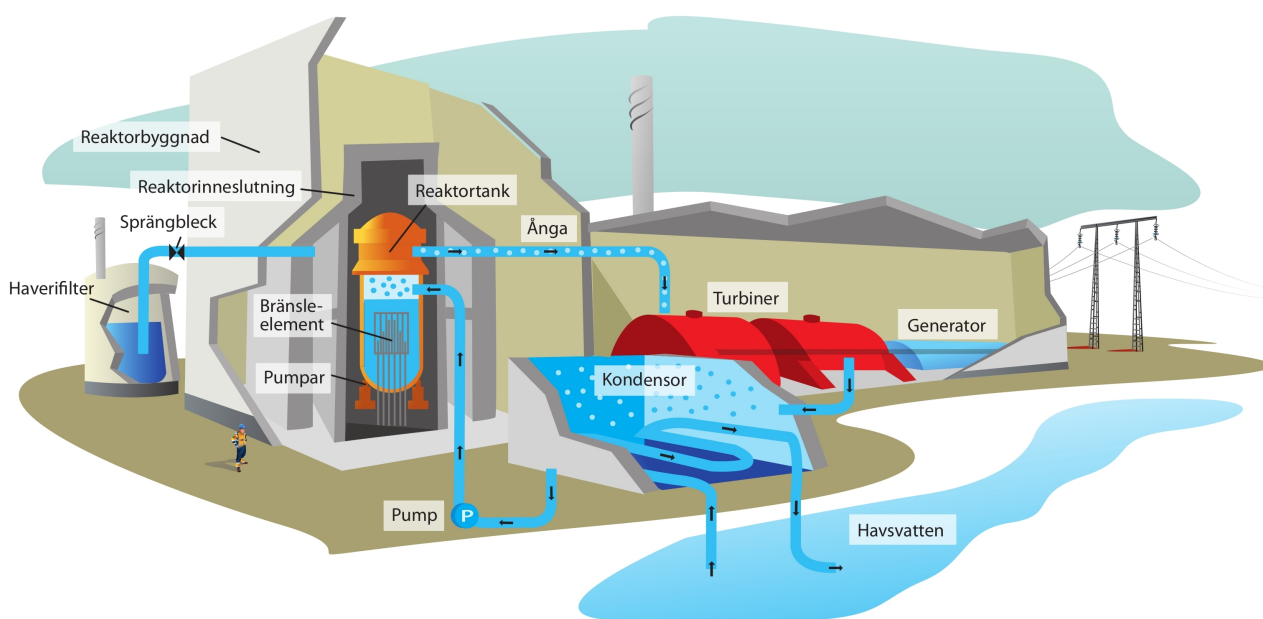


Vad menas med gamla reaktorer?

I kärnkraftsdebatten påstås ibland att landets kärnkraft är gammal och föråldrad. Här redovisas de svenska och finska reaktorernas ålder, vilka större åtgärder som vidtagits sedan driftstarten och deras tekniska status i april 2016. Sedan diskuteras kostnaderna för olika investeringar följt av en lista med beskrivningar av reaktorernas olika komponenter.

Reaktor	Reaktortyp	Effekt (MW _{el})	Byggstart	Drifttid	Lågtrycks-turbin	Högtrycks-turbin	El-generator	Ång-generator
Oskarshamn 1	BWR, ABB-I	440 - 473	1966	1972 - 2017	2002	2002	2007	-
Oskarshamn 2	BWR, ABB-II	565 - 638	1969	1975 - 2015	2009	2006	2007	-
Oskarshamn 3	BWR-3000, ABB-III	1055 - 1400	1980	1985 -	2009	2009	2009	-
Ringhals 1	BWR, ABB-I	762 - 881	1969	1976 - 2020	2012	1990	2015	-
Ringhals 2	PWR, W, 3-krets	820 - 807	1970	1975 - 2019	2015	2005	2004	1989
Ringhals 3	PWR, W, 3-krets	915 - 1063	1972	1981 -	2007	2012	2007	1995
Ringhals 4	PWR, W, 3-krets	915 - 1118	1973	1983 -	2007	2011	2010	2011
Forsmark 1	BWR-2500, ABB-III	900 - 984	1973	1980 -	2005	2010	1999	-
Forsmark 2	BWR-2500, ABB-III	900 - 1120	1975	1981 -	2006	2009	2007	-
Forsmark 3	BWR-3000, ABB-III	1050 - 1167	1979	1985 -	2004	2014	2015	-
Olkiluoto 1	BWR-2500, ABB-III	660 - 880	1974	1979 -	2012	2006	2012	-
Olkiluoto 2	BWR-2500, ABB-III	660 - 880	1975	1982 -	2012	2006	2015	-
Lovisa 1	PWR, VVER V-213	430 - 496	1971	1977 -	1998	1998	2015	Original
Lovisa 2	PWR, VVER V-213	445 - 496	1972	1981 -	1998	1998	2015	Original

