

## Kärnkraftanhängarnas orealistiska förväntningar

Svensk översättning av **The overblown hype of the nuclear "bros"**: <https://beyondnuclearinternational.org/2024/07/07/the-overblown-hype-of-the-nuclear-bros>

Publicerad den 2024-07-07 av Beyond Nuclear International:

<https://beyondnuclearinternational.org/>

### **Kärnkraftsanhängarna har för avsikt att sälja små modulära reaktorer till oss, men deras glada tillrop grundar sig på felaktig information, skriver Ed Lyman.**

Även tillfälliga följare av energi- och klimatfrågor har förmodligen hört talas om de påstådda underverken små modulära kärnreaktorernas (SMR). Detta beror till inte så liten del på kärnkraftsanhängarna: en aktiv och till synes outtröttlig grupp kärnkraftsförespråkare som dominerar energidiskussioner i sociala medier genom att förespråka SMR och annan "avancerad" kärnkraftsteknik som den enda verkliga lösningen på klimatkrisen. Men som jag visade i mina rapporter från 2013 <https://www.ucsusa.org/sites/default/files/2019-10/small-isnt-always-beautiful.pdf> och 2021 <https://www.ucsusa.org/resources/advanced-isnt-always-better> är hypen kring SMR mycket överdriven, och mina slutsatser är fortfarande giltiga idag.

Tyvär grundar sig mycket av detta SMR-glada prat i felaktig information, vilket alltid för mig tillbaks till samma fråga: Om kärnkraftsanhängarna har en så fantastisk SMR-historia att berätta, varför måste de då överdriva så mycket?

Alex Trembath (v) från det nitiskt kärnkraftsvänliga Breakthrough Institute är en av kärnkraftsanhängarna, fastän han tydligt avvisar etiketten. (Foto: New America/Wikimedia Commons)

### **Vad är SMR?**

SMR:er är kärnreaktorer som är "små" (definierade som 300 megawatt elektrisk effekt eller mindre), som i större mängd kan monteras i en centraliserad anläggning och skulle kunna installeras modulärt på kraftproduktionsanläggningar. Vissa föreslagna SMR-reaktorer är så små (20 megawatt eller mindre) att de kallas "mikro"-reaktorer. SMR:er skiljer sig från dagens konventionella kärnkraftverk, som normalt är på cirka 1.000 megawatt och till stor del var specialbyggda. Vissa SMR-konstruktioner som NuScale, är modifierade versioner av vattenkylda reaktorer i drift, medan andra radikalt annorlunda konstruktioner använder andra kylmedel än vatten, som flytande natrium, heliumgas eller till och med smälta salter.

Hittills har dock det teoretiska intresset för SMR inte lett till många faktiska reaktorbeställningar. Den enda SMR som för närvarande är under uppförande finns i Kina. Och i USA har endast ett företag - TerraPower, grundat av Microsofts Bill Gates - ansökt hos Nuclear Regulatory Commission (NRC) om tillstånd att bygga en kraftreaktor (men på 345 megawatt är det tekniskt sett inte ens en SMR).

Kärnkraftsindustrin har satt sitt hopp till SMR:er främst på grund av att några nya stora reaktorprojekt däribland Vogtle-enheterna 3 och 4 <https://www.ajc.com/gdpr.html> i delstaten Georgia, har tagit mycket längre tid att bygga och kostat mycket mer än vad som ursprungligen beräknades. Misslyckandet att dessa projekt inte kunnat slutföras i tid och under budget undergräver argumenten att moderna kärnkraftverk kan övervinna de problem som tidigare plågat kärnkraftsindustrin.

Kärnkraftsindustrin har satt sina förhoppningar till SMR främst på grund av att några nya

stora reaktor-projekten, däribland Vogtle-enheterna 3 och 4 (bilden), har tagit mycket längre tid att bygga och kostat mycket mer än vad som ursprungligen beräknats.

Tillsynsmyndigheter lättar på säkerhets- och skyddskraven för SMR:er på sätt som skulle kunna upphäva alla säkerhetsfördelar med passiva funktioner.

Utvecklare inom branschen och USA:s energidepartement menar att SMR-reaktorer kan vara billigare och snabbare att bygga än stora reaktorer och att deras modulära karaktär gör det lättare att balansera tillgång och efterfrågan på el. De hävdar också att reaktorer i olika storlekar skulle vara användbara för en rad olika tillämpningar utöver elkraft i nätskala, inklusive att förse industrianläggningar med processvärme och datacenter med kraft, Bitcoin mining av kryptovalutor, petrokemisk produktion och till och med laddningsstationer för elfordon.

