1531

Säkerhet i tjugonde seklet – exemplet Ågesta kraftvärmeverk

Magdalena Tafvelin Heldner

INLEDNING

Kärnkraftverk övervakas dygnet runt genom flera av varandra oberoende säkerhetssystem. Datorerna är omistliga och personalen utbildas fortlöpande för att kunna lösa varje tänkbar situation.[1] Probabilistisk och deterministisk säkerhetsanalys används för att förekomma möjliga risker och åstadkomma en så säker verksamhet som möjligt.[2] Säkerheten kontrolleras även utifrån av såväl internationella som nationella och lokala myndigheter och organisationer.

Utifrån detta perspektiv kan man fråga sig hur säkerheten hanterades vid atomenergianläggningar innan datorerna började användas för kontroll och övervakning vid denna typ av anläggningar och innan välutvecklade regelsystem på nationell och internationell nivå blivit verklighet. Hur arbetade man konkret med säkerheten? På vilka sätt påverkade detta var anläggningarna kunde byggas? I förlängningen kan man även fråga sig om kärntekniska anläggningar var farligare förr?

På 1940- och 1950-talen när Sverige började satsa på atomenergi var staten liksom industrin uppfyllda av utopin om ett välfärdssamhälle drivet av atomenergi. Eventuella problem sköts på framtiden. Genom åren har synen på kärnteknikens risker förändrats. Utopin gick mot en dystopi, farlig och ohållbar. Idag har the N-word åter kommit på agendan, nu både som energi- och miljöfråga.[3]

< Strålskyddsdörrar i Ågestaverket. Foto Nisse Cronestrand/Tekniska museet. Dig 14570

Men kärntekniken utgör fortfarande "ett modernt problem" – en risk vi inte kan överblicka och fortfarande skjuts svårlösta frågor, såsom slutförvar, på framtiden.

I den här artikeln skall jag titta närmare på kontroll- och säkerhetsarbetet vid Ågestaverket i Huddinge kommun utanför Stockholm, en el- och värmeproducerande försöksanläggning, som var i drift 1963–1974.

Tekniska museet, Stockholms läns museum och Länsstyrelsen i Stockholms län gjorde en industrihistorisk dokumentation av Ågestaverket under 2005–2007. Dokumentationen innefattade fältarbete, intervjuer, fotodokumentation och filmning, samt arkiv- och litteraturstudier. Dokumentationen utgör också mitt främsta källmaterial i den här artikeln, i synnerhet intervjumaterialet.[4]

Sammanlagt gjordes åtta intervjuer vilka bandades och transkriberades. Bland de intervjuade fanns både chefer, driftspersonal och administrativ personal representerade. Ett par av de intervjuade arbetar nu med avveckling och servicedrift, men har även ett förflutet i Ågesta under driftsperioden. Frågorna till dem som intervjuades kretsade kring rekrytering och utbildning, kraftverket som arbetsplats, säkerhet, företagskultur, nedläggningen och om Ågesta som kulturarv. Intervjutillfällen varade mellan en och fyra timmar och ägde rum i informantens hem eller nuvarande arbetsplats, i ett fall på Tekniska museet och i ett fall på plats i Ågestaverket. Intervjumaterialet omfattar 135 sidor transkriberad text, vilket bevaras för framtiden i Tekniska museets arkiv.

Som en inledande bild har jag valt strålskyddsdörrar av stål med ett blyskikt, på plan 15 i korridor 1525, se sidan 148. Dörrarnas fasade utformning och blyskiktet skärmar av olika typer av joniserande strålning.[5]

Återkommande i artikeln är de väsentliga begreppen risk och säkerhet. Riskbegreppet har diskuterats mycket under mer än 20 år och kärnkraften anges ofta som ett exempel på en ny och fasansfull risk. Under senare år har forskare från många olika discipliner blandat sig i debatten.

Lennart Sjöberg, professor i riskhantering vid Handelshögskolan i Stockholm ringar i en artikel i tidskriften *Tvärsnitt* in komplexiteten i riskbedömningar, att risker inte kan reduceras till sociala konstruktioner och att forskningen står inför en viktig uppgift att bredda begreppet.[6] Ett huvudargument hos Sjöberg är att man måste beakta riskens betydelse med hänsyn till om det finns likvärdi-

ga tekniska alternativ till det som är farofyllt. Är en riskfylld företeelse ensam på marknaden tenderar man i större utsträckning att negligera farorna, säger Sjöberg, och drar paralleller till tåget för hundra år sedan och mobiltelefonen när den var ny. Kärnkraften under de första 20–30 åren kan sägas utgöra ett annat exempel.

ATT TÄMJA KRAFTEN

Kärnteknisk verksamhet brukar anses kräva extremt hög säkerhet samtidigt som säkerheten aldrig helt kan garanteras. Säkerhet och risk är starkt förenade och förändras också över tid. Säkerhetstänkandet när det gäller kärnkraften har vuxit fram gradvis. Förbättringar har inte skett kontinuerligt utan har snarare drivits fram av olyckor eller ökad kunskap som gett insikt om att något är nödvändigt att förändra. Varje kärnkraftverk i Sverige har idag strikt ansvar för att följa de lagar och regler som gäller för den specifika anläggningen. SKI (Statens kärnkraftsinspektion) och SSI (Statens strålskyddsinstitut) är de myndigheter som har tillsynsansvar för anläggningarna.[7] Det internationella samarbetet när det gäller kärnkraften, företrädelsevis inom FN-organet IAEA (International Atomic Energy Agency), är etablerat sedan många år och ländernas säkerhetspolicies är samordnade.

Men vad menar man egentligen med säkerhet? Begreppet säkerhet används ofta som motsats till risk: hög säkerhet ger liten risk. Säkerhet kan sammanfattas som åtgärder eller egenskaper som minskar sannolikheten för att olyckor eller andra oönskade händelser skall inträffa. Begreppet risk kan delas in i tre delar när det är fråga om tekniska risker. För det första gäller det sannolikheten för en oönskad konsekvens av en händelse, för det andra konsekvensens omfattning. För olycksrisker tillkommer även en tredje komponent: sannolikheten för att en händelse över huvud taget ska äga rum.[8]

Jag vill belysa dessa frågor utifrån exemplet Ågesta kraftvärmeverk. Ågestaverket hade få skrivna föreskrifter men det fanns ändå inarbetade rutiner vad gäller säkerhet och kontroll. Säkerhetstänkandet genomsyrade också hela verksamheten och jag har valt att göra några nedslag i delar som jag anser väsentliga för att beskriva detta. Men först något om arenan, Sverige när de första satsningarna på kärnkraft gjordes.

VÅR FÖRSTA ÖNSKAN: ENERGI

Den svenska utvecklingen på kärnkraftens område går tillbaka till 1945 och måste ses mot bakgrund av de internationella initiativen. USA tog kontakt med den svenska regeringen som upplystes om att Sverige hade en av världens största uranfyndigheter. Denna fyndighet ville USA ha option på, eller åtminstone en garanti för att den inte skulle hamna i händerna på ryssarna. Det sågs som en klar risk. Propån satte så att säga bollen i rullning.