Tabell 1. Data för kärnkraftverk inom den nordiska elmarknaden Nord Pool. Här anges reaktor, reaktortyp och fabrikat (W betyder Westinghouse), effekt vid driftstart och nuvarande effekt (angiven i MW elektrisk effekt), år för byggstart, år sedan driftstart, och i förekommande fall planerad drifttid utifrån rådande ekonomiska förutsättningar. De fyra sista kolumnerna ger senaste årtal för utbyte eller modernisering av turbiner, elgeneratorer och ånggeneratorer (endast PWR). Ånggeneratorerna för reaktorerna i Lovisa har aldrig behövt bytas eftersom konstruktionen i de ryska VVER-reaktorerna inte åldras på samma sätt som i andra reaktortyper.



Figur 1. Bilden visar de olika komponenterna i ett kärnkraftverk av kokvattenreakortyp (BWR). Tryckvattenreaktorer (PWR) har även ånggeneratorer, se [Så fungerar en tryckvattenreaktor](#) för mer information. De olika barriärerna är reaktortank, reaktorinneslutning och reaktorbyggnad. Se texten för mer information om komponenterna. Bild: Lasse Widlund.

Introduktion

I den svenska debatten om kärnkraft används ibland begrepp som "gamla" och "omoderna" reaktorer. De tolv kärnreaktorerna i det svenska lättvattenreaktorprogrammet togs i drift under åren 1972-1985, de fyra finska reaktorerna åren 1977-1982. Den äldsta reaktorn, Oskarshamn 1, är (april 2016) alltså 44 år gammal och den yngsta, Forsmark 3, är 31 år. I samband med folkomröstningen 1980 talades det ibland om en teknisk livslängd för reaktorerna på 25 år. Detta var en sammanblandning med den **ekonomiska avskrivningstiden**, den faktiska **livslängden** vid konstruktionen var minst 40 år. Senare har dessa uppskattningar reviderats, och de svenska reaktorernas livslängd är minst 60 år. I USA överväger man numera att utnyttja reaktorer byggda på likartat sätt som de svenska i 80 år. I Finland avser man att utnyttja reaktorerna i Lovisa i 50 år och de i Olkiluoto i 60 år, alternativt så länge som det är möjligt ur ekonomisk och säkerhetsmässig synpunkt.

I beskrivningarna i detta dokument används följande begrepp:

- **Åldring:** avser att en komponents egenskaper förändras i oönskad riktning med tiden under påverkan av den miljö den utsätts för.
- **Omodern:** avser att ett system eller en komponent inte längre uppfyller de krav man ställer på en ny anläggning.
- **Effekthöjning:** avser åtgärder som på ett eller annat sätt höjer den elektriska effekt som levereras ut på nätet.
- **BWR:** Kokvattenreaktor; Oskarshamn 1-3, Ringhals 1, Forsmark 1-3 och Olkiluoto 1-2 är kokvattenreaktorer. Se KSU:s informationsblad [Så fungerar en kokvattenreaktor](#) för mer information.
- **PWR:** Tryckvattenreaktor; Ringhals 2-4 och Lovisa 1-2 är tryckvattenreaktorer. Se KSU:s informationsblad [Så fungerar en tryckvattenreaktor](#) för mer information.

Reaktorerna

Tabell 1 på första sidan visar statusen för några av de större komponenterna i varje reaktor. Tabellen anger reaktortyp, elektrisk effekt vid full drift (angiven i MW för startåret och nuvarande effekt), år för byggstart, och år i drift. De fyra sista kolumnerna anger senaste år för utbyte eller modernisering av lågtrycks- och högtrycksturbiner, elgeneratorer samt ånggeneratorer (endast för PWR). Se avsnittet nedan för definitioner och beskrivningar av de olika komponenterna.

