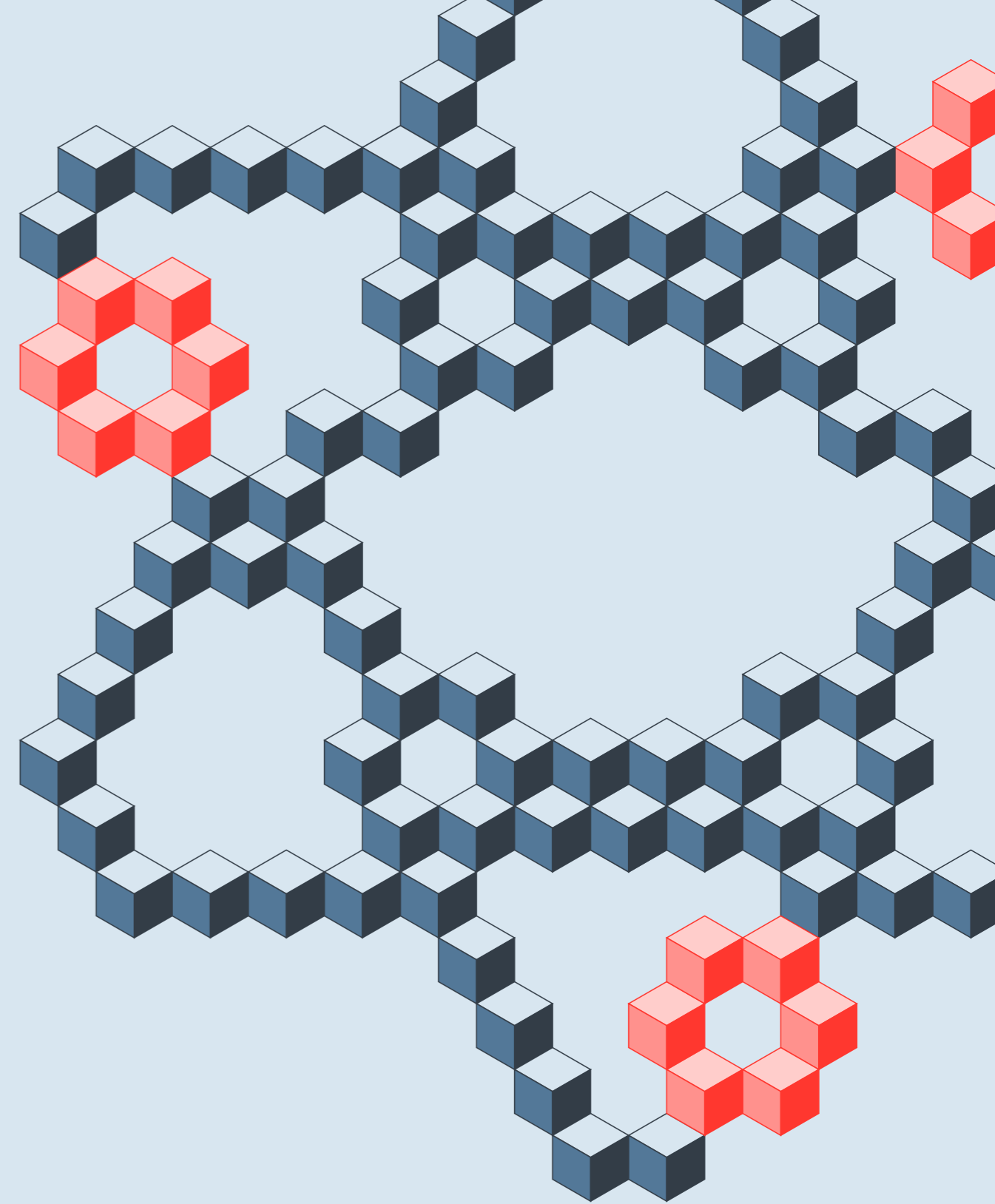
Små modulära reaktorer, så kallade SMR, har under senare år väckt stort intresse både i Sverige och internationellt. Det talas om att intresset för ny kärnkraft inte har varit så här stort sedan kärnkraftens begynnelse för cirka 60 år sedan. Länder som USA, Kanada, Kina, Japan, Sydkorea, Storbritannien, Frankrike och flertal övriga europeiska länder har tydligt uttryckt att de vill se SMR som en del av den framtida energimixen. Det kommer också allt fler signaler från instanser som IPCC, IEA och EU att kärnkraften har en roll att spela. Även i Sverige har opinionen vänt och stort hopp sätts till de små modulära reaktorerna. Men mycket återstår innan ny kärnkraft kan byggas i Sverige, det är fortsatt många osäkra faktorer. Inte minst kring långsiktigheten i inriktning och beslut som nu tas. Bakgrunden till det förnyade intresset för elproduktion i allmänhet och kärnkraft i synnerhet ligger i de prognoser för framtida elanvändning som på senare år bara fortsatt att stiga. Idag pratar vi om en fördubbling av behovet till 2045. Det är framför allt de stora satsningarna på omställningen inom industri- och transportsektorn som driver på och för att nå de högt satta utsläppsmål som vi som land har satt krävs krafttag vad gäller utbyggnaden av elsystemet. Det är de flesta överens om. Samtidigt behöver stora delar av svensk elproduktion rustas upp. Faktum är att slutet av den tekniska livslängden för svensk vattenkraft, kärnkraft, kraftvärme och vindkraft sammanfaller under perioden 2045–2060. Kompetensfrågan kommer bli oerhört viktig. Redan idag är det stor konkurrens om personal

med rätt kompetens, en fråga som kommer bli allt svårare att lösa när stora delar av världen står inför samma faktum.

Vi står inför en stor utmaning som land och vi i energibranschen är dedikerade att vara en del av lösningen. SMR är inte lösningen på alla våra problem, men tillsammans med andra fossilfria kraftslag och tekniker kan det vara en pusselbit i ett större system. När de politiska vindarna viner och längtan efter enkla lösningar är stor är det lätt att vi tvingas till förenklade resonemang. Därför vill vi dela med oss av den kunskap som vi som teknikkonsulter i en global värld har. I denna rapport har vi samlat vår expertis kring SMR, men också kring andra relevanta tekniker så som livstidsförlängning, och effekthöjning i befintliga svenska kärnkraftverk, nya stora GenIII- och GenIV-reaktorer samt fusion. Vi har dessutom kartlagt användningsområden både i samhället och för industrin. I rapporten presenteras två framtidsscenarioer för teknikens potentiella utveckling i Sverige. Vilka risker och möjligheter ser vi? Och vilka råd kan vi ge till nya aktörer och investerare? Välkommen att ta del av vår analys.



**Anna Nordling**  
Energiexpert WSP



# Alternativ för framtida kärnkraftsproduktion i det svenska el- och energisystemet

Vad finns det då för olika alternativ när det gäller framtida kärnkraft i det svenska elsystemet? Utöver SMR som behandlas mer detaljerat i denna rapport har WSP identifierat och undersökt fem olika alternativ inom kärntekniken som alla bygger på olika teknologier och tidshorisonter.

## Livstidsförlängning (LTO) av befintliga kärnkraftsreaktorer

Livstidsförlängning eller långtidsdrift (LTO – Long-term operation) av kärnkraftsreaktorer innebär att en förlängning av den ursprungliga avsedda tekniska livslängden åstadkoms. Detta görs typiskt genom att kartlägga status på kritiska komponenter i anläggningen och utifrån det genomföra nödvändiga åtgärder enligt rådande säkerhetskrav. Typiska komponenter och system som är kritiska ur ett åldringsperspektiv och kan behöva bytas ut för att möjliggöra en säker LTO utgörs t.ex. av reaktortankens interndelar, ånggeneratorer och kablar i reaktorns inneslutning.

Vattenfall AB, som är majoritetsägare i fem av Sveriges sex aktiva kärnkraftsreaktorer (Forsmark 1 – 3, Ringhals 3 & 4), har kommunicerat att de planerar för drift av dessa reaktorer i upp till 60 år, dvs. fram till åren 2040-2045. Dessutom har Vattenfall gett uttryck för att undersöka möjligheten att kunna driva anläggningarna på ett säkert sätt i upp till 80 år, dvs. fram till åren 2060-2065. Liknande utredningar genomförs bl.a. av ett antal reaktorägare i USA. Även Uniper SE som är majoritetsägare av Oskarshamn 3 genom sitt svenska dotterbolag Sydkraft Nuclear AB har kommunicerat att Oskarshamn 3 med nya investeringar skulle kunna fortsätta drivas säkert i ytterligare 20 år utöver den för närvarande planerade drifttiden fram till år 2045.<sup>1</sup>

## SMR – Små Modulära Reaktorer

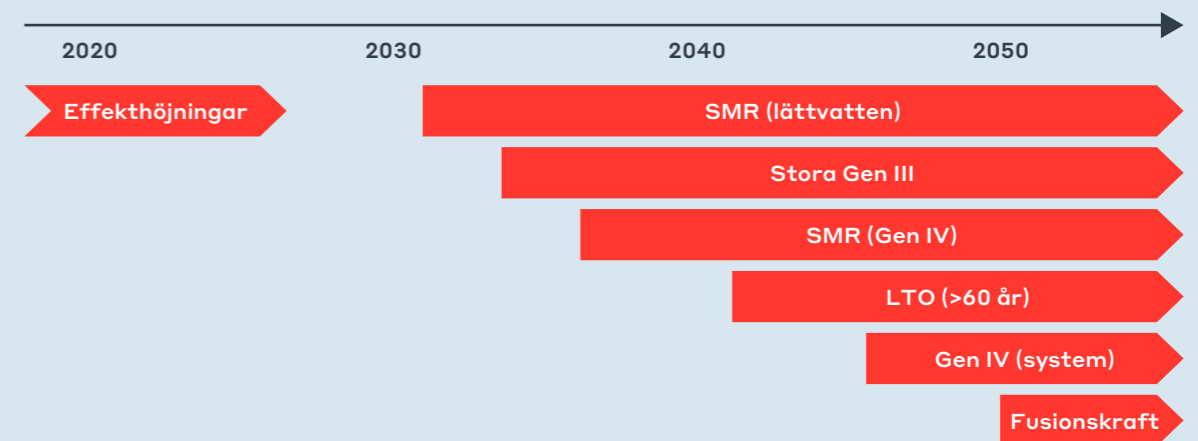
Små modulära reaktorer (SMR) är ett namn på småskaliga, fabriksstillverkade kärnreaktorer med en modulär design och en elektrisk effekt under 300 MW. Den huvudsakliga fördelen med SMR och anledningen till att de har fått ökad uppmärksamhet som en lovande framtida kärnteknik är att de på grund av sin storlek har möjlighet att standardiseras och produceras i fabriker vilket avsevärt sänker kostnaderna och investeringsrisken. Flera byggnadsprojekt av stora reaktorer under 2000-talet har visat långa förseningar och ökade kostnader, vilket har ökat intresse för SMR som koncept och verktyg för att minska kostnader och byggtid. Avancerade SMR inom fjärde generationens kärnkraft (se bild nedan) har potential att medföra ytterligare tekniska och kommersiella fördelar. Resterande delar av rapporten beskriver SMR mer ingående.