Regeringen var enig om att utreda hur Sverige skulle kunna utveckla och använda kärnkraften. Forskning om kärnvapen gavs högsta prioritet och en Atomkommitté bildades. Här fanns både civil och militär potential. Kärnkraften ansågs vara en "ren" energikälla som skulle kunna erbjuda en lösning på problemen med det förorenande kolet och oljan som förr eller senare skulle ta slut. Med kärnkraft skulle heller inte vattenkraften behöva byggas ut, vilket angavs som ett miljöskäl. Energioberoende och ett starkt försvar skulle skapa välfärd och säkerhet. År 1947 bildades AB Atomenergi, ett till 4/7 statligt företag. De övriga 3/7 ägdes av 24 svenska industriföretag. Syftet var att inom landet bedriva prospektering och utvinning av material för utnyttjandet av kärnenergin samt för att bygga kärnreaktorer till forskningens och näringslivets tjänst.[9]

År 1950 fattades beslutet att bygga Sveriges första kärnreaktor, R1 vilken förlades till ett bergrum 25 meter ner i berget mitt i Stockholm på Ingenjörsvetenskapsakademiens område som idag tillhör KTH.[10] R1 blev världens första bergrumsförlagda reaktor och med projektet förvärvades viktiga konstruktions- och byggerfarenheter och en liten stab av forskare och ingenjörer utbildades. Vid planeringen av R1 beaktades säkerhetsfrågan på så vis att närheten till "vetenskapsstaden." som området kallades, ansågs viktigare än faran med en tätortsplacering. Synen på en god arbetsmiljö tycks också ha varit rätt annorlunda. Fotografier från tiden visar unga manliga ingenjörer, med pipan i mungipan och nästan helt utan skyddsutrustning inne i reaktorhallen.

Under 1950-talet avlöste flera statliga utredningar varandra. Av väsentlig art var Bränsleutredningen och Atomenergiutredningen som presenterade den så kallade svenska linjen för användning av kärnenergi. Denna innebar att de svenska reaktorerna skulle drivas med svenskt naturligt uran som också skulle ge tillgång till använt bränsle och därmed plutonium för att utveckla nya reaktor-

typer (lättvattenreaktorer med anrikat bränsle och bridreaktorer) samt kärnvapen. Reaktorerna skulle modereras och kylas med tungt vatten, en säkrare och billigare lösning än grafit som till exempel engelsmännen satsade på. Vidare var tanken att Sverige åtminstone inledningsvis skulle satsa på ett flertal mindre kärndrivna värmeverk för fjärrvärme.

Atomenergiutredningen lades fram i mars 1956 och i maj samma år fattade riksdagen beslut om att i huvudsak följa atomenergiutredningens förslag.[11] Samma år antog riksdagen lagen (1956:306) om rätt att utvinna atomenergi (Atomenergilagen). Denna lag reglerade tillstånd för att uppföra, inneha eller driva kärnreaktorer och anläggningar för bearbetning av kärnbränsle. Genom atomenergilagen fick regeringen och tillståndsmyndigheterna ett instrument för att kontrollera och säkerställa atomenergiverksamheten i Sverige. Även annan relevant lagstiftning sågs över. Från mitten av 1950-talet ökade det internationella samarbetet avsevärt inte minst när det gällde säkerhet och kontroll.

ÅGESTA KRAFTVÄRMEVERK

När strategin för den svenska linjen var klar sattes nästa kärnkraftsprojekt igång. 1956 började Ågesta kraftvärmeverk att planeras, en prototypanläggning för produktion av el och värme samt testning av bränsle. Säkerhetstänkandet när det gäller förläggning av kärnkraftverk hade förändrats sedan byggandet av R1. Nu krävdes att ett kärnkraftverk anlades minst två kilometer från tät bebyggelse.[12] Valet föll på en plats i Huddinge kommun, nära stockholmsförorten Farsta. Fyra kilometer utanför de centrala delarna uppfördes kraftverket. Platsen hade en lantlig prägel med sjöar och skog, en gård med anor från 1300-talet och några sommarstugor. Den kärntekniska anläggningen var en solitär i det agrara landskapet.

Projektet drevs gemensamt av Vattenfall, AB Atomenergi och Stockholms Elektricitetsverk. Ansvaret fördelades så att AB Atomenergi och Vattenfall ansvarade för reaktortekniken och Stockholms Elektricitetsverk tillsammans med Atomkraftkonsortiet Krångede AB & Co för turbinstationen. Stockholms Elektricitetsverk var också byggherre för hela anläggningen.

I enlighet med Atomenergiutredningens direktiv valdes en reaktor där svenskt naturligt uran användes som bränsle och tungt vatten som moderator och kyl-



Ågestaverket 1974. Foto Tommy Mardell.

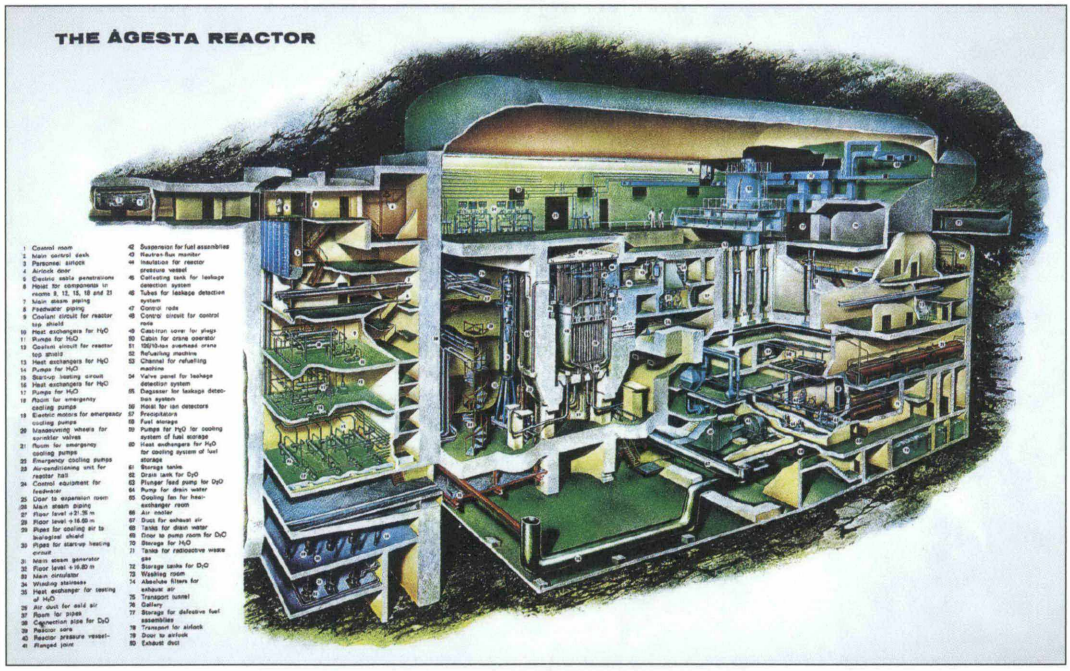
medel.[13] Av säkerhetsskäl förlades reaktorn till ett bergrum med en plåtinklädd gastät inneslutning som var 40 meter djup, 55 meter lång och 17 meter bred. Denna åskådliggörs till höger i en sprängskiss av "atomkonstnären" Arvid Nilsson. Reaktorn hade en termisk effekt på 65 MW, varav 55 MW levererads som fjärrvärme till Farsta och 10 MW omvandlades till elektricitet.[14] Reaktortypen var avgörande för förläggningen eftersom man på detta sätt skulle få avsättning för värme och el, samtidigt som en sådan reaktor inte kunde läggas för långt utanför en stad, men inte heller för nära. Utanför inneslutningen, men inne i bergrummet låg även kontrollrummet och kraftverkets konventionella delar. Säkerheten gällde alltså både för personalen, de omkringboende och som skydd mot luftanfall.

