

Kärnenergi i Sverige 1991

Produktion, kostnader, miljö

Den svenska produktionen av el från kärnkraft under 1991 var 73,5 TWh (miljarder kilowattimmar). Detta var mer än 51 % av landets totala elframställning och innebar produktionsrekord för de svenska kärnkraftverken. Om den el som 1991 producerades med kärnkraft i stället hade framställts med fossila bränslen, skulle de totala svenska utsläppen av koldioxid och svaveldioxid ha fördubblats, och utsläppen av kväveoxider skulle ha ökat med nära 50 %.

Elproduktionen från kärnkraft under 1991 var 12 % större än året innan. Detta hade flera orsaker. Dels var tillgången på vattenkraft ovanligt god 1990, vilket minskade behovet av kärnkraft. 1991 var mera normalt i fråga om vattenkraft, och kärnkraftens fulla produktionskapacitet fick tas i anspråk sänkt som på 4 %. Dessutom var kärnkraftverkens produktionsförmåga större 1991 än 1990.

Den genomsnittliga kostnaden för kärnkraftelen (till högspänningsnätet) kan för 1991 uppskattas till mindre än 17 öre per kWh, vilket är lägre än för 1990. Denna kostnad innefattar kapitalkostnader, kostnader för kärnbränsle, personal och drift, samt försäkringspremier och avsättningar för framtida avfallskostnader.

Driftsäkerheten har varit god, men en serie missöden under årets avställningar för bränslebyte och underhåll har väckt medvetenhet hos kraftföretagen och myndigheten om behovet av att förbättra arbetsrutiner och säkerhetskultur.

Utsläppen av radioaktiva ämnen från kärnkraftverken till omgivningen har, 1991 liksom tidigare, varit långt under Strålskyddsinstitutets utsläppsgrens. De har till de närmast boende kunnat ge en extra stråldos på som mest några tusendelar av den dos svensken normalt får från naturliga och medicinska källor.

Elproduktion från kärnkraft

Totalt genererades i Sverige 142,5 TWh elkraft, och kärnkraftens andel var 73,5 TWh (51,6 %), se fig 1 på nästa sida.

Vattenkraften svarade för 62,3 TWh (43,7 %) och fossilkraften för 6,7 TWh (4,7 %).

Kärnkraftens stora andel avspeglar dels god produktionsförmåga, dels stor efterfrågan på kärnkraftel. Låt oss först se på efterfrågan.

Kärnkraftelen behövdes

Elkraft är en "färskvvara" som måste förbrukas i samma ögonblick som den produceras. Om, under vissa tider, efterfrågan är mindre än produktionsförmågan, måste några kraftverk minska sin produktion.

Av kostnadsskäl använder man då vanligtvis så mycket vattenkraft som möjligt och drar i stället ner fossil- och kärnkraften.

Men tillgången på vattenkraft kan variera med upp till 20 % (~ 12 TWh) från år till år, beroende på snö- och regnmängder.

I motsats till 1990, då vattentillgången var ovanligt god, var 1991 ett ganska normalt år i detta avseende. ("Normalårsproduktionen" av vattenkraft anges till 64 TWh).

Dessutom var medeltemperaturen lägre 1991, vilket gav större efterfrågan på el. Kärnkraftverken fick därför drivas närmare sin fulla produktionsförmåga.

Ett mått på produktionsförmågan hos ett kraftverk är *energitillgängligheten*.

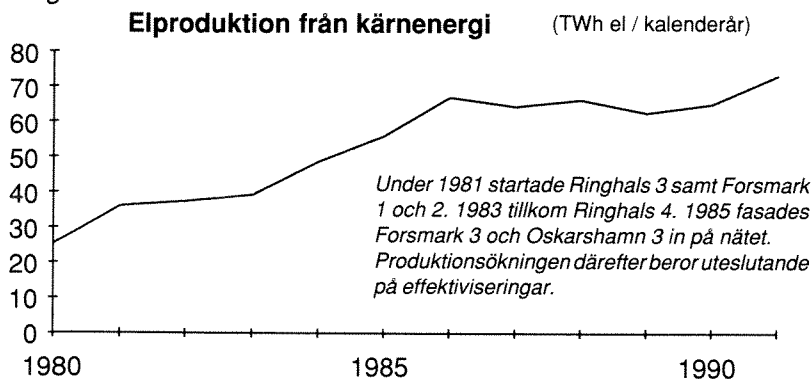
Energitillgängligheten är den energi som verket hade kunnat producera under året (om det funnits avsättning), dividerad med den energi som (teoretiskt) hade producerats om verket hela tiden körts på maximal effekt.