## Ytterligare effekthöjning av befintliga reaktorer

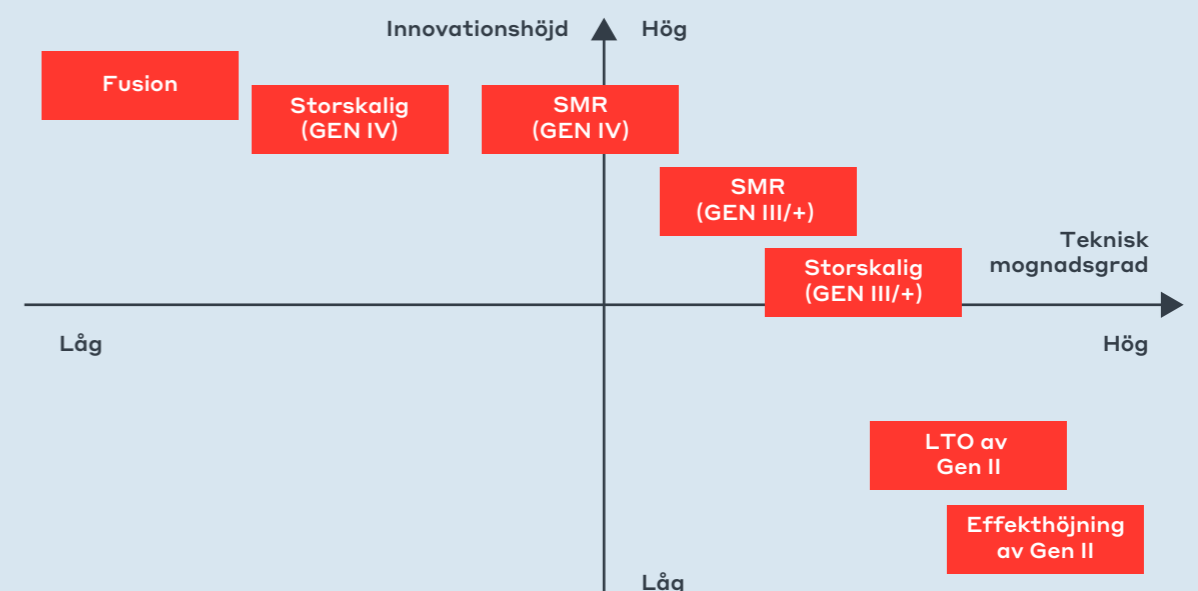
Effekthöjning av befintliga reaktorer är ett effektivt verktyg för att relativt snabbt kunna öka kraftproduktionen. Potentialen är dock begränsad då de flesta av Sveriges nuvarande reaktorer redan genomgått effekthöjningar. De effekthöjningar som genomförts sedan start av nuvarande reaktorer i drift har gett en total adderad elektrisk effekt på ca 1600 MW. Det motsvarar mer än bortfallet till följd av de två avvecklade reaktorerna i Barsebäck.

Även om den största potentialen i effekthöjningar redan är utnyttjad så finns det fortfarande en del outnyttjad potential kvar. Vattenfall har fått tillstånd för provdrift med högre effekt av F1 med 100 MWe. Höjningen kommer att ske under senare del av 2022 och

## Exempel på hur olika typer av kärnkraftsrelaterade åtgärder och teknik kan introduceras i Sverige fram till 2060



## Innovationshöjd och teknisk mognadsgrad för olika kärnkraftsalternativ



under 2023. Enligt Vattenfall har också reaktor F3 potential till en effekthöjning på 150 MWe. Detta är enligt Vattenfall dock aktuellt först om ett par år eftersom det krävs både tillstånd och investeringar innan höjningen kan möjliggöras. I övriga svenska reaktorer är potentialen till ytterligare höjning begränsad. Möjligen kan mindre höjningar åstadkommas, men i dagsläget finns inga kommunicerade planer för detta från ägarna.<sup>2</sup>

### Ny storskalig kärnkraft (Gen III/III+)

Generation III och III+ utgörs av de typer av reaktorer som baseras på konventionella lättvattenreaktorer (Generation II) och som har vidareutvecklats vad gäller säkerhet, effektivitet, och ekonomi. Typiskt för generation III och III+ är att de har en enklare och mer standardiserad design jämfört med sina föregångare. Den avsedda tekniska livslängden är också längre, runt 60 år jämfört med 40 år för befintliga reaktorer av typen generation II. De reaktorer som byggs i världen idag hör typiskt till generation III/III+. Storskaliga reaktorer i detta sammanhang definieras vi som reaktorer med en elektrisk uteffekt på över 1 GW.

### Stora reaktorer av Generation IV-typ (sluten bränslecykel)

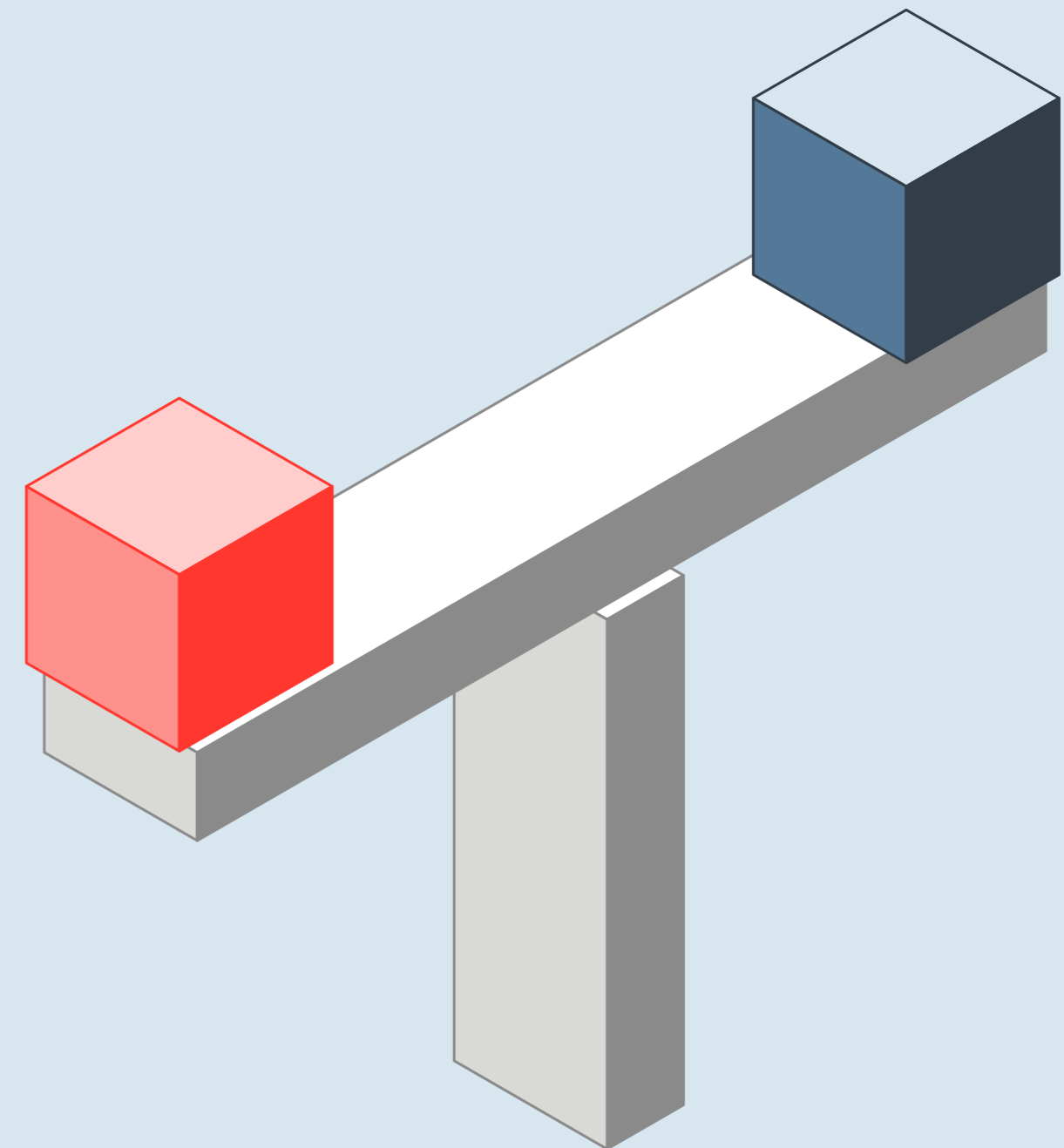
Generation IV är ett samlingsbegrepp för olika typer av (framtida) kärnenergisystem. Generation IV International Forum (GIF) har fastställt åtta mål inom de fyra områdena hållbarhet, ekonomi, säkerhet och tillförlitlighet, och ickespridning och fysisk säkerhet som dessa kärnenergisystem behöver uppnå. Genom att uppfylla dessa mål ska kärnenergisystem av Generation IV vara mer fördelaktiga i flera aspekter jämfört med dagens konventionella lättvattenreaktorer. För att kunna uppfylla målen ovan är många av reaktorerna inom generation IV av typen snabbreaktorer (snabba neutroner) och syftar till att användas för att uppnå en så kallad sluten bränslecykel, dvs. bättre utnyttjande av kärnämnet. Genom att utnyttja så kallad bridning i reaktorerna kan en större andel av energiinnehållet i bränslet utnyttjas då isotoper som i en lättvattenreaktor ej är klyvbara kan göras om till klyvbara isotoper. En sluten bränslecykel innebär att mängden långlivat kärnavfall i det använda bränslet kan reduceras avsevärt samtidigt som behovet av uranbrytning elimineras. För att uppfylla dessa fördelar och fullt utnyttja potentialen i fjärde generationens kärnkraft

krävs ett system av både snabbreaktorer och anläggningar för upparbetning eller återvinning av använt kärnbränsle. Det finns inget system av Generation IV-typ i drift i världen idag, och så länge tillgången är god och priset lågt för jungfruligt uran finns det få incitament till sådana stora investeringar.<sup>3</sup>

### Kärnfusionskraftverk

Fusion är motsatsen till fission, vilket innebär att atomer kolliderar och bildar en tyngre atom samt att energi frigörs. Solen är ett vardagsexempel där fusionsprocessen pågår hela tiden, vilket ligger till grund för att det finns liv på jorden idag. Solen utnyttjar sin stora massa för att möjliggöra att en fusionprocess äger rum, men på jorden har vi inte den fördelen att dra nytta av. Att återskapa förhållanden på jorden som tillåter en stabil och reglerbar fusionsprocess innebär bl.a. att över 150 miljoner °C måste användas. I nuläget finns denna teknik ej tillgänglig kommersiellt, men storskalig forskning bedrivs på flera platser världen över. Forskningen som bedrivs utförs ofta i större samarbeten mellan olika länder och befinner sig för tillfället på ett utvecklat experimentellt stadi. Anledningen till att så många länder är intresserade och engagerade inom utvecklingen av fusionsreaktorer är i grunden simpel, energipotentialen är mycket hög, de negativa effekterna är små samt energibehovet förväntas kunna mötas av fusionsreaktor i flera miljoner år framöver.<sup>4</sup>

I nuläget finns flertalet pågående projekt och experimentella fusionsreaktorer i drift. Byggnationen av fusionsreaktorn ITER pågår just nu och är ett samarbete mellan 35 nationer som tillsammans innehar 85% av världens GDP. ITER är det stora projektet där forskarvärlden hoppas kunna lösa de kvarvarande problemen för att därefter kunna bygga en DEMO-reaktor, d.v.s. den första fungerande fusionsreaktorn där nettoenergi genereras i operativ drift. Olika länder har varierande tidskalor för realisering av en DEMO-reaktor, men konsensus inom forskarvärlden är att en sådan reaktor kan vara byggd och i drift år 2050.<sup>4</sup>



<sup>2</sup> <https://www.montelnews.com/se/news/1323373/mjligt-med-effekthojningar-p%C3%A5-100-tals-mw-i-reaktorerna>  
<https://group.vattenfall.com/se/nyheter-och-press/pressmeddelanden/2022/gront-ljus-for-forsmark-1-att-hoja-effekten>  
<https://group.vattenfall.com/se/nyheter-och-press/pressmeddelanden/2022/vattenfall-redo-for-effekthojning-av-karnkraftsreaktorn-forsmark-1>  
<https://world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-o-s/sweden.aspx>

<sup>3</sup> FJÄRDE GENERATIONENS KÄRNKRAFT, Energiforsk 2016  
[https://www.gen-4.org/gif/jcms/c\\_9502/generation-iv-goals](https://www.gen-4.org/gif/jcms/c_9502/generation-iv-goals)

<sup>4</sup> (IAEA, IAEA Bulletin: Fusion Energy, 2021, Vol. 62-2, Hämtad från: Fusion Energy | IAEA)