Effekthöjningarna har genomförts i flera steg och sker i allmänhet utanför själva reaktortanken. Reaktorhärden är likadan men man kan ta ut mer effekt genom att låta mer vatten passera genom härden och därigenom producera mer ånga, eller se till att den producerade ångan utnyttjas mer effektivt genom att höja verkningsgraden i turbiner och generatorer. För att åstadkomma detta kan man uppgradera eller byta ut en eller flera olika komponenter, eller indirekta åtgärder som att modernisera styrsystemet till exempelvis turbinerna.

Kostnader

Livstidsförlängningar, moderniseringar, säkerhetshöjningar och effekthöjningar är kostsamma investeringar med många års avskrivningstid, de kräver därmed långsiktig planering där framtida lönsamhet vägs mot alternativet att behöva stänga reaktorer. De senaste femton åren har det gjorts löpande stora investeringar i alla de svenska reaktorerna som nu genomgående är i mycket gott tekniskt skick. Investeringarna är på flera miljarder kronor per reaktor eller omkring två miljarder årligen vid varje kraftverk. Det ska ställas i relation till att en reaktor, beroende på storlek, producerar 4-10 miljarder kilowattimmar varje år. En helt ny reaktor på omkring 1000 MW kostar 40-50 miljarder kronor. Att hålla igång befintliga anläggningar så länge det är tekniskt möjligt är därmed ofta det billigaste alternativet.

Beskrivning av komponenter i ett kärnkraftverk

Ett kärnkraftverk består av en stor mängd olika komponenter och system. Här görs en grov indelning i vitala komponenter och en förklaring av hur de olika komponenterna åldras, i vilken utsträckning de kan anses vara omoderna, samt möjligheten att byta ut dem. Figur 1 på första sidan visar var komponenterna är placerade.

- **Reaktortank:** Detta är kärnkraftverkets hjärta, här finns bränslet och energin utvinns när fissionsprocessen värmer vatten till ånga, antingen direkt i reaktortanken (BWR) eller indirekt i ånggeneratorer (PWR). Ångan leds till turbiner, se nedan. Att byta ut reaktortanken är likvärdigt med att bygga en ny reaktor, med andra ord är det inte ekonomiskt försvarbart. Däremot byts inre delar ut, och även reaktortanklocket har bytts ut på flera svenska reaktorer. Åldringen följs kontinuerligt och tanken kan behandlas på olika sätt i syfte att förlänga dess tekniska livslängd. Reaktortankarna i svenska reaktorer liknar i stort reaktortanken i de anläggningar som byggs idag och kan inte anses vara omoderna.