Här är fem fakta om SMR som kärnkraftsindustrin och de kärnkraftsanhängare vilka driver sitt budskap inte vill att ni, allmänheten, ska känna till.

### **1. SMR är inte mer ekonomiska än stora reaktorer**

I teorin borde små reaktorer ha lägre kapitalkostnader och byggtider än stora reaktorer med liknande konstruktion, så att allmänna företag (eller andra användare) kan få billigare finansiering och distribuera dem mer flexibelt. Men det betyder inte att små reaktorer kommer att vara mer ekonomiska än stora. Faktum är att motsatsen vanligtvis kommer att vara sann. Det som har störst betydelse när man jämför ekonomin för olika kraftkällor är kostnaden för att producera en kilowattimme el, och den beror på kapitalkostnaden per kilowatt produktionskapacitet liksom kostnaderna för drift, underhåll, bränsle och andra faktorer.

Enligt principen om stordriftsfördelar kommer mindre reaktorer i allmänhet att producera dyrare el än större. Till exempel, så NuScales nu inställda projekt att bygga en 460 megawatts SMR med 6 enheter i Idaho <https://www.nuscalepower.com/en/news/press-releases/2023/uamps-and-nuscale-power-agree-to-terminate-the-carbon-free-power-project> beräknades kosta över 20.000 dollar per kilowatt, vilket är mer än den faktiska kostnaden för Vogtles stora reaktorprojekt på över 15.000 dollar per kilowatt. Denna kostnadspåföljd kan endast ompenseras genom radikala förändringar i hur reaktorer konstrueras, byggs och drivs.

SMR-utvecklare hävdar till exempel att de kan skära ner kapitalkostnaden per kilowatt genom att uppnå effektivitet genom massproduktion av identiska enheter i fabriker. Studier [https://www.researchgate.net/profile/Robbie-Lyons/publication/333132997\\_Production\\_Learning\\_in\\_a\\_Small\\_Modular\\_Reactor\\_Supply\\_Chain/links/5cdd328a299bf14d959ced05/Production-Learning-in-a-Small-Modular-Reactor-Supply-Chain.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Robbie-Lyons/publication/333132997_Production_Learning_in_a_Small_Modular_Reactor_Supply_Chain/links/5cdd328a299bf14d959ced05/Production-Learning-in-a-Small-Modular-Reactor-Supply-Chain.pdf) visar dock att sådana kostnadsminskningar normalt inte skulle överstiga cirka 30%. Dessutom måste dussintals enheter produceras innan tillverkarna skulle kunna lära sig att effektivisera sina processer och uppnå dessa kapitalkostnadsminskningar, vilket innebär att de första reaktorerna av en viss design oundvikligen kommer att vara dyra och kräva stora statliga subventioner eller subventioner från skattebetalarna för att kunna byggas. Att ta sig förbi detta hinder har visat sig vara ett av de största hindren för spridning av SMR.

Den utjämnade elkostnaden för det nu inställda NuScale-projektet beräknades till cirka 119 USD per megawattimme (utan federala subventioner), medan landbaserad vindkraft och

storskalig solenergi nu kostar under 40 USD/MWh.

Ett annat sätt som SMR-utvecklare försöker minska kapitalkostnaderna på är genom att minska eller eliminera <https://www.osti.gov/biblio/1993692> många av de säkerhetsfunktioner som krävs för reaktorer i drift och som ger flera skyddsbarriärer, som en förstärkt robust inneslutningsstruktur av armerad betong, motordrivna nödpumpar och rigorösa kvalitetssäkringsstandarder för reservsäkerhetsutrustning såsom strömförsörjning. Men dessa förändringar har hittills inte haft någon större inverkan på den totala kostnaden - se bara på NuScale.

Hittills har NuScale SMR-projektet börjat - och slutat - som ett pappersark. (Foto: US NRC)

Förutom kapitalkostnader, måste även drifts- och underhållskostnader sänkas avsevärt för att förbättra SMR:s konkurrenskraft. Vissa driftskostnader, som den säkerhet som krävs för att skydda mot terroristattacker, skulle dock normalt inte vara känsliga för reaktorstorleken. Det relativa bidraget från drift- och underhållskostnader och bränslekostnader till priset per megawattimme varierar mycket mellan konstruktioner och projektdetaljer, men skulle kunna bli 50% eller mer, beroende på faktorer som räntesatser som påverkar den totala kapitalkostnaden.