# 1. Definition av SMR- tekniken och SMR som koncept och affärsmodell

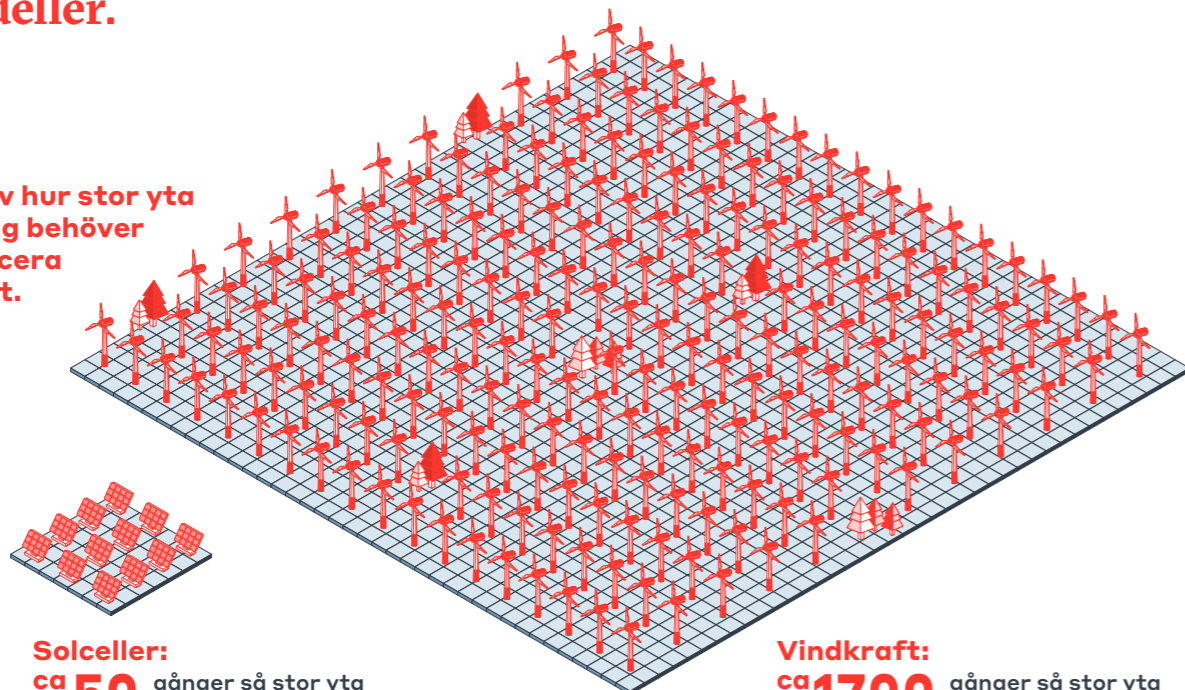
**SMR (Små Modulära Reaktorer) är en kategori av kärnreaktorer vilka i jämförelse med dagens stora konventionella reaktorer karakteriseras av bland annat mindre storlek, standardiserade och serietillverkade enheter samt nya användningsområden och affärsmodeller.**

**Gemensamma nämnare för SMR är att de är:**

- relativt små i storlek i förhållande till konventionella stora reaktorer.
- applicerar någon form av modulär design eller standardisering,
- utnyttjar fission, dvs kärnklyvning, för att generera värme.

Den officiella definitionen av en SMR är att de ska ha en elektrisk uteffekt på maximalt 300 MW. Trots det finns modeller under utveckling som är större. I övrigt är SMR-begreppet mycket brett och rymmer en stor variation av reaktorer, bland annat avseende storlek, reaktorteknik, typ av kylmedel, tillverknings-

Jämförelse av hur stor yta olika kraftslag behöver för att producera samma effekt.



**Kärnkraft:**  
**1**

**Solceller:**  
**ca 50** gånger så stor yta som för kärnkraft

**Vindkraft:**  
**ca 1700** gånger så stor yta som för kärnkraft

och byggnationsmetoder med mera. Tack vare sin mindre storlek förväntas större delar av SMR-enheterna kunna standardiseras och serietillverkas i fabriksmiljö för att sedan transporteras till den slutliga förläggningsplatsen i sin helhet eller i större moduler. Den mindre storleken möjliggör också att de skulle kunna uppföras på fler platser än stora reaktorer, t.ex. avseende tillgång till kylvatten, vilket öppnar möjligheter för nya användningsområden och marknader. Potentialen i att kunna nå nya användningsområden och marknader har lett till att det utkristalliserats flera olika segment av SMR. Det finns bland annat SMR-typer som utvecklas för marina applikationer som framdrift i fartyg, för applikationer off-grid eller för enbart värmeproduktion. Ett segment av SMR som riktar sig mot applikationer off-grid, t.ex. i fartyg,

är så kallade micro-reaktorer. Dessa har en elektrisk uteffekt på under 10 MW.

Avseende säkerhet för olyckor nyttjar SMR olika former av passiva och inbyggda säkerhetssystem i sin design. Detta innebär bland annat att säkerhetssystemen i händelse av en olycka kan kontrollera reaktorn helt utan operatörsåtgärder eller extern kraftsörjning. Säkerheten mot yttre hot förväntas också ökas med SMR tack vare möjligheten till placering av reaktorn helt eller delvis under mark.

**Något förenklat kan SMR delas upp i två huvudkategorier:**

#### Konventionell SMR

SMR baserade på lättvattenteknik, så kallad konventionell reaktorteknik. Eftersom dessa baseras på beprövade reaktorteknologier har de en relativt hög teknisk mognadsgrad och bedöms kunna kommersialiseras redan under andra halvan av 2020-talet. De planeras huvudsakligen användas till elproduktion samt applikationer för lågtempererad värme, så som fjärrvärme eller avsaltning.

#### Avancerad SMR

Avancerade SMR, baserade på innovativa reaktorteknologier hemmahörande inom kärnkraftens fjärde generation (Gen IV). Dessa reaktorer kyls typiskt med andra medel än vatten, så som t.ex. flytande metaller, gaser, eller smält salt. Detta gör att de bland annat kan uppnå betydligt högre temperaturer än reaktorer av lättvattenteknik vilket gör dem lämpliga för t.ex. vätgasproduktion eller processvärme till industrier. De är generellt sett både tekniskt och kommersiellt mindre beprövade än lättvattenteknologin. På sikt har de även möjlighet kunna användas för att återanvända använt kärnbränsle. Detta kräver dock ett system med upparbetning/återvinning av använt kärnbränsle.

## Global utblick på utvecklingen av SMR

Över 90 unika SMR-projekt håller för närvarande på att utvecklas runtom i världen i olika skeden. Ett par finns redan i drift idag eller håller på att byggas medan andra endast existerar på ritbordet. Många av de SMR-modeller som utvecklas är ofta utformade kring en viss tilltänkt marknad eller användningsområde vilket kan vara både på nationell och internationell nivå.

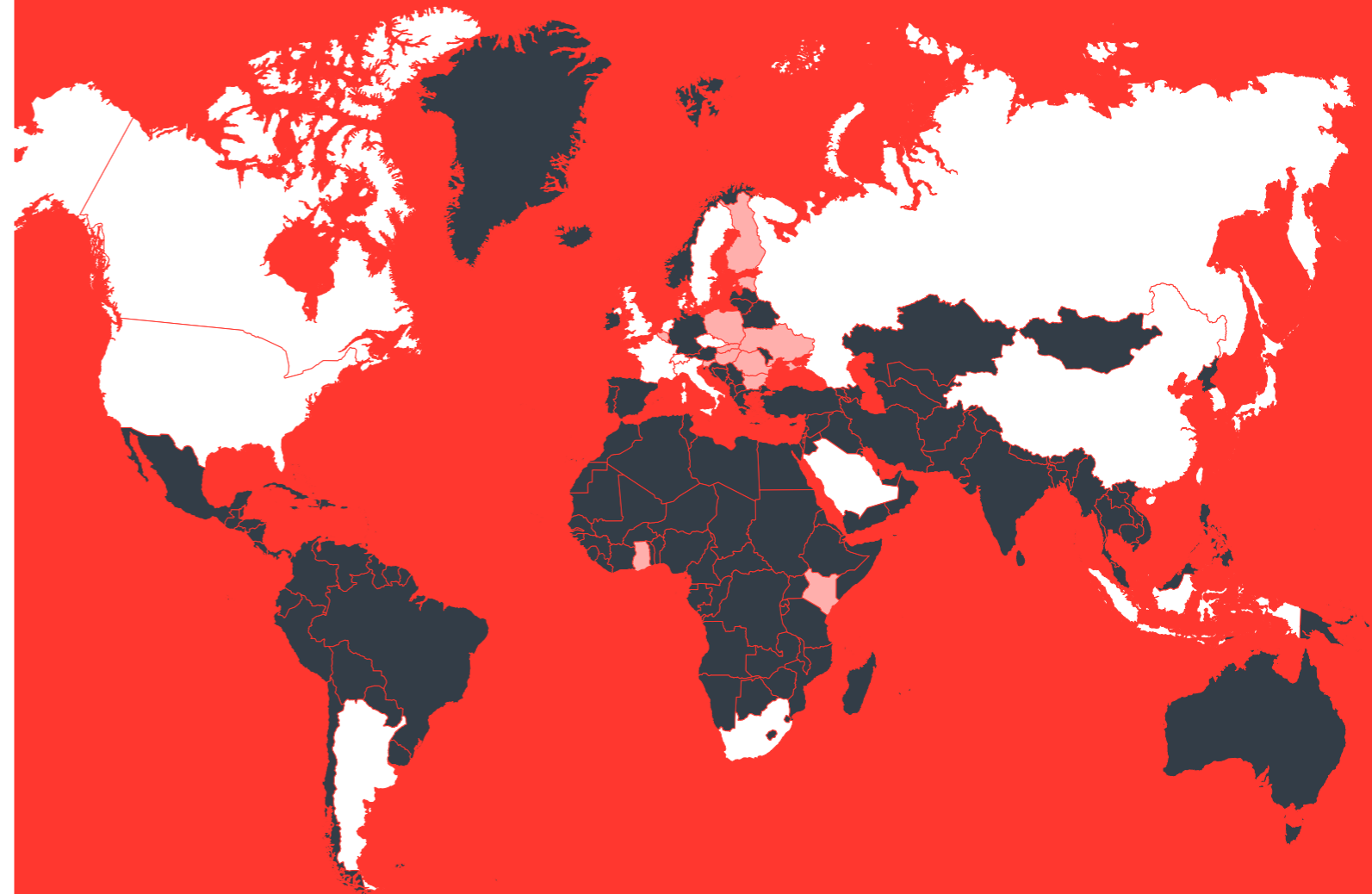
Detta är en stor anledning till den stora variation i design och utformning av de koncept som idag utvecklas och ryms under SMR-begreppet. Reaktorerna utvecklas både av etablerade företag inom kärnkraftsbranschen, såväl som uppstickare och startup-bolag, forskningsinstitutioner och universitet runt om i världen. Några av de största utvecklarna och de som också har kommit längst på vägen mot kommersialisering är GE Hitachi, NuScale och Rolls Royce SMR.

Utvecklingen av SMR-enheter är spridd över stora delar av världen. De länder som är ledande i utvecklingen är i hög grad desamma som historiskt varit stora kärnkraftsnationer, så som USA, Ryssland och Storbritannien. Även Kanada och Kina är nationer som satsar stort på SMR-tekniken. Flertal nationer som historiskt inte varit kärnkraftsnationer har även på senare tid intresserat sig för tekniken.

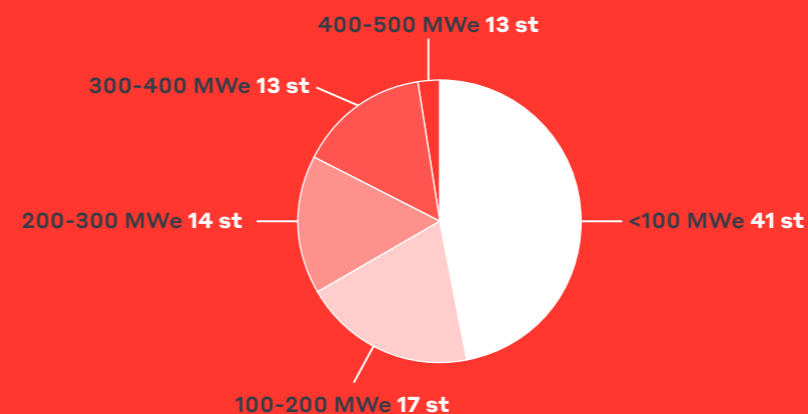
En av de många uttalade fördelarna med SMR är att de kräver färre resurser för att implementera jämfört med stora reaktorer. Det handlar både om investeringskapitalet i sig men också om lägre krav på kompetens, personalbehov, och leverantörer. När uppförande och drift av reaktorläggningen kräver färre resurser innebär det att fler länder har möjlighet att kunna investera. Att länder som tidigare i princip saknat kommersiell kärnteknisk erfarenhet nu väljer att ge sig in i branschen är ett tecken på att barriären för investeringar i kärnkraft har sänkts i och med utvecklingen av SMR. Att länder utan kärnteknisk erfarenhet potentiellt väljer att investera medför också utmaningar, t.ex. när det gäller kärntekniska regelverk och system för hantering av kärnavfall som i dessa fall behöver byggas upp från grunden.