I AB Atomenergis egen beskrivning av hur Ågestaverket byggdes framhölls säkerhetsaspekterna och den noggrannhet med vilken arbetet utfördes. Säker-

heten granskades kontinuerligt av AB Atomenergis säkerhetskommitté, Delegationen för atomenergifrågor och Medicinalstyrelsens strålskyddsnämnd. Enligt AB Atomenergi åstadkom man ett system som fick "en naturlig inneboende säkerhet och av sig självt motverkar farliga driftstörningar".[15] I Ågestaverket byggde man även in en reaktorgrav placerad under reaktorn, där den uttjänta reaktorn skulle kunna sänkas ner: slutförvar på plats.

Bilden till vänster togs på 1970-talet och visar det man såg av anläggningen ovan jord. Uppe på berget skymtar kyltorn, nedanför verkstads- och laboratoriebyggnaden, ångturbinanläggningen med ingången till själva bergrummet, den låga administrationsbyggnaden, samt infarten till transporttunneln som gick in till reaktorhallen.

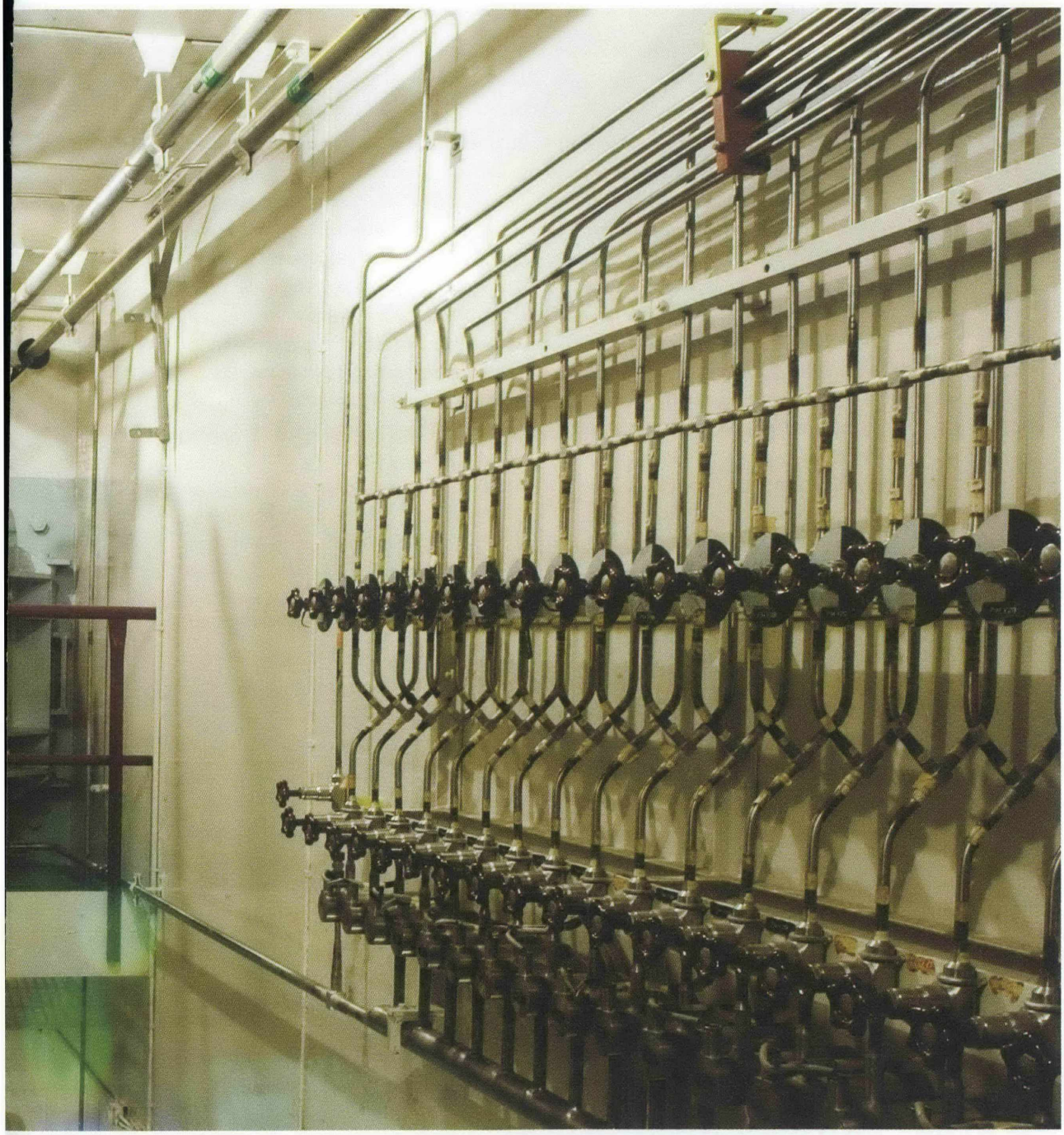
The Ågesta Reactor, sprängskiss från AB Atomenergi, ritad av Arvid Nilsson.





Ventilbank i rum 0724 i Ågestaverket. Rakt fram en strålskyddsdörr till rörkulvert. Om rum 0724, läs texten på sidan 158. Foto Nisse Cronestrand/Tekniska museet.