Energitillgängligheten är aldrig 100 procent, eftersom det finns inplanerade avställningsperioder för bränslebyte och underhåll.

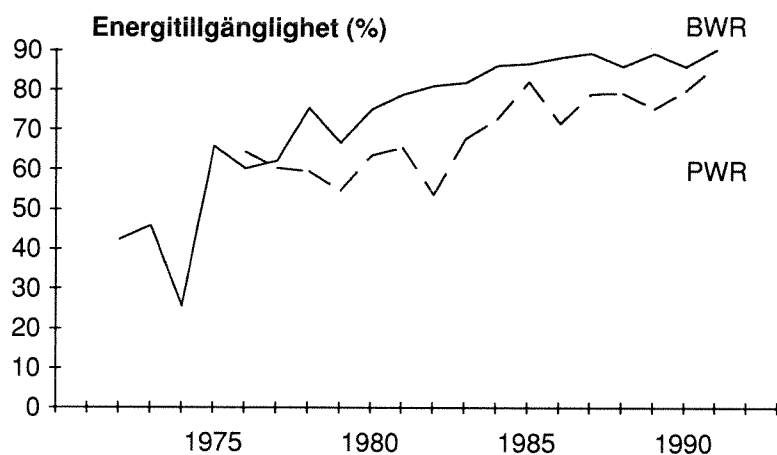
Fel och oplanerade underhållsbehov drar ytterligare ner energitillgängligheten. Därför kan den betraktas som ett godhetstal för driften.

Reaktortyper i diagrammen: Kokvattenreaktor (BWR), tryckvattenreaktor (PWR)

Figur 1



Figur 2



Tabell 1

Startår	Aggregat	Nettoeffekt (MWe)	Nettoenergi (TWh)		Energittillgänglighet (%)	
			1990	1991	1990	1991
1972	Oskarshamn 1	442	2,49	3,35	64,9	89,3
1975	Oskarshamn 2	605	4,05	4,10	88,5	83,8
1975	Barsebäck 1	600	4,37	4,50	95,2	90,5
1975	Ringhals 2	875	5,06	6,23	71,5	88,7
1976	Ringhals 1	795	4,27	5,64	77,6	85,0
1977	Barsebäck 2	600	4,27	4,61	88,2	94,3
1981	Ringhals 3	915	5,88	5,92	76,5	79,7
1981	Forsmark 1	968	6,26	7,49	88,1	91,0
1981	Forsmark 2	969	6,41	7,16	91,2	90,7
1983	Ringhals 4	915	6,47	6,92	90,7	90,6
1985	Forsmark 3	1155	7,94	8,67	92,2	94,5
1985	Oskarshamn 3	1160	7,64	8,93	85,5	91,5
Summa/Medelvärde		9999	65,25	73,51	84,2	89,1
Barsebäcksverket		1200	8,64	9,11	91,7	92,4
Forsmarksverket		3092	20,67	23,31	90,5	92,1
Oskarshamnverket		2207	14,24	16,38	79,6	88,2
Ringhalsverket		3500	21,68	24,71	79,1	86,0

(1 TWh = 1 miljard kilowattimmar)

Nettoeffekterna gällde under hela 1991. För vissa verk innebar det en höjning från 1990.

För de svenska verken var under 1991 energittillgängligheten 89 %. Figur 2 visar hur energittillgängligheten successivt förbättrats.

(För USA förutsågs 73,5 % för 1991, och man har som mål att till 1995 komma upp i 80 %).

Elförbrukningen har stigit

Om de svenska kärnkraftverken under 1991 fått utnyttja sin fulla produktionsförmåga skulle de ha levererat 76,9 TWh.

Anpassningen till efterfrågan medförde emellertid en produktionsminskning med 4 %. För 1990 var denna minskning 12 %.

Eftersom elförbrukningen fortsätter att stiga kan man räkna med att den fulla produktionsförmågan kommer att efterfrågas i allt högre grad.

Tabell 1 sammanfattar produktionsresultaten för de enskilda kärnkraftaggregaten och för verken som helhet.

De angivna nettovärdena innebär att anläggningarnas egen elförbrukning har dragits av från bruttovärdena.