## Geografisk spridning av SMR

- Länder som har aktörer som utvecklar SMR
- Länder där aktörer (offentliga eller privata) har uttryckt intention om att uppföra SMR



### Storlek

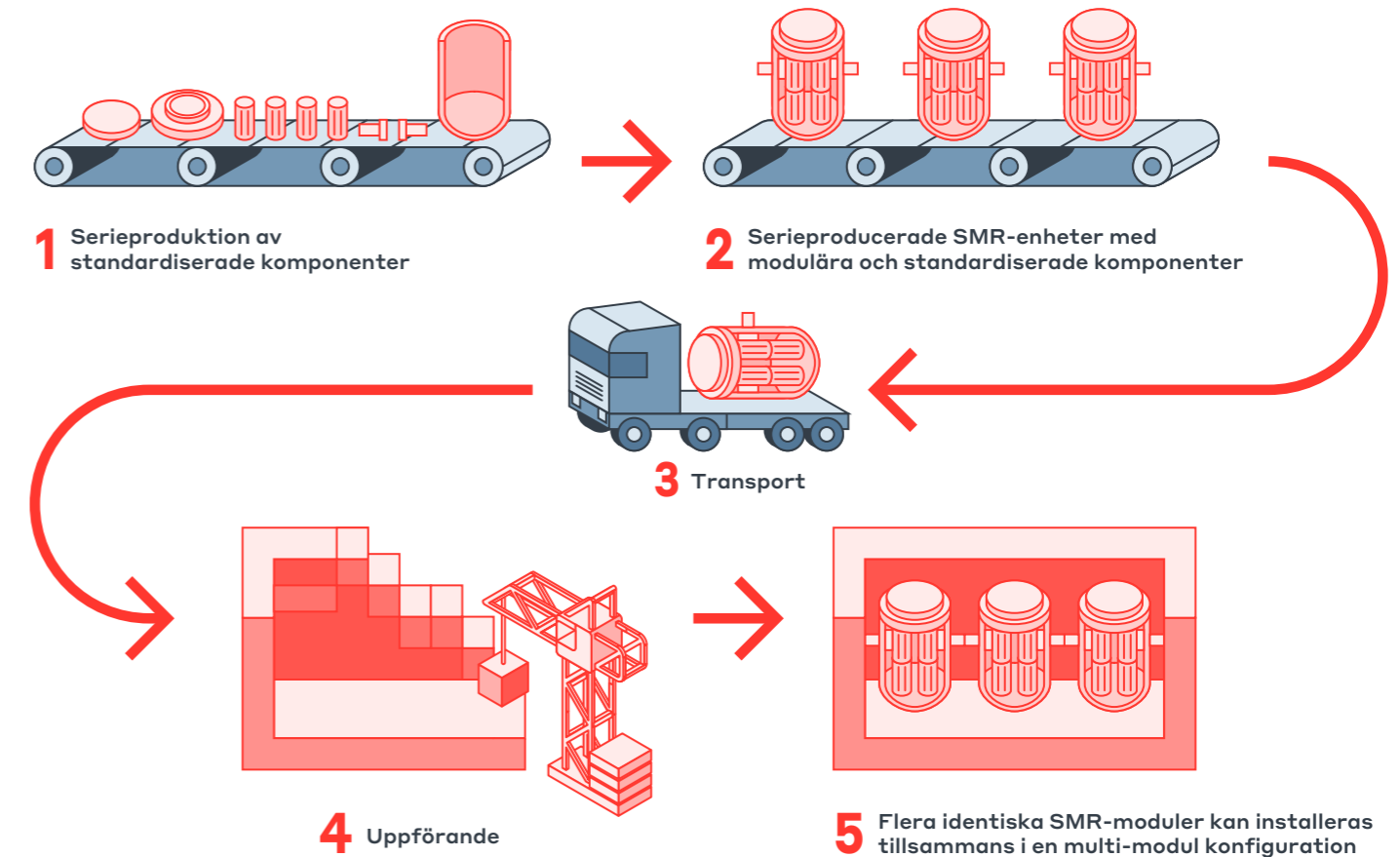


### Projektstatus

Tidig utveckling	56 st
Avancerad utveckling	20 st
Konstruktion	3 st
Testanläggning i drift	2 st
I drift	6 st

### Tekniker

Vattenkylda reaktorer	28 st
Gaskylda reaktorer	16 st
Snabbreaktorer	16 st
Saltsmältreaktorer	13 st
Micro-SMR	8 st
Vattenkylda reaktorer för marina applikationer	7 st
Tungvattenreaktorer	3 st



## Fördjupning kring SMR-tekniken

För att illustrera fördelarna med SMR väljer vi här att lyfta fram och belysa några av de tekniska egenskaper och karakteristika som ligger bakom de fördelar som tekniken innebär.

### Passiv säkerhet

De flesta SMR är utformade för att vara kompakta i syfte att möjliggöra snabbare konstruktion och uppförande. Faktum är att den mindre storleken också medför säkerhetsfördelar eftersom reaktorerna producerar mindre resteffekt som måste kylas bort. Kylningen kan också i högre grad ske passivt till omgivningen, jämfört med större reaktorer. Då kan reaktorerna göras naturligt säkra.

Passiva säkerhetssystem förlitar sig i större utsträckning på naturliga krafter, som naturlig konvektion och cirkulation. Detta jämfört med aktiva säkerhetssystem, som förlitar sig på extern kraftförsörjning eller någon signal för att till exempel pumpa kylmedel. Passiva säkerhetssystem är mer tillförlitliga och robusta, men samtidigt är de naturliga krafterna generellt svaga. Definitionen av passiva och aktiva säkerhetssystem kan skilja något mellan olika länder och regelverk. Till exempel delar IAEA upp nivån av passivitet i säkerhetssystem i fyra grader, från A till D, medan amerikanska regelverk tydligt specificerar vilka komponenter som är passiva (t.ex. rör och fasta komponenter) och vilka som är aktiva (t.ex. pumpar och ventiler).

### Modularitet och standardisering

Modulär design är en etablerad designprincip inom många delar av tillverkningsindustrin. Inom t.ex. tillverkning av stora och komplexa produkter så som flygplan och fartyg har metodiken använts länge. Modularitet bygger på att produkten under design- och tillverkningsfasen delas upp i mindre delar eller delsystem med ett definierat gränssnitt mot varandra. Systemen eller delarna kan sedan givet definierat gränssnitt självständigt modifieras, ersättas eller bytas ut mot andra moduler eller mellan olika system.

Standardisering bygger på att slutprodukten serieproduceras i exakta kopior samt att dess komponenter till största del utgörs av delar som tillverkas i stora volymer och därmed till lägre kostnad.

Historiskt har stora reaktormodeller i regel byggts på plats, i små volymer och anpassats för varje projekt. För att utnyttja fördelarna med modularisering och standardisering krävs det i regel att produkten tillverkas i fabriksmiljö i relativt stora volymer, något som förväntas vara möjligt med SMR. En av de större förväntade fördelarna med standardiserade enheter är att det ska leda till kortare tillståndsprocesser med hjälp

av så kallade typgodkännanden. Efter att den första SMR-enheten av en viss typ har genomgått tillståndsprocessen, kan sedan efterföljande reaktorer av samma typ genomgå en kortare och mer översiktlig tillståndsprocess.

Inom SMR-konceptet handlar det primärt om två aspekter av modularitet och standardisering:

- Modularisering och standardisering av reaktorns komponenter, t.ex. reaktortank, ånggeneratorer, kylsystem, med mera. Kraftiga kostnadsreduceringar kan ske om dessa komponenter serietillverkas och används på alla SMR-enheter av en viss typ.
- Modularisering av hela SMR-enheter. Dessa kan i sig sammankopplas med fler likadana SMR-enheter för att tillsammans bilda ett större kraftverk. På detta sätt kan storleken på kraftverket anpassas efter ett ökat eller minskat behov över tid. Risker med att satsa hela investeringen på en gång i ett stort kärnkraftverk kan därför begränsas.

### Flexibilitet

SMR-konceptet har potential till ökad flexibilitet i flera olika aspekter, något som kan innebära att reaktorerna tar nya roller och funktioner i energisystemet, roller som kärnkraftsreaktorer typiskt inte har förknippats med i någon större utsträckning tidigare.

### Flexibel investering och anpassningsbar anläggningsstorlek

Ett SMR-kraftverk kan anpassas i storlek (produktion) över tid genom att lägga till eller ta bort SMR-moduler. Detta kan vara mycket användbart i ett energisystem under förändring eller där framtiden är osvis. En potentiell investerare behöver inte satsa allt på ett stort kärnkraftverk direkt och låsa in sig, utan kan istället göra en mindre satsning initialt för att sedan öka eller minska beroende på behov.

### Flexibel drift

Många SMR-typer förväntas kunna drivas på ett mer flexibelt sätt jämfört med den storskaliga konventionella kärnkraften. Möjligheten som de avancerade SMR-typerna erbjuder gällande att kunna producera processvärme öppnar upp för en mängd tänkbara applikationer bortom enbart elproduktion. Ett flertal SMR-modeller förväntas ha möjligheten att reglera sin uteffekt inom tidsperspektiv från minuter och uppåt. Tre av de mer framstående SMR-koncepten under utveckling, GE Hitachi BWRX-300, NuScale VOYGR och Rolls-Royce SMR förväntas alla kunna åstadkomma effektregering.

Detta betyder att de skulle kunna användas i anslutning till intermittent kraftproduktion så som t.ex. solceller eller en vindkraftspark för att kompensera för den varierande produktionen. Ett annat möjligt tillämpningsområde är i en industriprocess med varierande energibehov över timmar, dagar eller veckor. Regleringen kan åstadkommas inte enbart genom att justera reaktorns termiska effekt. I kortare tidsperspektiv kan t.ex. ånga ledas förbi turbinen direkt till kondensorn för momentan produktionsreglering.<sup>5</sup>

### Flexibilitet vad gäller möjliga lokaliseringsplatser

SMR kan tack vare den mindre fysiska storleken och den lägre uteffekten lämpa sig att installeras på fler tänkbara platser än storskaliga konventionella reaktorer. Ett antal krav på en potentiell förlägningsplats är lägre ställda än för stora kärnkraftsreaktorer, t.ex. tillgång till nödvändig mängd kylvatten eller tillgänglighet för stora transporter. Beredskapszonen för SMR är också mindre vilket gör det lättare att kunna utnyttja värmeproduktionen då reaktorerna kan förläggas närmare förbrukaren.

Möjligheten till att kunna producera högt tempererad värme i nära anslutning till slutanvändare öppnar upp för en mängd tänkbara applikationer bortom enbart elproduktion.



## 2. SMR-tekniakens potentiella roll i Sverige

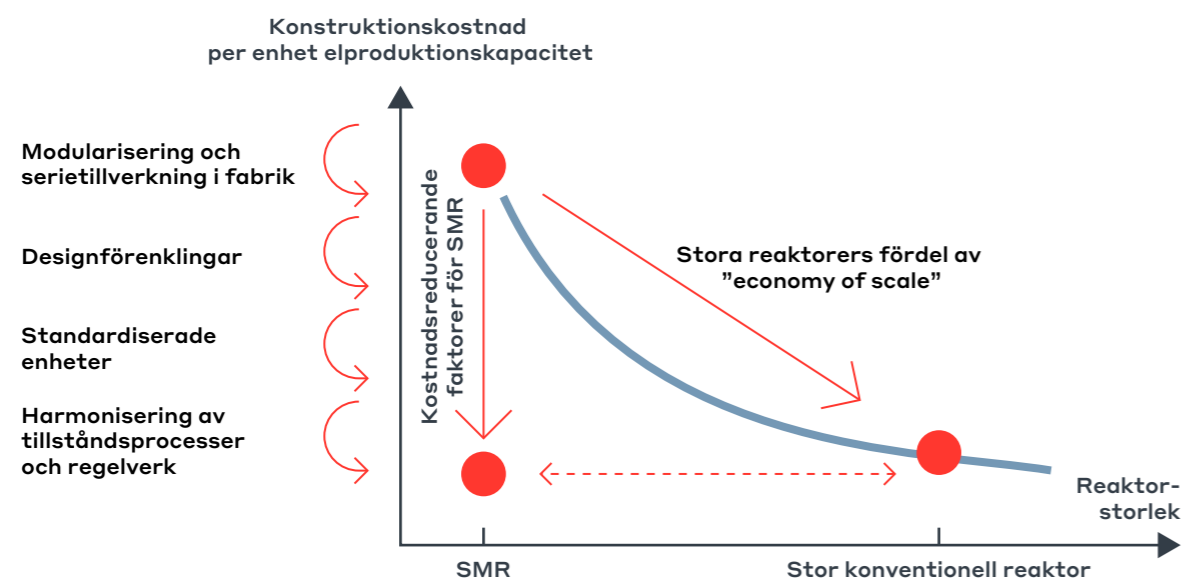
### Vilken roll skulle SMR kunna ha, med sina tekniska och kommersiella egenskaper, i Sveriges framtida energisystem?