Dig14617



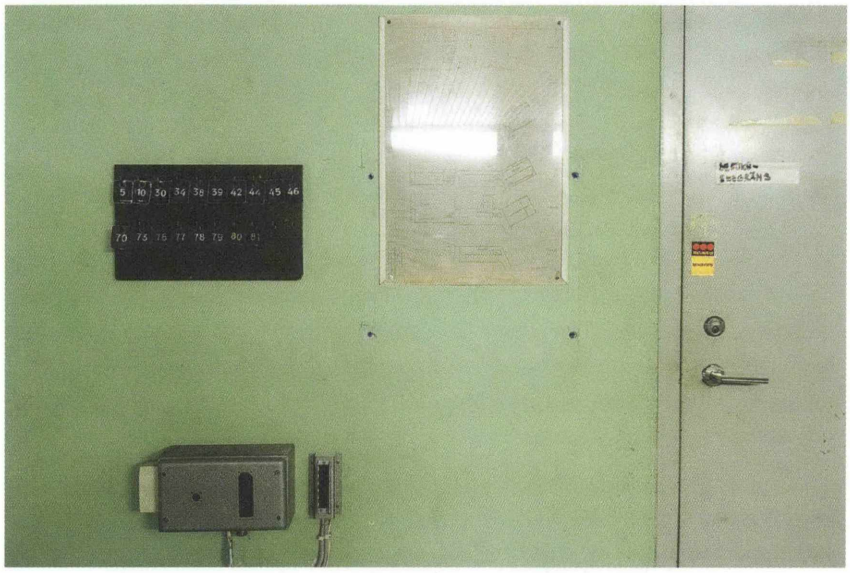
BYGGET

Huvudleverantören ASEA och ett stort antal svenska företag var inblandade i anläggningens olika delar. ASEA stod för detaljkonstruktion, tillverkning, montage av viktiga komponenter till reaktordelen och styrdon. Nohab (Nydqvist & Holm AB) i Trollhättan levererade laddmaskinen, Degerfors Järnverk tillverkade reaktortanken, lock och dithörande komponenter, Jönköpings Mekaniska Werkstad AB och AB Rosenblads Patenter i Stockholm tillverkade huvudvärmeväxlarna.[16]

Tekniken var oprövad och omgiven av nya kvalitetskrav som renhet, täthet och särskilda materialkrav med stora säkerhetsmarginaler. Omvittnad är hantverkarnas skicklighet för att åstadkomma de toleranser som krävdes för att tekniken skulle fungera. Under processen gjordes ständiga kontroller för att garantera att kraven upprätthölls. Montagekontrollen omfattade såväl okulärbesiktning, mätningar, ultraljud- och röntgenundersökningar som läcksökning med helium – allt för att få en så stabil och säker anläggning som möjlig.

Bilden på sidorna 156–157 är från plan 07 driftrum 0724 för läckagedetektering. Detta rum ger exempel på den ingenjörskonst som Ågestaprojektet stod för. De atomtekniska kraven på driftsäkra konstruktioner med litet servicebehov var mycket höga, dels för att det rörde sig om en radioaktiv verksamhet, dels för att det tunga vattnet var oerhört kostsamt och inte fick läcka ut. Alla konstruktioner omgavs med extrema täthetskrav. De hade svetsade förband och särskilda lösningar för att undvika att radioaktiviteten satte sig i spalter eller fickor. Lika höga krav gällde för ytjämnhet på medieberörda ytor och svetsskarvar. Minsta möjliga tungvatteninnehåll var också ett krav för att onödiga volymer skulle undvikas. Vidare var det viktigt med god dränering och att kunna manövrera ventiler med mera i radioaktiva system. Valet av material skulle tåla förekommande strålning utan att brytas ner eller förändras med tiden. Rostfritt stål med så kallad reaktorkvalitet, skulle väljas i medieberörda delar i tungvattenanläggningssystemet.

Under år 1962 genomfördes tester med lätt vatten och året därpå fördes tungt vatten in i systemet. Klockan 17.47 den 17 juli 1963 uppstod kriticitet första gången och anläggningen var igång.[17] Ågestaverket hade en fastställd drifttid på tio år och lades ner 1974. Den svenska linjen hade då sedan flera år övergivits till förmån för lättvattenanläggningar.



Dörr till kontroll- och ställverksbyggnaden. Brickorna till vänster användes för identifiera den personal som gick in på kontrollerat område. Foto Nisse Cronestrand/ Tekniska museet. Dig 14663

ATT NÄRMA SIG EN KÄRNTEKNISK ANLÄGGNING

Intervjuerna berättar att en beväpnad vakt skötte inpasseringen till kraftverksområdet och släppte endast in personal och föranmälda besökare. När driftspersonalen kom in för dagen fick de med sig olika typer av dosimetrar som mätte strålning på personer och i omgivningen. Dosimetrarna lämnades tillbaka till vakten efter dagens slut. Resultaten noterades och följdes upp. En särskild sorts individuell dosimeter skickades in till AB Atomenergis forskningsreaktor i Studsvik där resultaten tolkades. Den högsta sammanlagda stråldosen per person och år fick högst vara fem rem.[18] Om stråldosen översteg denna gräns fick man inte arbeta förrän nivån gått ner. I några få fall konstaterades förhöjda stråldoser, inte på driftspersonalen utan på entreprenörer som utfört arbeten i kraftverket.[19] Inne på området passerade man flera olika slags barriärer. Första anhalten till inneslutningen var kontroll- och ställverksbyggnaden. Vid den oansenliga dörr

som bilden på sidan 159 visar stämplade man in och tog en bricka som utgjorde ett slags "identitetskort". På så vis kunde man alltid kontrollera hur många som fanns på plats i kraftverket.

KONTROLLERAT OMRÅDE

Om man ser turbinbyggnaden utifrån ger den intryck av att omfatta två sammanfogade byggnadskroppar, men utgör i själva verket bara en. Byggnadsdelen fram till och med kontrollrummet i kontroll- och ställverksbyggnaden utgjorde "icke kontrollerat område". Det betydde att personalen kunde vara civilt klädd där och inte behövde iakta samma bestämmelser som inom i den kontrollerade delen, alltså själva inneslutningen. När ett arbete skulle utföras inom det kontrollerade området gällde särskilda regler. Först passerades ett omklädningsrum och en skogräns. På den sida av skogränsen som vette mot reaktorhallen

Personsluss som avgränsade det konventionella området från det kontrollerade. Foto Nisse Cronestrand/Tekniska museet. Dig 14512



var man tvungen att ha särskilda skor, vit rock eller overall, hjälm samt vara utrustad med dosimetrar och ficklampa. För arbete i vissa delar av kraftverket krävdes ytterligare klädbyten och tillstånd av strålskyddsingenjören och ibland till och med närvaro av en strålskyddsingenjör.

Nästa steg mot inträdet i reaktorhallen var en personsluss, som bilden till vänster visar. Intervjuerna berättar att det alltid var undertryck i reaktorhallen gentemot omvärlden. Avsikten var förstås att radioaktivitet inte skulle tränga ut ur inneslutningen. Två kraftiga ståldörrar avgränsade det konventionella området från det kontrollerade. En knapptryckning på ena sidan satte igång en motor som öppnade den yttre dörren. Därefter tog man en kort promenad på fem–sex meter innan den yttre dörren stängdes och den inre öppnades. Vid utpassering från kontrollerat område bytte man skor vid skogränsen, kontrollerade radioaktiviteten i en helkroppsmätare, tvättade händerna och bytte om till civila kläder och skor.