Stordriftsfördelar har redan lett till att vissa SMR-leverantörer, som NuScale och Holtec, i stort har fördubblat modulstorleken jämfört med den ursprungliga konstruktionen. Mikroreaktorn Aurora från Oklo, Inc. Aurora mikroreaktor har ökat från 1,5 MW till 15 MW och kan till och med öka till 50 MW. Och General Electric-Hitachi BWRX-300 och Westinghouse AP300 börjar båda på den övre gränsen för vad som anses vara en SMR.

Sammantaget kan dessa förändringar vara tillräckliga för att göra vissa SMR kostnadsmässigt konkurrenskraftiga med stora reaktorer, men de skulle fortfarande ha en lång väg att gå för att konkurrera med förnybar teknik. Den utjämnade elkostnaden för det nu inställda NuScale-projektet beräknades <https://www.powermag.com/novel-uamps-nuscale-smr-nuclear-project-gains-participant-approval-to-proceed-to-next-phase/> till cirka 119 USD per megawattimme (utan federala subventioner), medan landbaserad vind <https://www.nrel.gov/docs/fy24osti/88335.pdf> och storskalig solenergi <https://emp.lbl.gov/utility-scale-sola> nu kostar under 40 USD/MWh.

Mikroreaktorer kommer dock sannolikt att förbli dyra under alla realistiska scenarier, med beräknade nivellerade elkostnader [https://inldigitallibrary.inl.gov/sites/sti/sti/Sort\\_66425.pdf](https://inldigitallibrary.inl.gov/sites/sti/sti/Sort_66425.pdf) två till tre gånger högre än för större SMR.

## **2. SMR är inte generellt sett säkrare eller tryggare än stora lättvattenreaktorer**

På grund av storleken kan man tro att små kärnreaktorer utgör en mindre risk för folkhälsan och miljön än stora reaktorer. Trots allt är mängden radioaktivt material i härden som kan frigöras vid en olycka mindre. Och mindre reaktorer producerar värme i lägre hastighet än stora reaktorer, vilket kan göra dem lättare att kyla vid en olycka, kanske till och med på passiv väg - det vill säga utan behov av eldrivna kylvätskepumpar eller operatörsåtgärder.

De så kallade passiva säkerhetsfunktioner som SMR-förespråkare gärna hänvisar till fungerar dock inte alltid, särskilt inte under extrema händelser som stora jordbävningar, stora översvämningar eller skogsbränder som kan försämra de miljöförhållanden under vilka de är konstruerade för att fungera. Och i vissa fall kan passiva funktioner faktiskt förvärra olyckor:

till exempel avslöjade NRC:s granskning av NuScale-konstruktionen <https://www.nrc.gov/docs/ML2023/ML20232D086.pdf> att passiva nödsystem skulle kunna tömma kylvattnet på bor, som behövs för att hålla reaktorn avstängd på ett säkert sätt efter en olycka.

I vilket fall som helst lättar tillsynsmyndigheterna på säkerhets- och skyddskraven för SMR-reaktorer på sätt som skulle kunna ta bort alla säkerhetsfördelar med passiva funktioner. Till exempel har NRC godkänt regler och förfaranden under de senaste åren som tillhandahåller regleringsvägar för att undanta nya reaktorer, inklusive SMR, från många av de skyddsåtgärder som krävs för anläggningar i drift, så som en fysisk inneslutningsstruktur, en plan för evakuering vid nödsituationer utanför anläggningen och en skyddszon som avskiljer anläggningen från tätbefolkade områden. De överväger även ytterligare förändringar som skulle kunna tillåta minskat antal beväpnad säkerhetspersonal för att skydda SMR från terroristattacker samt antalet välutbildade operatörer för att driva dem. Att minska säkerheten vid SMR är särskilt oroande, eftersom även de säkraste reaktorerna skulle kunna bli effektiva farliga radiologiska vapen om de blir saboterade av skickliga angripare. Även passiva säkerhetsmekanismer skulle avsiktligt kunna sättas ur spel.