Den kanske viktigaste rollen som SMR kan spela i Sverige utgörs av tillförandet av planerbar elproduktion, och i synnerhet i de delar av landet där det behövs som mest. På så vis kan elförsörjningen säkras på sikt samt elsystemet i sin helhet balanseras och förstärkas, vilket också gynnar utbyggnaden av andra kraftkällor samt överföringskapaciteten.

Bortom enbart elproduktion har SMR även potential att fylla en annan roll. Det handlar om användningsområden kopplade till värme. Vi ger här exempel på några användningsområden för SMR i det svenska energisystemet bortom enbart elproduktion.

**Ekonomi och marknad för SMR**  
SMR kan komma att förändra den traditionella affärsmodellen inom kärnkraftsindustrin. Bland annat kan SMR medföra att flera aktörer har möjlighet att involvera sig i investeringar inom ny kärnkraft, detta då investeringskostnaderna ligger i en lägre storleksordning. Som det ser ut idag i Sverige är det endast de två befintliga kärnkraftsägarna som i praktiken har möjlighet att investera i ny kärnkraft. Dels p.g.a. begränsningen i miljöbalken vad gäller plats och antal, men även med tanke på de stora investeringskostnader som stora konventionella

### Jämförelse mellan kostnaden för SMR och storskalig konventionell kärnkraft



reaktorer innebär. SMR har möjlighet att flytta investeringsbeslut från stora statliga energibolag till mindre aktörer, så som kommunala energibolag och större industrier.

Flera av de SMR tillverkare som kommit längst i utvecklingen av sina SMR-modeller bedömer att deras reaktorer kommer att ha en LCOE (Levelized Cost of Electricity) någonstans i spannet \$40-65 per MWh. Uppskattningen gäller för så kallade NOAK-enheter (Nth Of A Kind), dvs enheter som uppförs efter att den första enheten av en viss typ har uppförts. De efterföljande reaktorerna drar i regel stor nytta av erfarenheter och kostnadsreduceringar från det första projektet.<sup>6</sup>

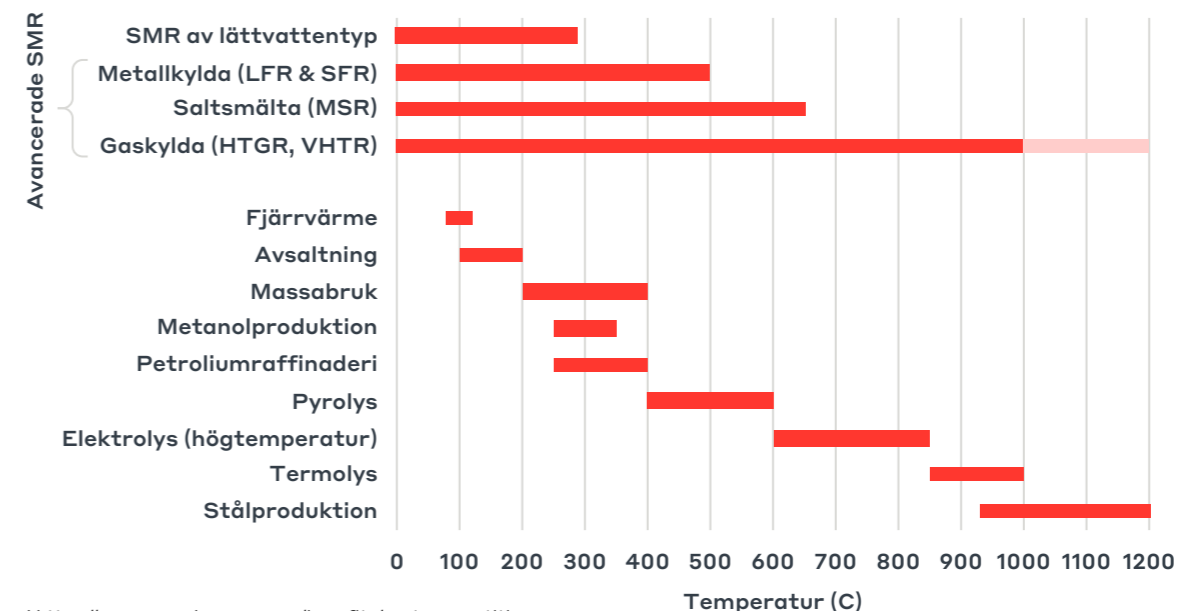
Historiskt har kärnreaktorer ofta byggts så stora som möjligt för att utnyttja skal fördelarna ("economy of scale") till fullo. Små reaktorer tappar en del av dessa ekonomiska skalfördelar, men kompenserar istället för avsaknaden av dessa genom att storleken på den totala investeringen minskas samt genom att minska andra investeringsrisker.

En övervägande del av kärnkraftens totala kostnader består av kapitalkostnader (räntor och avkastning på investerat kapital till finansierare). Genom att driva ned kapitalkostnaden och därigenom de totala kostnaderna kan SMR komma att förändra affärsmodellen för kärnkraftsinvesteringar. Kostnadsbesparingar och riskreduceringar i förhållande till byggnationer av storskaliga konventionella reaktorer kan ske i många faser under en SMRs livscykel, från kapitalanskaffning till avveckling. Konstruktions- och tillverkningsprinciper så som modularisering, standardisering, designförenklningar och serieproduktion i fabrik

kan leda till lägre kostnader genom bl.a. lägre produktkomplexitet och lägre kalkylränta. Genom dessa principer kan också en kortare byggnationstid uppnås vilket innebär en kortare tid till intäktsgenerering. På samma sätt kan så kallade typgodkännanden och harmonisering i regelverk leda till kortare tillståndsprocesser och därmed kostnadsbesparingar enligt samma princip. I driftskedet finns det potential till alternativa intäktsströmmar bortom enbart elproduktion. När reaktorn till slut ska avvecklas finns det ekonomiska fördelar i att alla enheter av en viss SMR-modell har likartad konstruktion och utformning.

SMR jämförs ofta ekonomiskt med konventionell kärnkraft eller till och med förnyelsebara kraftkällor. Även om detta kan vara en rättvis jämförelse i vissa situationer, så saknar jämförelsen många dimensioner. Med tanke på den stora flexibiliteten i applikationer och marknader för SMR, så bör dem också utvärderas ekonomiskt i den specifika applikation och marknad där de är tänkta att operera i, om det så må vara som ersättning för ett oljekraftverk, som producent av processvärme till en industri, eller kanske off-grid i avlägsna områden som ersättning för dieselmotorer eller gasturbiner. Om SMR enbart används för elproduktion så gäller dock samma spelregler som för övriga kraftkällor, dvs det är bara själva elproduktionen som prissätts. Om SMR ska kunna få ersättning för olika systemtjänster så som t.ex. lastföljning krävs en förändrad elmarknadsmodell där dessa systemtjänster premieras.

### Utval av olika värmeapplikationer för SMR-tekniker



<sup>6</sup> <https://www.nuscalepower.com/benefits/cost-competitive>  
<https://www.utilitydive.com/news/advanced-nuclear-ge-hitachi-mwh-nuscale-smr-small-modular-reactor/630154/>

## Fjärrvärme

Genom att utnyttja fjärrvärme för att värma bostäder eller som processvärme för industrier kan en större del av energin i kärnbränslet tillgängliggöras direkt. I dagens kärnkraftverk i Sverige tas kylvatten in från havet och återförs till havet 10 °C varmare efter en värmeväxlarprocess inne i kärnkraftverket. Denna spillvärme från en SMR skulle i stället kunna nyttjas och säljas i form av fjärrvärme. Detta ger en potentiellt kraftigt förbättrad drifteknologi, med en kostnad per kWh värme som är betydligt lägre än kostnaden för att producera en kWh elektricitet.

SMR har på grund av sin design ett mer flexibelt applikationsområde relativt konventionell kärnkraft, både i form av placering och användningsområde. Men som för alla kraftslag behöver placering och anslutningspunkt avvägas för att uppnå systemeffektivitet och säkerhet för människa och miljö. En väl avvägd lösning har goda möjligheter att resultera i ett mervärde både för samhället och lönsamheten i driften av anläggningen.

År 2019 levererade 79 reaktorer i världen någon typ av värme utöver elproduktionen, varav ett par av dem fjärrvärme. Fjärrvärme är särskilt relevant i Norden och Östeuropa, som redan idag har utbyggda fjärrvärmenät. Med uppskattade kostnader för fjärrvärmeproduktion på mellan 20 och 30 EUR/MWh skulle SMR kunna vara mycket konkurrenskraftiga på värmemarknaden.<sup>7</sup>

Med högre framtida konkurrens om biobränslen och mindre tillgång till avfall skulle SMR kunna frigöra biobränslen för andra ändamål samtidigt som det ger ett stort lokalt tillskott av värme och elproduktion vilken kan bidra till utvecklingen av bland annat kommuner. Potentiella utmaningar rör bland annat lokaliseringen av en reaktor ur säkerhetssynpunkt samt avsättning av värmeproduktionen - både med hänsyn till stora variationer i värmebehovet mellan sommar och vinter samt sett till det totala värmebehovet.

## Vätgasproduktion

Vätgas har blivit energiomställningens schweiziska armékniv - en lösning för alla ändamål, från att agera energibärare och bränsle inom transporter till insatsråvara i industrin eller energilagring. Tillgången till fossilfri vätgasproduktion blir avgörande för vilken roll vätgas kan komma att spela, där tillämpningar som fossilfri produktion av konstgödsel och stål ser ut att bli bland de största användningsområdena.

Energibehovet för produktion av vätgas består både av värme och elektricitet. Produktion av vätgas med hjälp av värme och el från kärnkraft skulle drastiskt kunna minska mängden elektrolysörer som krävs, samtidigt som utnyttjandet av både energi i kärnbränslet och utnyttjandet av elektrolysörernas kapacitet ökar.

Med avancerade reaktorer som kan producera värme på omkring 750 grader Celsius kan behovet av elektricitet potentiellt minska med omkring 30%, både sett till effekt och energi. Det ger också en högre temperatur ut på vätgas, vilket ytterligare kan sänka energibehovet avsevärt för tillämpningar som t.ex. fossilfri stålproduktion där vätgasen annars måste värmas från under 100 grader upp till omkring 900 grader.

Integrering av SMR med vätgasproduktion, där både värme och el används, kan vara ett effektivt sätt att tillföra stora mängder vätgasproduktion.

## Energi för industrin

Traditionellt sett har värmen från kärnreaktorer inte lämpat sig särskilt väl för att användas inom industrin. Detta till stor del pga kärnkraftverkens läge där de är placerade relativt långt från stora industrier och förbrukare av värme. Lättvattenreaktorer har också en övre begränsning i uttemperatur på ca 280 °C vilket gör att de inte lämpas för applikationer som kräver värme av högre temperatur. Avancerade SMR, så som de som kyls med smält metall, saltsmälta eller gas, har potential att nå mycket höga uttemperaturer på uppåt 1000 °C (gaskylda). Detta i tillägg till SMRs större flexibilitet i potentiella installationsplatser kan komma att ändra på förutsättningarna för att använda kärnkraftens fossilfria värme i industriapplikationer.

En SMR, storleksanpassad till ändamålet, skulle kunna placeras i nära anslutning till en tung industri eller annan stor energianvändare och leverera både el och högkvalitativ värme till industriprocesserna. Valet av SMR-typ skulle variera i lämplighet beroende på nyttjandeområde, så som t.ex. massabruk eller klimatsmart stålverk.