RONDERINGAR

För att hitta i kraftverket hade personalen hjälp av en geografisk systemförteckning. All driftspersonal hade också en uppsättning ritningar över kraftverket. På så vis kunde personalen hålla reda på det gigantiska myllret av rör, ledningar, maskiner och rum. Systemet för till exempel reaktorn med den biologiska skärmen var P10–P19 och fanns i rummen 0726, 0727, 0745, 1022, 1023 och 1322.[20] Bilden på sidan 162 visar rummet för neutronflödesmätningar. Dessa flöden var särskilt viktiga att kunna kontrollera eftersom de visar reaktorns effekt men också är helt avgörande ur säkerhetssynpunkt. En subtil mätutrustning användes med flera överlappande mätkedjor. Om neutronflödena var för höga, blev reaktorn överkritisk och utlöste snabbstopp. Detta hände dock oftast i samband med att reaktorn skulle startas.

I det dagliga arbetet föregicks varje åtgärd av en skriftlig driftorder utskriven på skrivmaskin av kraftverkets sekreterare. Det skulle inte råda några tveksamheter om vad som skulle göras. Var fjärde timme gick driftspersonalen i kontrollrummet ronder i kraftverket, både de som arbetade på den nukleära sidan och på den konventionella sidan. Vid dessa ronder kontrollerades alla system och status protokollfördes och rapporterades. I många fall handlade mycket om



Jonkammare, rum för neutronflödesmätning, se texten sidan 161. Foto Nisse Cronestrand/Tekniska museet. Dig 14579

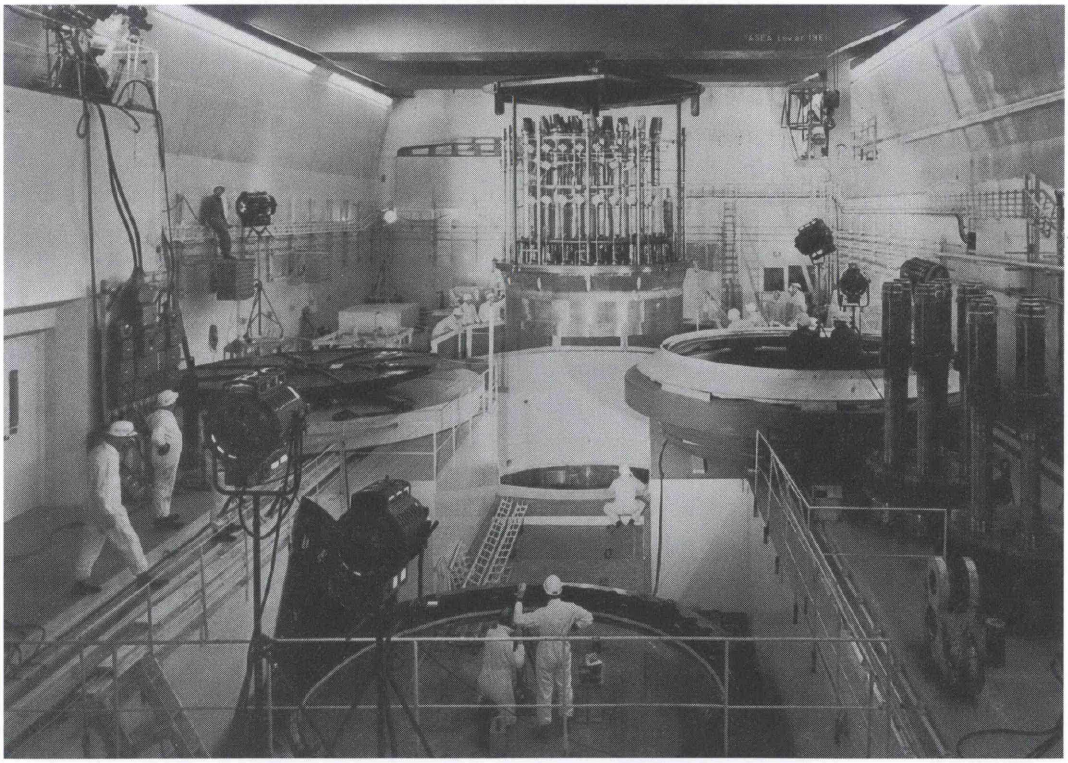
att titta, lyssna och kontrollera systemen till exempel genom att med handen avgöra ledningarnas temperatur. Detta tillvägagångssätt kan hänföras till så kallad tacit knowledge som vanligtvis förknippas med äldre industrier.[21] I Ågesta lades stor vikt vid ingenjörernas tysta kunskap och förmåga att själva kontrollera och lära känna alla delar av anläggningen. Det enda egentliga verktyg som användes frekvent var skiftnyckel.

DEN SÄKRA ORGANISATIONEN

Enligt avtal skulle AB Atomenergi, Vattenfall och Stockholms Elektricitetsverk tillhandahålla personal till kraftverket. Kraftverket skulle naturligtvis producera el och värme, men procedurerna kring detta var extremt starkt kopplade till säkerheten både för personalen och avseende den tekniska utrustningen.

AB Atomenergis ingenjörer fick en skräddarsydd utbildning som framför allt gavs på Kungliga Tekniska Högskolan i Stockholm. Utbildningen var tvärvetenskaplig och på så vis ganska nydanande. Kurserna hölls av både svenska och utländska lärare och forskare. I utbildningen ingick även en hel del praktiska moment där man övade på experimentreaktorn R1. Ingenjörerna fick också praktik i Norge som redan hade en forskningsanläggning och de fick även göra studieresor till USA, England och Västtyskland. Bilden nedan är tagen under slutmontaget av reaktorn under provdriften 1962. Reaktorlocket med tillhörande så kallad "rörskog" håller här på att sänkas ner för att anslutas till reaktortanken.

Provdrift i Ågestaverket 1962. Foto Tekniska museets arkiv. B13469



Lite mer till höger syns reaktorns strålskyddslock som sedan ska placeras över själva reaktorlocket. Längst till höger syns lock till förråd för aktiva oskadade bränsleelement.

De vakthavande ingenjörerna och skiftingenjörerna fick alla inledningsvis delta i ett speciellt utbildningsprogram på plats med utbildning och träning i anläggningens funktion och handhavande. Denna bestod av teoretisk utbildning i Ågestareaktorns reaktorstatik, reaktordynamik, kärnteknik, effektreglering, träning på reaktorsimulator, strålskydd och praktisk träning av anläggningens strålskyddsutrustning samt system och komponentkännedom. Den praktiska utbildningen bestod av deltagande i montagekontroll och provdrift, dels som ledare för systemprov med arbetsgrupper från den skiftgående personalen och från leverantörer, dels som vakthavande ingenjörer i kontrollrummet med motsvarande uppgifter under drift. Den teoretiska delen av utbildningen utfördes i kraftverkets egen utbildningslokal.