- **Cirkulationspumpar:** Pumparna reglerar vattenflödet genom reaktorn och i en BWR även effekten, mer flöde ger högre effekt. I äldre BWR och i PWR sitter pumparna utanför reaktortanken, i yngre BWR är de monterade i botten av reaktortanken. Cirkulationspumparna går att byta ut och är inte begränsande för kärnkraftverkets tekniska livslängd.
- **Reaktorinneslutning:** Inneslutningen består av metertjocka betongväggar med metallplåt som ger gastätethet. Konstruktionen omges av spännkablar som vid en större olycka ska kunna hålla strukturen intakt om trycket ökar. Reaktorinneslutningen ska därmed tåla högt tryck och kunna hålla kvar radioaktivitet vid en olycka. Detta är den del på kärnkraftverket som är svårast att byta ut, om reaktortanken är konstruktionens hjärta så är inneslutningen dess skelettet. Betong har lång livslängd och kan få bättre egenskaper över tid. Däremot åldras spännkablarna genom att långsamt tappa i dragspänning, vilket minskar möjligheten att hålla inneslutningen intakt vid tryckökning. Åldringen följs kontinuerligt och gastätheten kontrolleras i återkommande täthetsprov vid högt tryck. Inneslutningarnas tekniska livslängd kan förväntas att med god marginal överstiga 60 år. Inneslutningarna i svenska reaktorer liknar i stort inneslutningen i de anläggningar som byggs idag och kan inte anses vara omoderna.
- **Reaktorbyggnad:** Byggnadens uppgift är att i huvudsak skydda den utrustning (säkerhetssystem) som finns i den. Den är i stort sett en konventionell byggnad utan större krav på täthet eller trycktålighet. Den utsätts inte för annan miljö än en normal byggnad. Erfarenheter från konventionella byggnader visar att de kan hålla lång tid. Skador kan repareras på samma sätt som för en konventionell byggnad. Reaktorbyggnaderna i svenska reaktorer liknar i stort de reaktorbyggnader i anläggningar som byggs idag och kan inte anses vara omoderna.
- **Ångturbin:** Den upphettade ångan far genom turbinen och får den att rotera. I moderna turbiner passerar ångan genom en högtrycksdel och en motsvarande lågtrycksdel, detta för att maximera verkningsgraden. Ångturbinerna är stora och dyra delar som behöver trimmas in noggrant för att fungera tillfredsställande. De kan bytas ut eller renoveras, vilket har gjorts på flera reaktorer, och är därför inte begränsande för kärnkraftverkets tekniska livslängd.
- **Elgenerator:** Generatorns rotor sitter på samma axel som ångturbinen och drivs av denna, den fasta delen är monterad runt rotorn. Alla delar kan bytas ut och är därför inte begränsande för kärnkraftverkets tekniska livslängd.
- **Ånggenerator (PWR):** I tryckvattenreaktorerna går det uppvärmda vattnet till ånggeneratorer där vatten i en sekundär krets förångas och driver en ångturbin och generator. De kan bytas ut och är därför inte begränsande för kärnkraftverkets tekniska livslängd. Ånggeneratorerna för de finska reaktorerna i Lovisa är av en helt annan sort och har inte behövt bytas ut.
- **Kondensor:** När ångan passerat turbinerna kondenseras den tillbaka till vatten. Kondensorn är en stor komponent men den går att byta ut helt eller i delar och är därför inte begränsande för kärnkraftverkets tekniska livslängd.
- **Säkerhetssystem:** I princip samtliga säkerhetssystem förutom reaktortank och reaktorinneslutning går att bygga om, byta ut eller modernisera. De är därför inte begränsande för kärnkraftverkets livslängd. Strålsäkerhetsmyndigheten (SSM) har via förhöjda krav initierat betydande moderniseringar av säkerhetssystemens uppbyggnad så att utformningen motsvarar moderna reaktorer. Denna typ av modernisering har skett i samtliga äldre svenska BWR. Grundutformningen av säkerhetssystemen i de senare anläggningarna var redan från början "före sin tid" och enbart mindre ändringar har erfordrats för att uppfylla de förhöjda kraven.
- **Vatten- och ångledningssystem:** I princip går det att byta ut alla delar i rörsystemet för transport av vatten och ånga. Det är därför inte begränsande för kärnkraftverkets tekniska livslängd.
- **Elsystem:** I princip går det att byta ut alla delar i det elektriska systemet, inklusive transformatorn som är en stor och dyrbar komponent. Det är därför inte begränsande för kärnkraftverkets tekniska livslängd.
- **Skalventiler:** Alla rör som går igenom reaktorinneslutningens väggar har skalventiler på båda sidor om inneslutningen. Dessa ventiler är en del av säkerhetssystemet och deras syfte är att innesluta radioaktivitet i inneslutningen vid en olycka. De kan bytas ut och är därför inte begränsande för kärnkraftverkets tekniska livslängd.
- **Haverifilter:** Med haverifilter går det att vid olyckstillbud ta ned övertryck i reaktorinneslutningen utan att frigöra stora mängder radioaktivitet till omgivningen. Filtret består av en vattencistern i en betongkonstruktion som ansluts till reaktorinneslutningen via rör med sprängbleck som öppnas vid ett visst tryck. Sverige var först med denna teknik på 1980-talet och därefter har andra länder installerat liknande anläggningar. Alla delar kontrolleras regelbundet och går att byta ut, de är därmed inte begränsande för kärnkraftverkets tekniska livslängd.

Författare: *Mattias Lantz – Uppsala universitet och Analysgruppen, Tomas Öhlin – Westinghouse och Analysgruppen*

Källor

- [Så fungerar en kokvattenreaktor](#), Kärnkraftsäkerhet och Utbildning AB, 2003 (pdf 1,1 MB).
- [Så fungerar en tryckvattenreaktor](#), Kärnkraftsäkerhet och Utbildning AB, 2003 (pdf 0,9 MB).