Prognoserna justeras upp

De svenska kärnkraftverkens långsiktiga produktionsförmåga har under flera år angetts till 68 TWh. Så skedde t ex i NUTEKs Energirapport 1991.

I denna bedömning har man tagit hänsyn till ett möjligt större driftavbrott, motsvarande ett bortfall av ca 2 TWh.

Som framgått ovan var under såväl 1990 som 1991 produktionsförmågan större (73 resp 77 TWh) än den prognostiserade.

Kraftindustrin har därför uppjusterat den förutsedda produktionsförmågan till 72 TWh per år. (Risken för större driftavbrott är då ej inräknad).

Om de goda driftresultaten håller i sig, kan det finnas anledning att höja prognosen ytterligare.

Det finns dessutom förutsättningar att genom tekniska förbättringar öka den nominella effekten för flera av aggregaten.

Kärnkraftens kostnader 1990 och 1991

Kostnaderna för 1991 finns ännu inte framlagda i detalj. För 1990 redovisade kraftföretagen en medelkostnad på 18,0 öre/kWh.

På grund av den högre produktionen under 1991 kan man förutse att de redovisade energikostnaderna kommer att minska med åtminstone 1 öre/kWh till 17 öre/kWh eller lägre.

Kapitalkostnaden dominerar

Den genomsnittliga energikostnaden för 1990 fördelade sig på följande sätt:

Tabell 2

Kapitalkostnader	7,5 öre/kWh
Bränsle, skatt, avfallsavgifter	5,0 öre/kWh
Drift, underhåll m m	5,5 öre/kWh
	18,0 öre/kWh

Under 1991 betalade kraftföretagen in över 1300 miljoner kronor till kärnavfallsfonden i Riksbanken.

Fondens behållning uppgår nu till nära 10 miljarder kronor.

Andra drifterfarenheter från 1991

Få snabbstopp, låga personaldoser
Kraftföretagen har internationellt enats om ett antal "godhetstal" som används för att karakterisera driftresultaten.

Energitillgängligheten är ett sådant. Ett annat är antalet *snabbstopp* under ett år.

Snabbstopp utlöses - manuellt eller automatiskt - om vissa processvärden hamnar utanför föreskrivna gränser.

Antalet snabbstopp är inte bara en indikator på driftens stabilitet.

Eftersom varje snabbstopp utsätter verket för vissa påfrestningar, är det av betydelse för den långsiktiga säkerheten att antalet hålls nere.

Internationella jämförelser av snabbstoppfrekvens måste dock göras med viss försiktighet, eftersom få snabbstopp skulle kunna tyda på alltför stor okänslighet hos skyddsautomatiken.

Figur 3 visar hur det genomsnittliga antalet snabbstopp per reaktor och år har minskat i Sverige. Det är nu nere i drygt 1. Från fyra av reaktorerna rapporterades inte ett enda snabbstopp under 1991.

Som jämförelse kan nämnas att man i USA satt som mål att till 1995 uppnå en genomsnittlig snabbstoppfrekvens på 1 per år, efter att i mitten på 80-talet ha legat kring 4.

Stråldosen till personal

Ett annat officiellt godhetstal är stråldosen till personalen. Den avspeglar omfattningen av reparations- och underhållsarbetena men också strålskyddets effektivitet.

Man brukar här ange den sammanlagda stråldosen till hela personalen, den s k *kollektivdosen*, uttryckt i mansievert.

Den säger mera om strålskyddet än personalens medeldos, eftersom medeldosen skulle kunna hållas låg genom att fördela strålningsbelastningen på många människor.

Figur 4 visar utvecklingen av kollektivdosen med tiden. För 1991 var den

genomsnittliga kollektivdosen för de svenska aggregaten 1,06 mansievert.

Det kan jämföras med det mål man i USA satt för 1995: 1,85 mansievert för tryckvattenreaktorer och 2,55 för kokarreaktorer.