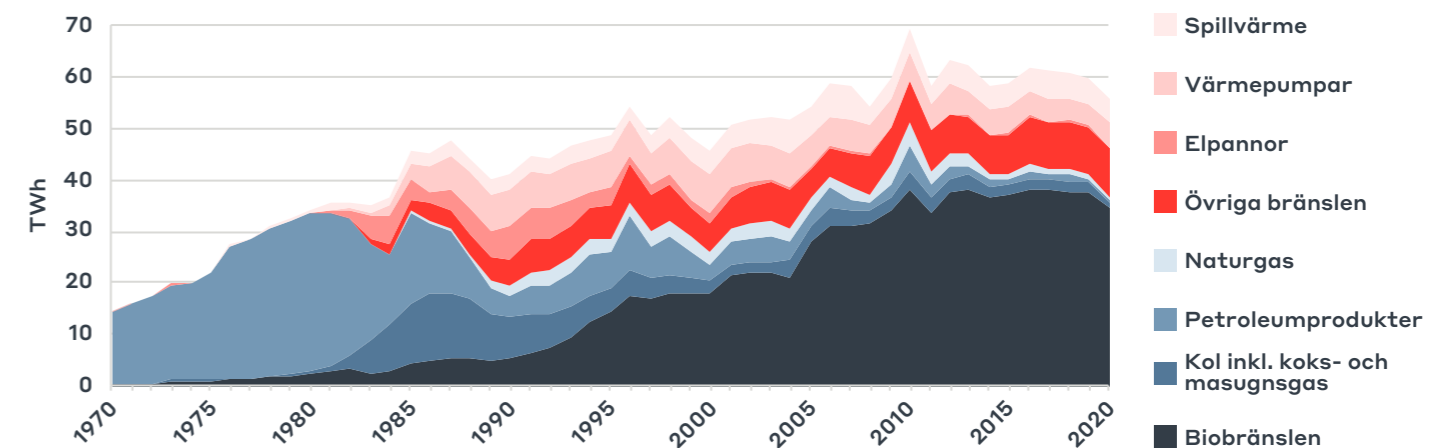
## SMR för industriapplikationer och produktion nära slutkonsument

Om fossila bränslen och biobränslen för värmeproduktion i industriprocesser kan ersättas med fossilfri värme från SMR så minskas industrins fossilutsläpp samtidigt som bioråvarorna kan användas till mer produktiva ändamål, så som t.ex. produktion av transportbränslen eller livsmedelsproduktion.

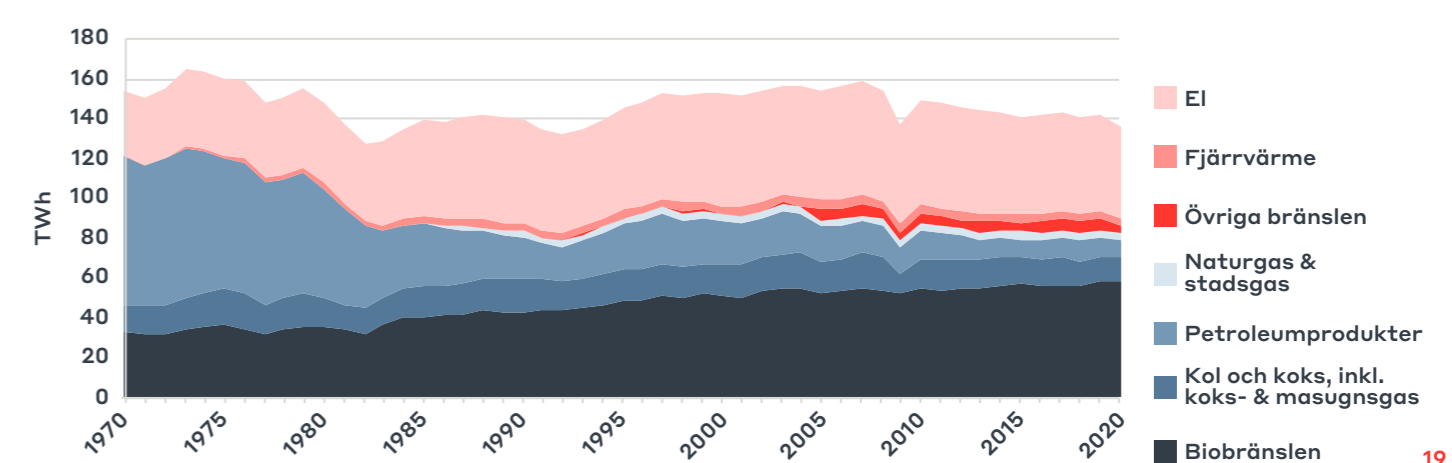
Om en betydande del av elbehovet i en stor industri eller annan storkonsument kan försörjas av el som produceras lokalt så minskas behovet av transmissionskapacitet i elnäten.

En SMR levererar planerbar el och värme dygnet runt oavsett yttre omständigheter. En egenskap som passar mycket bra för stora industrier som allt som oftast är igång dygnet runt och med ett relativt konstant effektbehov. Att installera SMR-enheter i förbindelse med stora energianvändare skulle därmed minska behovet av energilagring - något som annars skulle vara nödvändigt vid användning av lokalproducerad intermittent el.

Tillförd energi för fjärrvärmeproduktion fr.o.m. 1970, TWh Källa: Energimyndigheten



Slutlig energianvändning i industrisektorn per energibärare fr.o.m. 1970, TWh Källa: Energimyndigheten



Källa: Energimyndigheten

<sup>7</sup> <https://world-nuclear.org/information-library/non-power-nuclear-applications/industry/nuclear-process-heat-for-industry.aspx>

# 3. Scenarier för utveckling av kärnkraft i Sverige

**Kärnkraften kommer med stor sannolikhet ha en viktig roll i Sveriges energisystem under en lång tid framåt. Sannolikt kommer vi även att se en kombination av olika kärnenergitekniker som tillsammans utgör kärnkraftens roll i energimixen snarare än en dominerande teknik.**

**Om det förväntade kraftigt ökande elbehovet ska kunna tillgodoses krävs det att alla tillgängliga fossilfria kraftslag beaktas. Elsystemet behöver också ha en viss kombination av kraftslag med olika egenskaper för att fungera optimalt, och där har baskraften en mycket viktig roll.**

### Bakgrund till scenarier

Två scenarier har utvecklats med beskrivning över hur en händelseutveckling skulle kunna se ut i det fall där en implementering av SMR-tekniken i Sverige skulle ske. I ett lågsenario antas en implementering ske restriktivt, medan ett högscenariot representerar en utveckling där Sverige tar en proaktiv och ledande roll i utvecklingen. För att händelseutvecklingarna i dessa scenarier ska förverkligas krävs stora förändringar på många områden, i synnerhet när det gäller regelverk. När det kommer till den tekniska utvecklingen av SMR har tekniken kommit långt. Bland de SMR-koncept som kommit längst i utvecklingen finns konkreta planer för byggnation av ett antal första

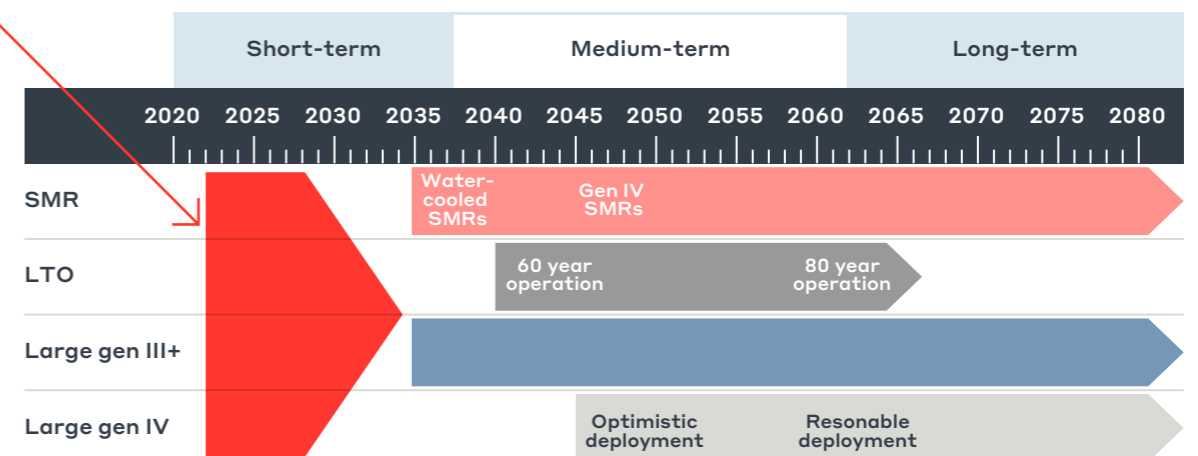
kommersiella anläggningar under 2020-talet. Om ambitionen skulle finnas skulle sannolikt även SMR i Sverige kunna byggas och vara i drift under slutet av decenniet. De tekniska förutsättningarna för implementering av SMR innan 2030 finns. Den största utmaningen i den svenska kontexten ligger snarare i att skapa nödvändiga förutsättningar för att en sådan utveckling ska vara möjlig.

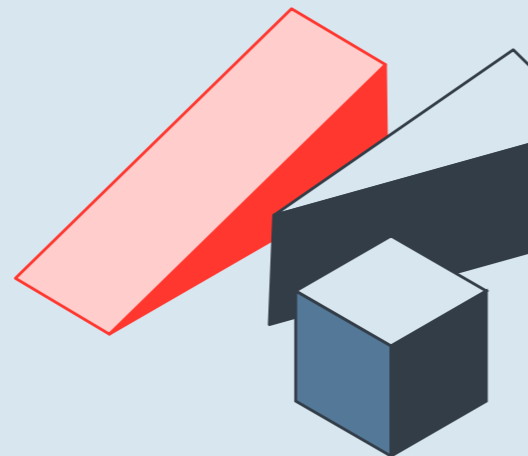
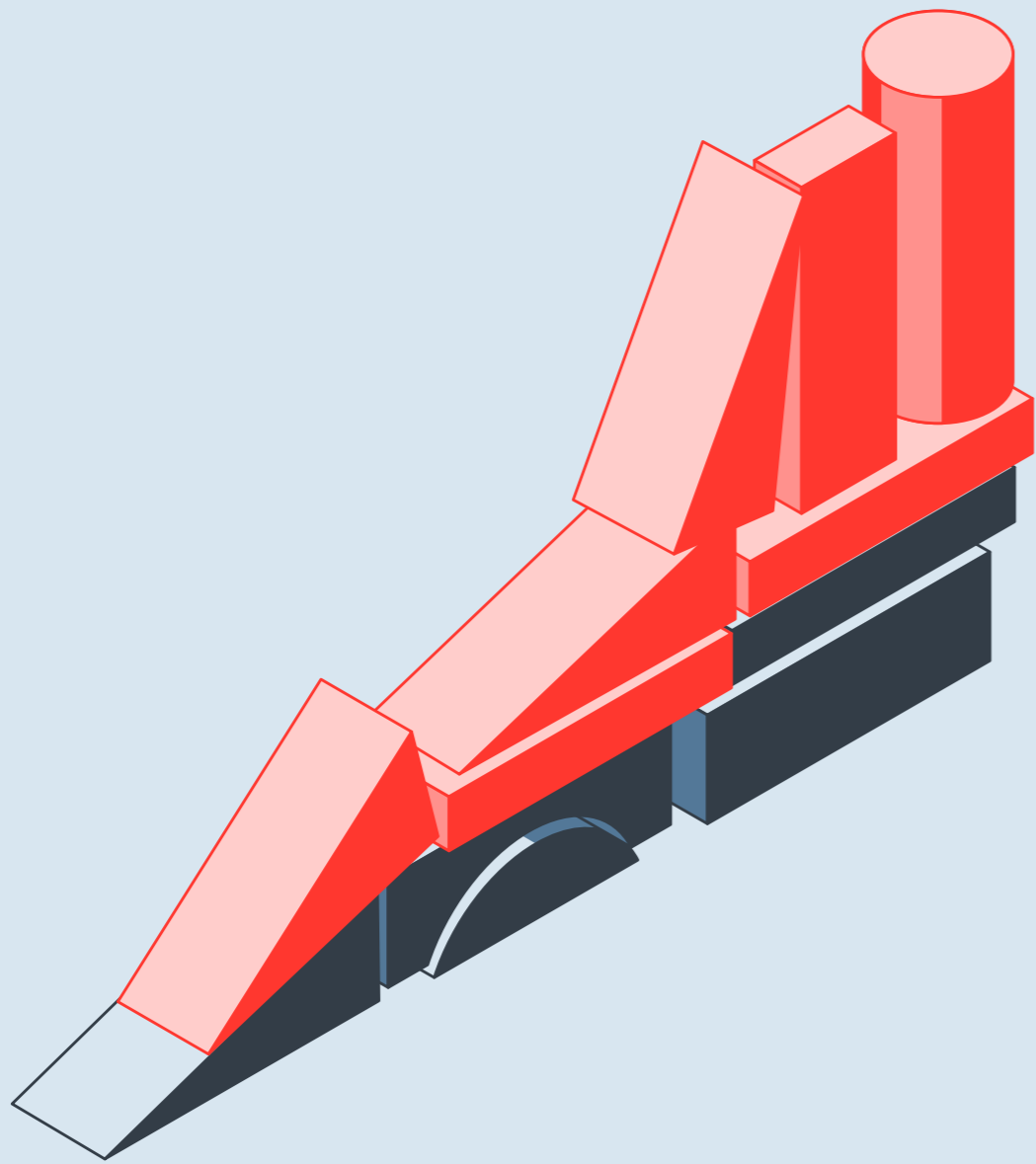
LTO kommer att vara viktig i båda scenarier, i tillägg till utbyggnad av övriga tillgängliga energislag. Framtida scenarier skulle även kunna inkludera stora konventionella reaktorer. Vi väljer dock att i denna rapport fokusera på SMR.