När anläggningen skulle tas i drift bestämdes att Vattenfall skulle ha en separat linjeenhet i driftorganisationen, skild från den övriga organisationen, för att deras personal skulle få så effektiv träning som möjligt i att sköta driften. Efter ett par år tog Vattenfall över driften av hela anläggningen och 1965 beviljade Kungl. Maj:t tillstånd enligt 1 och 2 §§ atomenergilagen, att intill utgången av 1974 inneha och driva reaktoranläggningen.

Driftchefen hade det övergripande ansvaret för anläggningen. Under driftchefen fanns till en början specialister som arbetade med reaktorfysikaliska mätningar, driftprogram och driftinstruktioner och anläggningstekniska frågor. Alla specialisterna var i uppbyggnadsskedet anställda av AB Atomenergi.

Drift- och underhållsavdelningen var den största avdelningen med nästan 50 man och leddes av en förste driftingenjör. Denne övervakade driften genom en vakthavande ingenjör, samt samordnade drift- och underhållsarbeten. Driftingenjören skulle alltid hålla sig informerad om det aktuella driftläget på kraftverket och granska utfärdade körorder för att kontrollera om de var genomförbara. Han svarade också för att körorder och instruktioner skulle finnas i kontrollrummet.

En vakthavande ingenjör skulle alltid finnas i anläggningen när reaktorn var i drift och när laddningsoperationer pågick. Reaktorn ansågs vara i drift när startnyckeln var i och när primärsystemens temperatur var över 60 grader. Den vakt-

havande ingenjören skulle kunna inställa sig i kontrollrummet inom fem minuter dagtid och inom tio minuter nattetid. Han skulle även vara med i kontrollrummet under nukleär start. När reaktorn var avställd och inga laddningsoperationer pågick begränsades den vakthavande ingenjörens beredskap till bostadsberedskap.

KONTROLLRUMMET

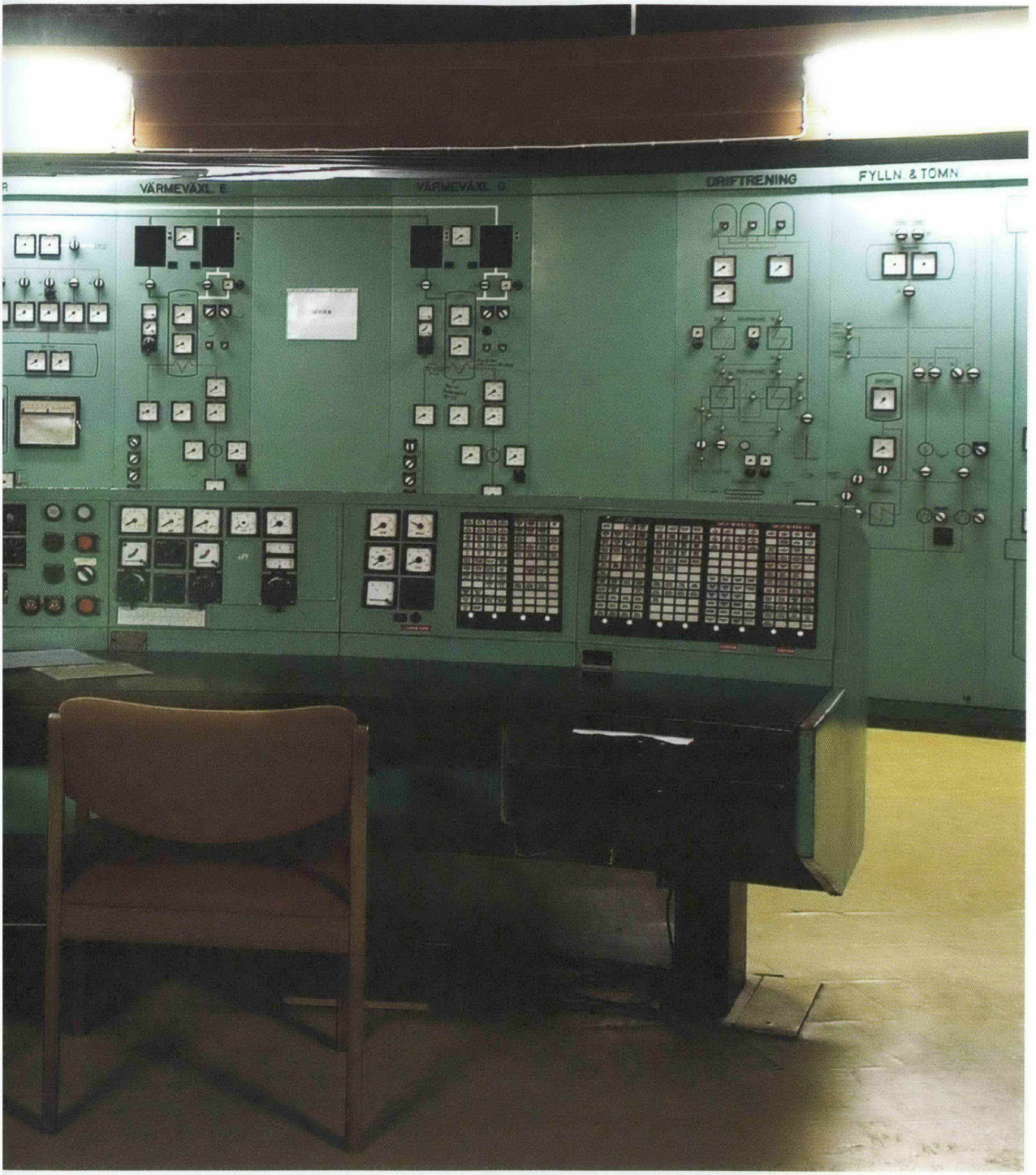
Övervakningsanläggningen var indelad i två huvuddelar: den värmetekniska instrumenteringen och den nukleära instrumenteringen med utrustning för reglering av reaktoreffekten med mera. Från kontrollrummet, som bilden på sidorna 166–167 visar, styrdes driften av reaktoranläggningen. När kontrollrummet i Ågesta byggdes var det den största kontrollanläggning som ASEA utfört någonsin. Värt att notera i sammanhanget är att man i Ågesta använde så kallad hybridteknik med elektronrör och transistorer kombinerat. Detta berodde på att transistorn inte nått en utvecklingsgrad som gjorde att den klarade de höga frekvenser eller strömstyrkor som elektronrören gjorde. Mixen av teknik ställde dock stora krav på personalen som skulle hantera den.