Med tanke på den kumulativa effekten av alla dessa förändringar skulle SMR kunna vara lika farliga - eller till och med farligare - än stora reaktorer. Till exempel, om en inneslutningsstruktur i en stor reaktor tillförlitligt förhindrar att 90% av det radioaktiva materialet släpps ut från reaktorhärden vid en härdsmläta, så skulle en fem gånger mindre reaktor utan en sådan inneslutningsstruktur kunna tänkas släppa ut mer radioaktivt material i miljön, fastän den totala mängden material i härden skulle vara mindre. Och om SMR-reaktorn skulle placeras närmare befolkade områden utan någon beredskapsplanering utanför anläggningen, skulle fler människor kunna bli exponerade för farligt höga strålningsnivåer.

Men även om man kunde visa att den totala säkerhetsrisken för en liten reaktor är lägre än för en stor reaktor, skulle detta inte automatiskt medföra att den totala risken per producerad elenhet är lägre, eftersom mindre anläggningar producerar mindre el. Om en olycka skulle leda till att en 250-megawatts SMR släpper ut enbart 25 procent av det radioaktiva material som en 1 000-megawattsanläggning skulle släppa ut, skulle förhållandet mellan risk och nytta vara detsamma.

Och en anläggning med fyra sådana reaktorer skulle kunna ha fyra gånger den årliga risken för en enskild enhet eller en ännu högre risk om en olycka i en reaktor skulle skada de andra, vilket hände under Fukushima Daiichi-olyckan 2011 i Japan. <https://www.ucsusa.org/resources/fukushima-story-nuclear-disaster>

### **3. SMR kommer inte att minska problemet med vad man ska göra med radioaktivt avfall**

Industrin gör mycket vilseledande påståenden om att vissa SMR kommer att minska det svårlösta problemet med hantering av långlivat radioaktivt avfall genom att generera mindre avfall, eller till och med genom att "återvinna" sitt eget avfall eller avfall som alstrats av andra reaktorer.

Först är det nödvändigt att definiera vad "mindre" avfall egentligen innebär. När det gäller mängden högradioaktiva isotoper som uppstår när atomkärnor klyvs och frigör energi, så kommer små reaktorer att producera lika mycket som stora reaktorer per genererad värmeenhet. (Icke-lättvattenreaktorer som mer effektivt omvandlar värme till el än lättvattenreaktorer kommer att producera något mindre mängder klyvningsprodukter per

genererad elenhet - kanske 10 till 30 procent - men det är en relativt liten effekt i sammanhanget). Och för reaktorer med tätare bränslen kan volymen och massan av det använda bränsle som genereras vara mindre, men koncentrationen av fissionsprodukter i det använda bränslet och den värme som genereras av sönderfallsprodukterna - faktorer som verkligen är viktiga för säkerheten - kommer att vara proportionellt sett större.

Därför kommer enheter som hoppas anskaffa SMR, som data-center vilka saknar den nödvändiga infrastrukturen, måsta hantera lagringen av betydande mängder använt kärnbränsle på plats på lång sikt, på ett säkert sätt precis som vilken annan kärnkrafts anläggning gör. Påståenden <https://ric.nrc.gov/agenda/agenda-presentation.aspx?SessionSpID=141> av försäljare som Westinghouse att de kommer att ta bort reaktorerna efter att bränslet inte längre är användbart är helt enkelt inte trovärdiga, eftersom det inte finns några realistiska utsikter för licensiering av centraliserade platser dit de använda reaktorerna skulle kunna flyttas under överskådlig framtid. Alla kommuner med en SMR kommer att måsta planera för att vara ett faktiskt långsiktigt kärnavfallsförvar.

#### **4. SMR kan inte förväntas tillhandahålla tillförlitlig och pålitlig kraft utanför elnätet för anläggningar som datacenter, Bitcoin-mining, vätgas- eller petrokemisk produktion**

Trots utvecklarnas påståenden, är det mycket osannolikt att någon rimligen förutsägbar SMR-design skulle kunna fungera säkert utan tillförlitlig tillgång till el från elnätet för att driva kylvätskepumpar och andra viktiga säkerhetssystem. Precis som dagens kärnkraftverk kommer SMR att vara sårbara för extrema väderhändelser eller andra katastrofer som skulle kunna orsaka strömbrott utanför anläggningen och tvinga dem att stänga ner. I sådana situationer skulle en användare som en datacenteroperatör, vara tvungen att tillhandahålla reservkraft, sannolikt från dieselgeneratorer, för både datacentret OCH reaktorn. Och eftersom det praktiskt taget inte finns någon erfarenhet av att driva SMR-reaktorer någonstans i världen är det högst tveksamt om de nya konstruktioner som presenteras nu skulle vara mycket tillförlitliga direkt från start och kräva lite övervakning och underhåll.