### Ett exempel på hur olika typer av kärnkraft och åtgärder kan implementeras i Sverige

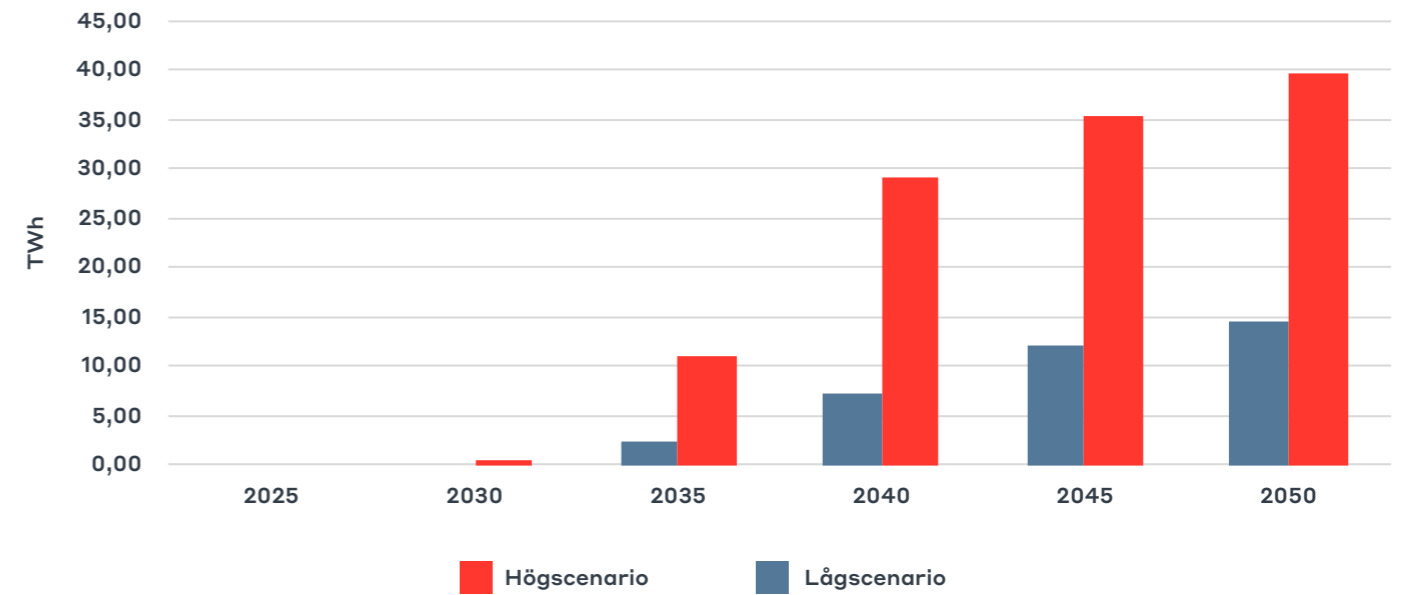
För att implementera både låg- och högscenariot krävs förändringar och utveckling inom bland annat:

- Regelverk
- Licensieringsprocesser
- Tillståndsprocesser
- Slutförvar av kärnavfall





### Scenariojämförelse – årlig elproduktion



## Lågscenario

I ett lågscenario antas en konservativ utveckling mot implementering av SMR. Sverige antar en reaktiv roll i SMR-utvecklingen och väljer att vänta in den globala teknikutvecklingen på området. Detta innebär att en implementering antas först ske runt år 2035. De mest uppenbara hindren för en kommersiellt gångbar implementering av SMR undanröjs, men den politiska och allmänna inställningen till kärnkraft är fortsatt tillbakahållande vilket leder till att SMR används restriktivt och enbart för elproduktion.

## Högscenario

I ett högscenario antas i stället en proaktiv utveckling mot implementering av SMR. Sverige kraftsamlar och tar en ledande roll i utvecklingen vilket innebär att ett nationellt SMR-program initieras och drivs för att kommersialisera SMR-enheter på den svenska marknaden i snabbaste möjliga mån. Fokus läggs vid att realisera SMR-konceptets fulla potential vilket görs genom att undanröjda hinder, både direkta och indirekta. En första SMR-enhet förväntas kunna vara på plats några år tidigare jämfört med lågscenariot, runt år 2030. Stora anpassningar i regelverk och politik görs för att möjliggöra en bred användning av SMR vilket öppnar upp för en stor potential avseende olika användningsområden. Både elproduktion och olika värmeapplikationer är aktuellt vilket medför att en större bredd av SMR-tekniker är aktuella. Det innebär också att tillståndsprocesser effektiviseras samt att en bred politisk stabilitet uppnås på sikt vilket kraftigt sänker risken för investeringar och skapar större incitament för investeringar. En bred samling aktörer har möjlighet att investera vilket medför att den totala SMR-flottan i Sverige blir omfattande.

# Lågsценario

## Idag till 2030

Behovet av planerbar, fossilfri kraft och värme, som komplement till den kraftigt utbyggda intermittenta elproduktionen i Sverige, blir alltmer uppenbar vilket leder till att småskalig kärnkraft i form av SMR ses som ett attraktivt alternativ för ökad elproduktion och tillförande av elsystemtjänster.

Lokalisering av SMR på andra platser än vid nuvarande kärnkraftsanläggningar anses kontroversiellt och utmanande vilket leder till att endast nuvarande och eventuellt historiska kärnkraftsanläggningar är aktuella för uppförande av SMR. Detta underlättar också en implementering avseende bl.a. infrastruktur, tillstånd och acceptans. Miljöbalkens paragraf avseende maximalt antal reaktorer i drift tas bort vilket möjliggör en implementering av fler än enbart fyra SMR, vilket annars hade varit fallet. Föreskrifter och tillståndprocesser anpassas för en implementering av SMR.

## 2030 till 2040

SMR-tekniken av lättvattentyp är kommersiellt mogen på den globala marknaden och ett betydande antal SMR-kraftverk av lättvattentyp har byggts runt om i världen vid tidpunkten då Sverige väljer att investera. Serieproduktion har inletts för ett antal olika SMR-modeller internationellt vilket har medfört att kostnaderna har kommit ned kraftigt jämfört med de första enheterna av sina slag. Sverige väljer att beställa ett flertal SMR-enheter av en eller flera av de dominerande leverantörerna vid tidpunkten. Ett fåtal större SMR-enheter runt 200-300 MWe prioriteras framför många mindre enheter. Enheterna kan uppföras och driftsättas på ca 2-4 år från beställning tack vare den internationella erfarenheten av tekniken som vid tidpunkten är god. En första SMR uppförs kring 2035.

## Idag

## Idag till 2030

Utvecklingen under perioden idag-2030 är likartad lågsценariot, men med en större nationell kraftsamling kring utveckling och skapande av förutsättningar. Det satsas stort på att bygga upp och stärka Sveriges kompetens inom området. SMR-fabriker uppförs under perioden för nationell serietillverkning av standardiserade SMR-enheter. En första SMR uppförs också under perioden. Förutsättningar skapas för avancerade SMR att kunna byggas i nära anslutning till stora energianvändare. En större bredd av aktörer intresserar sig för att investera eftersom variationen i möjliga tillämpningar blir större som en följd av att även avancerade reaktorer möjliggörs.

## 2030

## 2030 till 2040

Under perioden 2030-2040 sker en bred utbyggnad av SMR. Den geografiska spridningen på SMR-enheter är stor och styrs av vad reaktorerna används till.

Några exempel på tänkbara användningsområden av olika SMR-tekniker i högsценariot innefattar:

- Micro-SMR, så kallade MMR (micro modular reactor) av avancerad typ byggs för applikationer så som processvärme till industrier eller elproduktion off-grid till gruvverksamhet.
- Konventionella eller avancerade SMR byggs i anslutning till vätgasproducerande anläggningar för produktion av el och/eller värme till elektrolyprocessen.
- SMR av lättvattentyp byggs för elproduktion till nät.
- Kommuner bygger SMR för kärnkraftvärme, där konkurrens om biomassa, hårdare miljökrav och övergång till cirkulära ekonomi gör att SMR blir ett konkurrenskraftigt alternativ till bio- eller avfallseldad kraftvärme.

I likhet med lågsценariot bedöms reaktorerna kunna driftsättas ca 2-4 år från beställning. En eventuell risk med den stora spridningen av SMR-teknologier är att tillståndprocesserna kan kompliceras. Detta tros dock kunna avhjälpas genom internationellt samarbete och homogenisering av tillståndprocesser.

# Högsценario

## 2040 till 2050

SMR-enheter i lågsценariot fortsätter att byggas ut under perioden 2040-2050 till en installerad kapacitet på ca 1800 MW och 6-10 enheter. Det är också under denna tidsperiod (2040-2045) som de befintliga reaktorerna i Sverige når 60 års livstid, vilket är en avgörande tidpunkt där de antingen stängs ned och avvecklas eller livstidsförlängs ytterligare.

## 2050 till 2060

I ett längre tidsperspektiv kan en utveckling mot avancerade SMR vara mer aktuell där också sluten bränslecykel är ett alternativ då denna teknik sannolikt har mognat vid tidpunkten. Nya föreskrifter för avancerade reaktorer skulle eventuellt kunna skapa intresse för möjligheten till avancerade reaktorer och sluten bränslecykel följt av en internationell teknikutveckling.

## 2040

## 2040 till 2060

Utbyggnaden av SMR-enheter fortsätter under denna tidsperiod för att möta det ökande energibehovet. Omfattningen skulle kunna sträcka sig i storleksordningen kring 15-25 reaktorer eller mer och utgöras av olika varianter av SMR-enheter, spridda över olika delar av landet. Antalet nya reaktorer beror även i hög grad av ödet för de nuvarande storskaliga reaktorerna i drift. Om dessa stängs ned under den här tidsperioden vid 60 års livslängd kommer ett stort gap i produktionskapacitet att uppstå som sannolikt behöver fyllas av ny kärnkraftskapacitet.

Erfarenhet med drift av avancerade SMR kan leda till en språngbräda mot ett fullskaligt generation IV-system med sluten bränslecykel. Beroende på vad som sker inom den globala teknikutvecklingen av generation IV, så kan dessa system komma att vara relevanta under den här tidsperioden.