Vid Ågestaverket fanns fyra skiftgrupper och arbetet leddes av en skiftingenjör. Skiftgrupperna bestod under drift alltid av minst fyra man, en skiftingenjör inräknad. Två av dessa skulle alltid befinna sig i kontrollrummet. Där gällde strikta ordningsregler och rökning var totalförbjuden. Av säkerhetsskäl hade tre av dessa fyra kontrollrumsingenjörer samma reaktorutbildning medan den fjärde endast hade utbildning på de konventionella delarna som utgjordes av turbinanläggningen och vattenberedningen. När reaktorn var avställd skulle skiftgruppen bestå av minst två man. Skiftingenjören svarade för den rutinmässiga övervakningen av anläggningen med journalföring och även för att verkställa givna körorder och instruktioner. Störningar skulle rapporteras till den vakthavande ingenjören och fel i anläggningen anmäldes till driftingenjören. Vid arbete på område med begränsat tillträde skulle skiftingenjören inhämta godkännande från strålskyddsingenjören.

När ett skift började lämnade de som jobbat föregående pass över till nästa. Man rapporterade om status och driftläge och pågående arbeten. Vissa körorder, utfärdades av kärnfysikern som fanns i Studsvik vilken bestämde hur styr-



Kontrollrummet med kontrollbordet och reaktorpanelen. Foto Nisse Cronestrand/ Tekniska museet. DIG 14664


VÄRMEVÄXL E
VÄRMEVÄXL G
DRIFTRENING
FYLLN. & TOMN

donen skulle hanteras. Andra körorder meddelades av driftingenjörerna, som bestämde vilken effekt man skulle köra ut på nätet, beroende på utomhustemperaturen. I dagens kraftverk används naturligtvis datorer i driften. Så var det inte i Ågesta.

Bortsett från nivåregulatorer för att hålla nivån i huvudvärmeväxlarna och i elpannan var det "handkörningar" som gällde. Det manuella arbetet innebar också att personalen hade bra kontroll på allting och vad som "faktiskt" hände i kraftverket. När det gällde laddmaskinen fanns olika teorier om hur den skull köras. Alla hade sin egen variant, vilket kan jämföras med olika körstilar när man kör bil. Aggressivt eller smidigt, ryckigt eller elegant. Laddmaskinen fick vänja sig vid personalens olika karaktärer. En laddning av hela reaktorn tog minst fyra och ett halvt dygn och krävde två mans närvaro hela tiden, en laddledare som också var protokollförare och en operatör som körde laddmaskinen.

Kontoret för säkerhet och tekniska frågor leddes av en försteingenjör. I gruppen ingick bland annat en strålskyddstekniker. När reaktorn var i drift, under uppkörning till kriticitet, under kriticitet och vid laddningsoperationer skulle denne vara på plats. Strålningsnivåerna i anläggningen angavs med färgmarkeringar. Blå var den lägsta, därefter gul och röd för hög strålningsnivå. Dessa nivåer nyanserades inom sig beroende på om strålningen fanns i luften eller på ytan. För att vistas i delar av kraftverket där strålningsnivån var jämförelsevis hög, fanns särskilda krav för skyddsutrustning och hur länge man fick vistas i utrymmet. En enkel förklaring till varför det endast var män som arbetade på Ågestaverket var att det enligt strålskyddslagen inte var tillåtet för kvinnor i fertil ålder att arbeta i miljöer där man utsatte sig för joniserande strålning.

SÄKERHETSKULTUR

Vid Ågestaverket fortbildades personalen kontinuerligt. Ågestaverkets förste driftchef krävde att driftspersonalen skulle satsa tid på att lära sig hitta i anläggningen och veta hur den fungerade. Tveksamheter på den punkten skulle kunna betyda katastrof. Driftspersonalen gick också på kurser i Studsvik, där man några år in på 1970-talet köpte in en kraftverkssimulator i vilken man kunde simulera haverier och andra sannolika problem. Vid Ågestaverket gjordes också regelbundna haveriövningar där man fingerade ett haveri. Den största öv-

ningen kallades MAH – Maximalt antaget haveri. I denna övning deltog alla anställda och även polisen, brandförsvaret och länsstyrelsen. Scenariot var att kraftverket intagits av fienden och att ett haveri inträffat. De anställda lärde sig mycket genom detta spel, inte minst av förberedelserna och utvärderingen. Generellt tycks säkerhetskulturen främst ha varit inriktad på den personal som arbetade i driften. Den administrativa personalen fick inte samma utbildningsmöjligheter.

Det dagliga arbetet dokumenterades noga och utvärderades årligen i särskilda rapporter med namn som inleds med "Erfarenheter från driften". Särskilda händelser som de haverier som inträffade 1968 och 1969 föranledde särskild reflexion. Varje år stängdes reaktorn av för revision då bränslet byttes och hela anläggningen undersöktes och servades.

Metoder och rutiner som utvecklades i Ågesta genom åren kom även att tillämpas vid lättvattenanläggningarna och Ågesta utbildade också chefer till Oskarshamn, Ringhals och Forsmark.

Under 1960-talet startade nästa stora kärnkraftssatsning – Marvikenreaktorn, på Vikbolandet vid Bråviken, öster om Norrköping. Det skulle bli en tungvattenanläggning i full skala, mycket större än Ågestaverket och kostade 500 miljoner kronor att uppföra. En granskningsgrupp bestående av ledande personer vid Ågesta gav ett remissvar beträffande säkerheten vid Marvikenreaktorn, baserat på den kunskap man vunnit i Ågesta. Remissvaret innehöll starka invändningar mot säkerheten och man reserverade sig mot att reaktorn skulle tas i drift över huvud taget. Vattenfall, AB Atomenergi och ASEA följde upp kritiken och ställde sig så småningom bakom den.

AVSLUTNING

Med den här artikeln har jag försökt skildra Ågestaverket ur ett säkerhets- och kontrollhänseende. Organisationens struktur med inarbetade rutiner ledde fram till en säkerhetskultur som var mycket viktig för personalen. Till stora delar var anläggningen automatiserad och precisionsövervakad men även de manuella inslagen var förvånansvärt många. Trots avsaknad av datorer och säkerhetssystem som finns idag på kärnkraftverken, kunde personalen vid Ågestaverket ta kontroll över reaktorn. Detta hänför flera av de intervjuade till den

grundliga praktiskt tekniska kunskap som driftspersonalen hade om systemen och komponenterna. Idag har kontrollrumspersonalen inte alls samma möjligheter att att inifrån lära känna anläggningen på grund av längre driftsperioder och högre grad av specialisering. Tänkvärt är också att de egna sinnena – känseln, hörseln, synen och lukten – var av så stor betydelse för att bedöma om anläggningen i Ågesta var stabil och följaktligen säker. Ett par begränsade haverier inträffade under verkets drifttid. Dessa utvärderades särskilt och gav värdefulla erfarenheter inför framtiden inte bara i Ågesta utan även långt senare kärnraftsprojekt. Den praktiskt tekniska kompetensen var, enligt intervjuerna, av största vikt för att uppnå säkerhet i tjugonde seklets enda kombinerade el- och fjärrvärmeproducerande kärnkraftsanläggning i Sverige.