Det kommer med stor sannolikhet att ta decennier av driftserfarenhet för alla nya reaktor-konstruktioner att uppnå den tillförlitlighetsnivå som kännetecknar den operativa lättvatten-reaktorparken. En för tidig spridning baserad på oralistiska prestanda-förväntningar kan visa sig vara extremt kostsam för alla företag som vill experimentera med SMR.

#### **5. SMR använder inte bränsle mer effektivt än stora reaktorer**

Vissa förespråkare hävdar missvisande att SMR är mer effektiva än stora reaktorer eftersom de använder mindre bränsle. När det gäller mängden värme som genereras är mängden uranbränsle som måste genomgå kärnklyvning densamma oavsett om en reaktor är stor eller liten. Och fastän reaktorer som använder andra kylmedel än vatten vanligtvis arbetar vid högre temperaturer, vilket kan öka effektiviteten i omvandlingen av värme till elektricitet, är detta inte en tillräckligt stor effekt för att uppväga andra faktorer som minskar effektiviteten i bränsleanvändningen.

Vissa SMR-konstruktioner kräver en typ av uranbränsle som kallas "höganalys låganrikat uran (HALEU)", som innehåller högre koncentrationer av isotopen uran-235 än konventionellt lättvattenreaktorbränsle. Fastän detta minskar den totala bränslemassan som reaktorn behöver, betyder det inte att den använder mindre uran eller resulterar i mindre avfall från hela kedjan av gruv- och malningsaktiviteter: I själva verket är det mer sannolikt

att motsatsen är sann.

HALEU-uranium dioxid bränsle pellets tillverkade av Idaho National Laboratory. (Foto: DOE)

Om kärnkraftsbröderna har en så fantastisk SMR-historia att berätta, varför måste de då överdriva så mycket?

En anledning till detta är att HALEU-produktion kräver en relativt stor mängd naturligt uran som ska matas in i anrikningsprocessen vilken ökar uran-235-koncentrationen. Exempelvis kommer TerraPower Natrium-reaktorn, som skulle använda HALEU- uran-235, anrikat till ca 19%, att kräva 2,5 till 3 gånger så mycket naturligt uran för att producera en kilowattimme el som en lättvattenreaktor. Mindre reaktorer, som Oklo Aurora på 15 megawatt, är ännu mer ineffektiva. Effektiviteten i dessa reaktorer kan endast förbättras genom betydande framsteg inom bränsleprestanda, vilket kan ta årtionden av utveckling för att uppnå.

Reaktorer som använder uran ineffektivt har oproportionerlig påverkan på miljön från förorenande uranbrytning och uranbearbetnings aktiviteter. De är också mindre effektiva när det gäller att minska koldioxidutsläppen, eftersom brytning och bearbetning av uran är relativt koldioxidintensiva verksamheter jämfört med andra delar av uranbränslecykeln.

SMR kan komma att ha en roll att spela i vår energiframtid, men bara om de är tillräckligt säkra och trygga. För att detta ska kunna ske är det viktigt att ha en realistisk förståelse för deras kostnader och risker. Genom att måla upp en alltför rosenkimrande bild av dessa tekniker med ofta vilseledande information avleder kärnkraftsbröderna uppmärksamheten från behovet av att konfrontera de många utmaningar som måste lösas för att göra SMR till en verklighet - och i slutändan gör deras sak en otjänst.

Ed Lyman is director of Nuclear Power Safety at the Union for Concerned Scientists. <https://www.ucsusa.org/>

This article was first published <https://www.commondreams.org/opinion/small-modular-reactors> by Common Dreams and is republished under a Creative Commons license.

Headline photo: Bill Gates (right, pictured with Rick Perry) is one of the biggest nuclear bros of all. (Photo: DOE/Wikimedia Commons)

The opinions expressed in articles by outside contributors and published on the Beyond Nuclear International website, are their own, and do not necessarily reflect the views or positions of Beyond Nuclear. However, we try to offer a broad variety of viewpoints and perspectives as part of our mission “to educate and activate the public about the connections between nuclear power and nuclear weapons and the need to abandon both to safeguard our future”.