## 2060

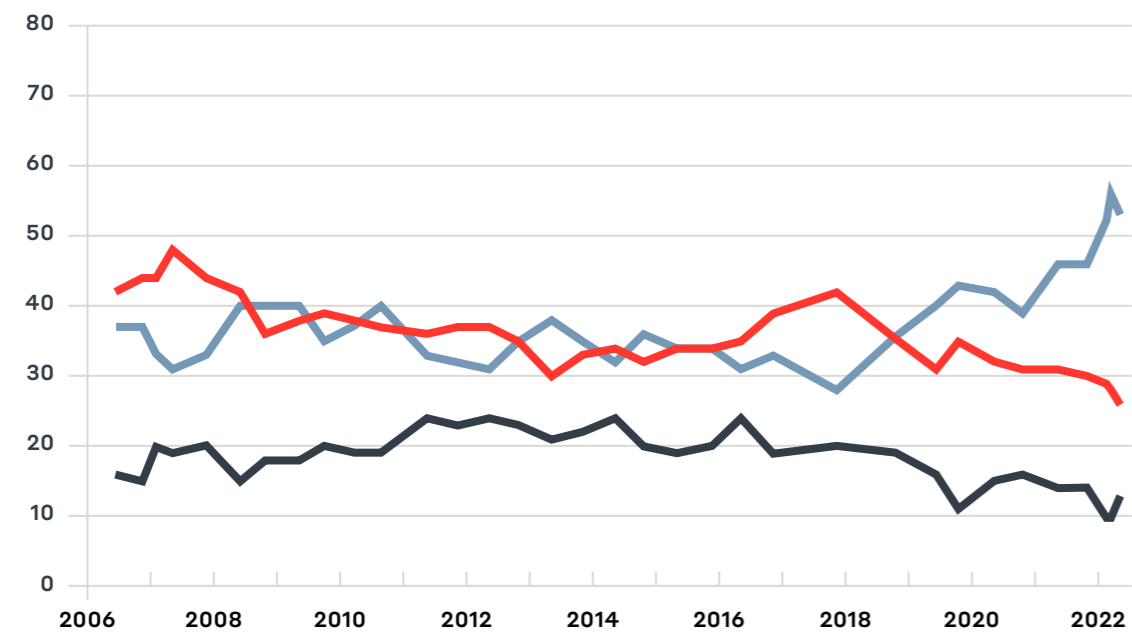
# Opinion

Opinionen kring kärnkraft har varierat stort sedan dess införande under 1960-talet. Stora förändringar i inställning till kärnkraft har oftast sammanfallit med en större olycka på ett kärnkraftverk någonstans i världen. Som illustreras av bilden nedan kan effekterna av Fukushima olyckan ses tydligt 2011.

Om en ny olycka skulle ske skulle detta naturligtvis återigen påverka opinionen. Detta är en av osäkerheterna som potentiella investerare

måste förhålla sig till. Idag är majoriteten av svenskarna positivt inställda till att bygga ut kärnkraften. Enligt en undersökning vi på WSP genomförde våren 2022 svarade 56 procent att Sverige borde satsa på att bygga ut kärnkraften. 31 procent var positiva till att bo nära ett kärnkraftverk. På frågan om SMR svarar 42 procent att de har en positiv inställning, 22 procent negativa och 36 procent varken positiv eller negativ.

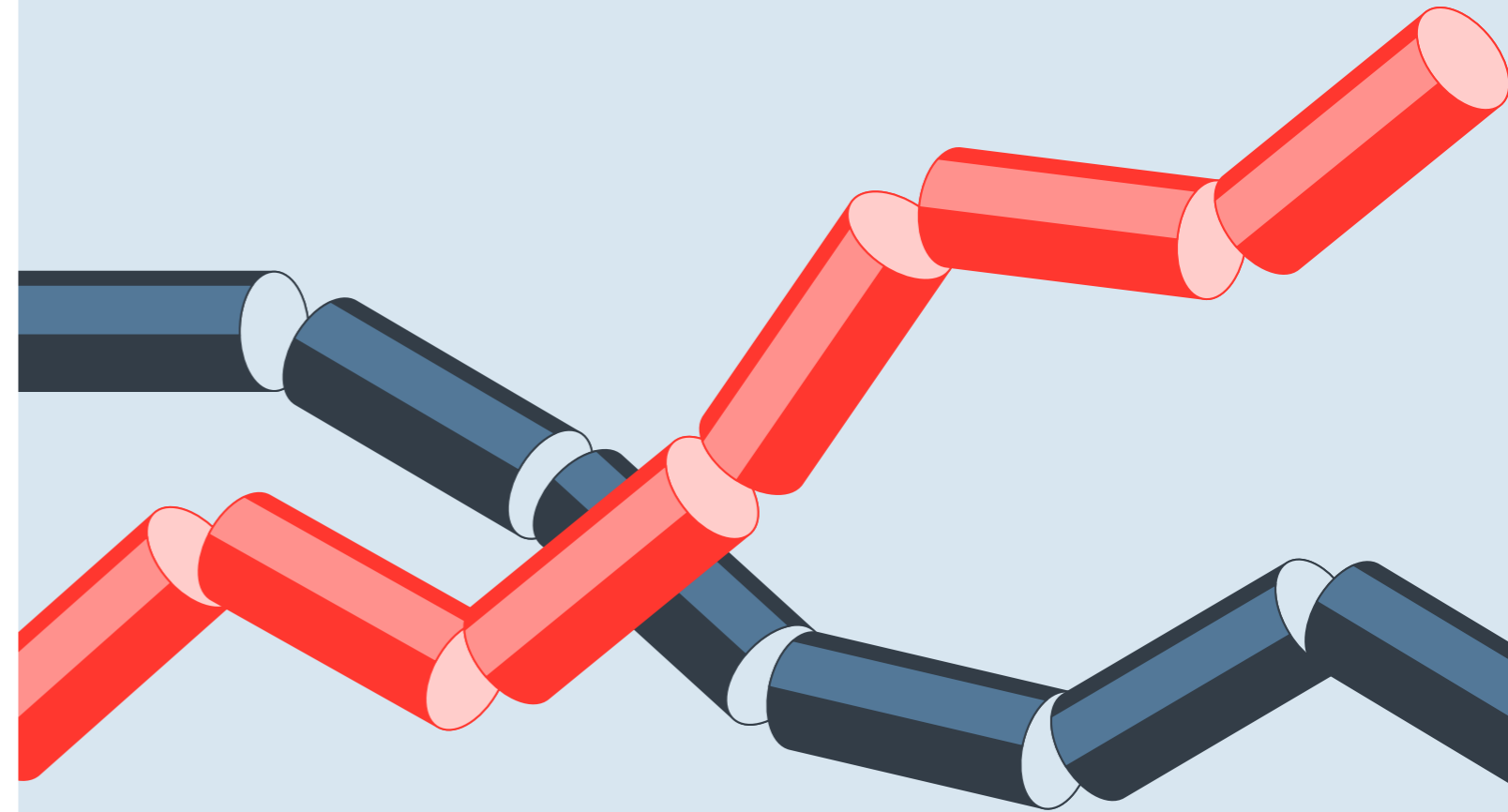
## Kärnkraftsopinionen – Svenska allmänheten 2006-2022



Vilken är din personliga åsikt om den framtida användningen av kärnkraft som energikälla i Sverige?  
Ska vi ...

- Fortsätta använda kärnkraften och vid behov bygga nya reaktorer
- Fortsätta använda de kärnkraftverk som finns idag, men inte bygga några nya reaktorer
- Avveckla kärnkraften genom politiska beslut

Källa: analys.se/opinion



**Sverige befinner sig, som många andra länder i världen, i en intensiv elektrifierings- och dekarboniseringsfas och mycket tyder på att vi som land kommer ett se en fördubblad elanvändning till 2045.**

För att kunna möta detta kraftigt ökade elbehov behöver Sverige se över samtliga alternativ för ny fossilfri elproduktion. Denna rapport har presenterat några olika kärnkraftsbaserade alternativ som skulle kunna vara en del av det framtida energisystemet.

Vilken roll kärnkraften kommer att spela i det framtida energisystemet är fortfarande osäkert och beror på ett antal centrala faktorer.

I ett läge där stora politiska osäkerheter fortfarande kvarstår kring ny kärnkraft i Sverige, och där de uppenbara hinder som finns idag blir kvar, är sannolikheten låg för att SMR kommer att implementeras över huvud taget i Sverige. SMR-teknikens fördelar i förhållande till stora reaktorer skulle ej kunna realiseras i någon högre grad och incitamenten för att investera skulle därmed bli låga. Nuvarande regelverk, som idag begränsar nya reaktorer till de platser vi idag har kärnkraft i Sverige, är ett tydligt hinder för utveckling av SMR. Detta i sig skulle potentiellt leda till att reaktorer av större storlek skulle prioriteras framför mindre enheter. Stora reaktorer skulle dock, till följd av teknikutveckling inom branschen, kunna dela några av de egenskaper som SMR besitter. Till exempel standardisering och designförbättringar vilket skulle kunna leda till snabbare byggnationer och till lägre kostnader. En utveckling där ny kärnkraft ändå byggs, men i form av stora reaktorer, behövs ändå en politisk stabilitet och långsiktighet kring kärnkraften. Om en sådan stabilitet inte finns, är det mindre sannolikt att även stora konventionella reaktorer byggs i Sverige.

## 1 Framtida kärnkraft i Sverige

Den framtida svenska kärnkraftsflottan behöver sannolikt vara en kombination av SMR, ny storskalig och livstidslängsförlängning av befintliga verk. Att utnyttja befintliga verk är väldigt viktigt ur ekonomi och resursutnyttjandesynpunkt. Genom att satsa på flera olika typer av kärnkraftstekniker sprider det potentiella risker och gör att den nya kärnkraften kan användas så effektivt som möjligt.

## 3 SMR

SMR är ett mångsidigt fossilfritt alternativ för kraft- och värmeproduktion. Idag saknas förutsättningar för att SMR ska kunna byggas i Sverige på grund av bland annat:

- begränsning i lokalisering av nya reaktorer i Sverige och begränsning i antalet reaktorer som får vara i drift i Sverige
- avsaknad av erfarenhet vad gäller licensering av nya reaktorer, samt risk för komplexa och tidskrävande tillståndprocesser

En annan viktig fråga som kvarstår är även hur det radioaktiva avfallet skall tas om hand från SMR-anläggningarna. Svensk Kärnbränslehantering (SKB) bedriver sin verksamhet på uppdrag av de nuvarande kärnkraftverkens tillståndshavare och ägare. Om det blir fråga om en omfattande implementering av SMR behöver sannolikt stora investeringar göras i anläggningar för avfallshantering och slutförvar, utöver de som planeras och finns i drift idag.

### Allmänna referenser

IAEA PRIS

IAEA ARIS

IAEA - Advances in Small Modular Reactor Technology Developments (2022)

Svenskt näringsliv - Startprogram ny kärnkraft

OECD NEA - Small Modular Reactors: Challenges and Opportunities (2021)

World nuclear information library: <https://www.world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/nuclear-power-reactors/small-nuclear-power-reactors.aspx>

## 2 Investeringarvilja

En politisk långsiktighet och konsensus kring kärnkraftens roll är nödvändig för att sänka investeringsrisken och möjliggöra konkurrenskraftiga villkor. En investering i en kärnreaktor, en stor reaktor såväl som en SMR innebär ett stort ekonomisk åtagande för de allra flesta aktörer och med långa återbetalningstider. För att genomföra en sådan investering behöver man ha en trygghet i att reaktorn kan operera under stabila omständigheter i många år utan att de ekonomiska förutsättningarna förändras varje ny mandatperiod.

## 4 Brist på kompetens och resurser

Brist på kompetens och resurser ska ej underskattas. Om vi ska ha möjlighet att införa SMR i Sverige är det av yttersta vikt att tidigt satsa på kompetensstärkande åtgärder för såväl energisystem i stort som kärnkraftskompetens i synnerhet.



WSP är en av världens ledande rådgivare och konsultbolag inom samhällsutveckling. Med cirka 65 000 medarbetare i över 40 länder samlar vi experter inom analys och teknik, för att framtidssäkra världen.

Tillsammans med våra kunder tar vi fram innovativa lösningar för en mänsklig, trygg och välfungerande morgondag. Så tar vi ansvar för framtiden.

Anna Nordling  
Director Energy  
anna.nordling@wsp.com  
010 722 95 29

Gabriel Segergren  
gabriel.segergren@wsp.com  
Mechanical Engineer

Jonas Wahlman  
jonas.wahlman@wsp.com  
General Engineering



WSP Sverige AB  
121 88 Stockholm-Globen  
Besök: Arenavägen 7  
T 010 722 50 00

[wsp.com](http://wsp.com)