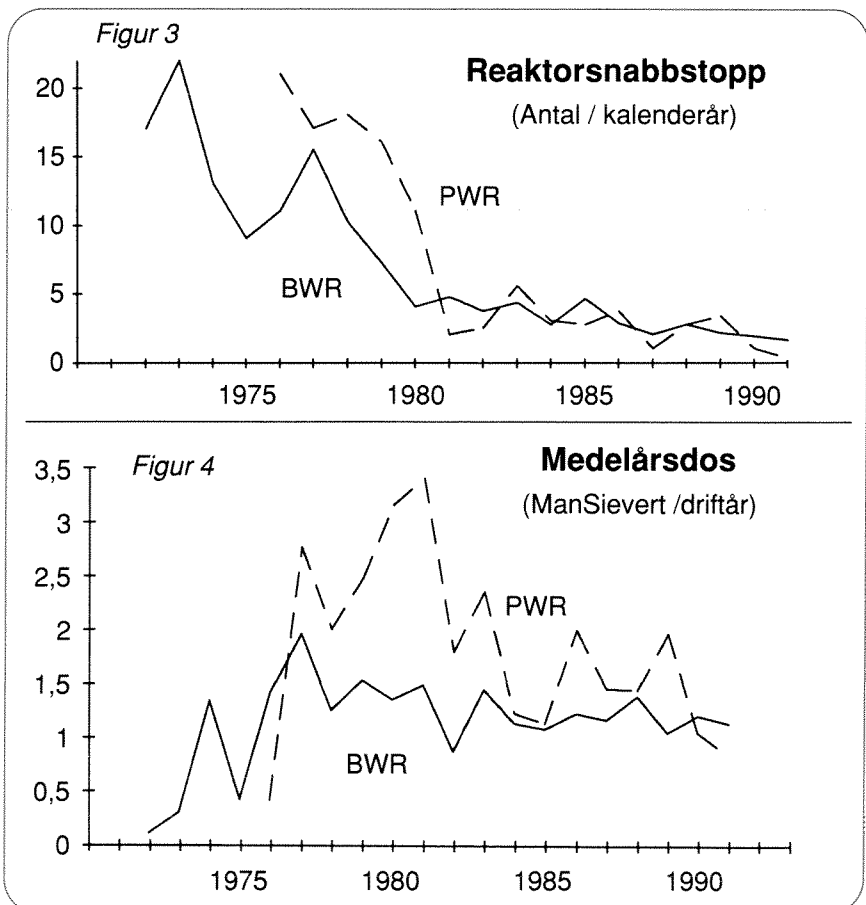
Skärpning kan ändå behövas

Utöver de gynnsamma resultaten av driften vid full effekt, som bl a ledde till produktionsrekord, noterades en mera negativ utveckling i samband med de årliga avställningarna för bränslebyte och underhåll.

Under dessa "revisionsavställningar" sker många ingrepp i stationen och personalen är mångdubblad. Här inträffade 1991 ovanligt många missöden, som ofta kunde återföras på den mänskliga faktorn.

Händelserna innebar inga hot mot säkerheten, men skulle kunna tyda på försämrad disciplin och "säkerhetskultur". Både kraftföretagen och tillsynsmyndigheterna har sett allvarligt på det inträffade och vidtagit åtgärder.

Man har bl a kartlagt arbetsförhållandena och förbättrat de administrativa rutinerna.



Miljö

Mycket låga stråldoser till närboende

Vid den normala driften av kärnkraftverk sker små utsläpp av radioaktiva ämnen till luft och vatten.

Utsläppen mäts regelbundet och kontrolleras av Statens strålskyddsinstitut. Det rör sig till största delen om kortlivade radioaktiva ämnen, som inte ger någon långsiktig uppbyggnad av radioaktivitet i omgivningen.

Enligt Strålskyddsinstitutets bestämmelser skall ett års utsläpp under normala förhållanden inte orsaka stråldoser över 0,1 millisievert till närboende.

Detta kan jämföras med att svensken i genomsnitt får en årlig stråldos av 5 millisievert, främst från naturlig strålning och i medicinska sammanhang.

De svenska kärnkraftverken har alltid kunnat hålla sina utsläpp långt under den gräns som Strålskyddsinstitutet föreskrivit.

Tabell 3 visar de preliminära stråldoserna till närboende för 1991:

Tabell 3

Arsdos* till närboende vid:

- Forsmark	0,001 millisievert
- Oskarshamn**	0,002 millisievert
- Ringhals***	0,013 millisievert
- Barsebäck	0,001 millisievert

Dosgränsen är enligt SSI 0,1 millisievert
Medeldosen per år i Sverige från naturlig strålning och sjukvård är 5 millisievert

* Dessa dosvärden anger dosen till närboende från ett års utsläpp och innefattar bidrag från uppmätta radioaktiva ämnen samt kol-14, (beräknat bidrag)

** I dosvärdet för Oskarshamn ingår ett litet bidrag från centrala mellanlagret för använt bränsle (CLAB)

*** Det relativt högre värdet för Ringhals, som domineras av kol-14- bidraget, beror inte på att mer kol-14 släpps ut utan på att en lägre skorstenhöjd hos tryckvattenreaktorerna ger en högre dos i kraftverkets närmaste omgivning.

Använt kärnbränsle mellanlagras...

Under 1991 transporterades 157 ton använt kärnbränsle till centrala mellanlagret CLAB vid Oskarshamnsverket. Bränslet skall mellanlagras där i ca 40 år före slutförvaring.

Vid årets utgång fanns 1 500 ton använt bränsle lagrat i CLAB. Stråldosen till personalen (ca 100 personer) var i medeltal ca 1 millisievert.

... och driftavfall slutförvaras

Under 1991 transporterades 1 836 m³ låg- och medelaktivt avfall till Slutförvaret för radioaktivt driftavfall, SFR, vid Forsmarksverket. Vid årets utgång fanns 7 912 m³ avfall i slutförvaret.

Medeldosen till personalen 1991 var synnerligen låg, ca 0,02 millisievert.

Utsläpp undveks genom kärnkraften

Normal drift av kärnkraftverk ger inga utsläpp av vare sig växthusgaser som koldioxid, eller försurande ämnen som svaveldioxid och kväveoxider. Framställningen av kärnbränslet kan dock ge små mängder luftföroreningar (se faktaruta).

Elproduktionen från kärnkraft i Sverige var 1991 73,5 TWh. Om denna elmängd i stället hade producerats på samma sätt som nu sker i Danmark, dvs till helt övervägande del med fossila bränslen, och i inte helt moderna kraftverk, skulle de resulterande utsläppen i Sverige ha blivit:

65 miljoner ton koldioxid
240 000 ton svaveldioxid
140 000 ton kväveoxider.

Detta skulle ha inneburit en fördubbling av de totala svenska utsläppen av koldioxid och svaveldioxid. Kväveoxidutsläppen skulle ha ökat med 50 %.

“Utsläppen som vi undvek” av svavel- och kväveoxider skulle bli mindre om man antog modernaste teknik i fossileldade verk. Men koldioxidutsläppen skulle förbli desamma.

Genom kärnkraften undveks 1991 också 2 miljoner ton fast avfall i form av aska och stoft.

Sådant avfall från fossileldning innehåller en rad giftiga tungmetaller som arsenik, kadmium, kvicksilver och bly.

Denna bakgrund har sammanställts av:

Anna Borg, KSU
Ingemar Lindholm, SKB
Evelyn Sokolowski, KSU
Carl-Erik Wikdahl, Energiforum AB

Uppgifterna är till stor del hämtade ur den årliga sammanställningen: "Drifterfarenheter från svenska kärnkraftverk", KSU.

(1991 års upplaga utkommer i mars)

Faktaruta

Utsläpp vid framställning av kärnbränsle

Det har påståtts att tillverkningen av kärnbränslet pga energiåtgång- en vid isotopanrikningen indirekt skulle ge betydande utsläpp av luftföroreningar som svaveldioxid, kväveoxider och koldioxid.

Detta skulle främst bero på att isotopanrikningen förbrukar stora mängder el som framställs i fossilkraftverk.

Påståendet är inte korrekt.

Låg elåtgång

Isotopanrikning sker antingen med gasdiffusions- eller gascentrifugprocessen.

I diffusionsprocessen går det åt ca 3 % av den energi som det anrikade bränslet sedan producerar i reaktorn. I centrifugprocessen är motsvarande siffra 0,1 %.

För de svenska reaktorerna sker isotopanrikningen antingen i England, Holland, Tyskland eller Ryssland med energisnål centrifugteknik, eller i Frankrike med den mera energikrävande diffusionstekniken. Men diffusionsprocessen drivs där med kärnkraft.

Endast en mindre del av den svenska isotopanrikningen sker i USA, med diffusionsanläggningar som drivs med kolkraft och som därför ger luftföroreningar.

Luftutsläppen från uranbrytning- en är små, t o m mindre än från isotopanrikningen.

Små utsläpp

Utsläppen av svaveldioxid och kväveoxider från hela bränsletillverkningsprocessen blir för den svenska kärnkraften bara ett par procent av utsläppen från motsvarande elproduktion i moderna fossilkraftverk.

För koldioxid är siffran ca en halv procent.