NOTER

1 Även de nedlagda reaktorerna i Barsebäck och Studsvik övervakas kontinuerligt. En milstolpe uppnåddes i Barsebäck 17 december 2007 då obemannade kontrollrum för första gången infördes. Vakthavande driftsingenjör (VDI) och larmoperatörer finns dock på plats i anläggningen dygnet om. Information från Barsebäcks hemsida: http://www.barsebackkraft.se/files/lagesrapport_nr1_08%282%29.pdf

2 Under kärnkraftens första årtionden talade man om atomenergi, idag används inte det begreppet längre. De moderna beteckningarna beskriver mer korrekt det faktum att energin verkligen alstras ur kärnprocesser till skillnad från skeendet vid förbränning.

3 N-word, slangord för det känsliga ordet Nuclear. N-word används även i helt andra sammanhang, just sammanhanget avgör.

4 Projektet Ågesta – kärnkraftverket mitt i byn drevs 2005–2007 och har en inriktning på Ågestaverket som kulturarv. Det drevs av Magdalena Tafvelin Heldner, Tekniska museet, Eva Dahlström Rittsél, Länsstyrelsen i Stockholms län och Per Lundgren, Stockholms läns museum. Fotodokumentationen gjordes av Nisse Cronestrand, Tekniska museet och filmningen av Anna Gerdén, Tekniska museet.

5 När Ågestaverket planerades i slutet av 1950-talet hade strålskyddslagen från 1941 just ändrats så att den därmed reglerade all joniserande strålning och annan strålning, till skydd för både människa och miljö.

6 Artikeln är en kommentar till postmodernisters, som Ulrich Beck och Anthony Giddens, teorier om risk som en social konstruktion.

7 SKI och SSI sammanfördes till Strålsäkerhetsmyndigheten i juli 2008.

8 Säkerhet som ett begrepp som omfattade gemene man började användas under 1800-talet i samband med den industriella revolutionen (arbetsskador). http://www.britannica.com/eb/article-9064709/safety [hämtad 2008-04-24].

9 *Atomenergien: Betänkande med förslag avgivet av 1955 års atomenergiutredning*, SOU 1956:11 (Stockholm 1956).

10 Maja Fjæstad, *Sveriges första kärnreaktor: från teknisk prototyp till vetenskapligt instrument*, SKI Rapport 01:1 (Stockholm 2000).

11 Jan Glete: *ASEA under 100 år: 1883–1983: en studie i ett storföretags organisatoriska, tekniska och ekonomiska utveckling* (Västerås 1983) 301f.

12 Björn Hallerdt, *Ljus, kraft, värme: 100 år med el i Stockholm* (Stockholm 1992) s 93. Vid mitten av 1950-talet fanns det planer på två kärnkraftverk. Det ena, R3, planerades av AB Atomenergi i samarbete med Stockholms Elektricitetsverk och skulle ligga i Farsta. Det andra, ASEA-Vattenfalls reaktor Adam, skulle byggas i Västerås. År 1958 beslutades att endast en reaktor skulle byggas, R3-Adam. Namnet användes främst under projekttiden.

13 Kombinationen naturligt uran och tungt vatten valdes för att Sverige på så vis delvis skulle bli oberoende av utlandet, men också för att tungvattenreaktorer är särskilt lämpliga för produktion av plutonium, ett ämne som behövs om man vill framställa kärnvapen.

14 Effekten höjdes 1969 till 80MW efter ansökan om koncession.

15 *Ågesta kraftvärmeverk*, AB Atomenergi (Stockholm 1961) citat s 8.
16 *Reaktorn* (1963). *The Ågesta Nuclear Power station: A staff report by AB Atomenergi*, B McHugh ed (Stockholm 1964) s 6.
17 Kriticitet innebär att reaktorn underhåller sig själv med ett stabilt, kontrollerat förlopp.
18 Roentgen equivalent man ungefär: "röntgenstrålning som motsvarar en människa", namn och beteckning för äldre enhet för dosekvivalent. 1 rem=0,01 sievert.
19 Anställda i kärntekniska anläggningar idag får ha en årsdos på max 50 mSv per år och 20 mSv per år under fem år, enligt de dosgränsföreskrifter som kompletterar Strålskyddslagen (SFS 1988:220).
20 En kopia av systemförteckningen i Ågesta finns i Tekniska museets arkiv.
21 Den brittisk-ungerske forskaren Michael Polanyi, förde i *The Tacid Dimension* (1966) fram en tes om att "tyst kunskap" ("tacit knowledge") spelar en viktig roll för både praktiskt och teoretiskt kunnande trots att den inte kan ges en explicit formulering.

REFERENSER

Arkiv

Arkivmaterial om Ågesta kraftvärmeverk finns i Tekniska museets arkiv, Handlingar rörande Kärnfysik och kärnenergi F2590. Den viktigaste informationen som använts i denna artikel avser bandade och transkriberade intervjuer, geografisk systemförteckning över Ågesta kraftvärmeverk, informationstryck, tryckta texter samt en omfattande fotodokumentation som genomförts av Tekniska museet i samarbete med fd personal vid Ågesta kraftvärmeverk.

Riksarkivet, Vattenfalls arkiv, Ågesta kraftvärmeverk.
Stockholms Stadsarkiv, Stockholms Energi AB, Ågestaverket 3981.

Offentligt tryck

SFS (1968:45) *Atomansvarighetslag*. (Stockholm 1968).
SFS (1988:220) *Strålskyddslag*. (Stockholm 1988).
SOU 1956:11 1955 års atomenergiutredning, *Atomenergien: Betänkande med förslag*. (Stockholm 1956).
SOU 1956:46 Bränlseutredningen 1951, *Bränsleförsörjning i atomåldern. Betänkande, del 1*. (Stockholm 1956)
SOU 1956:58 *Bränsleförsörjning i atomåldern. Betänkande av bränsleutredningen, del 2*. (Stockholm 1956).
Atomkommittén. 2, *Betänkande med förslag till organisation av och ekonomiskt stöd åt atomenergiforskningen*. (Stockholm 1947).

Litteratur

Anshelm, Jonas, *Mellan frälsning och domedag: Om kärnkraftens politiska idéhistoria i Sverige 1945–1999*. (Stockholm-Stehag 2000).

Blomstrand, Edvard, *Svensk kärnenergi: En exposé över lagstiftningen på kärnenergiområdet från andra världskriget till millennieskiftet* i SKI-rapport 2005:11. (Stockholm 2005).

Fjæstad, Maja, *Sveriges första kärnreaktor: Från teknisk prototyp till vetenskapligt instrument* i SKI Rapport 01:1. (Stockholm 2000).

Fridlund, Mats, *Den gemensamma utvecklingen: Staten, storföretaget och samarbetet kring den svenska elkraftteknikен*. (Stockholm-Stehag 1999).

Glete, Jan, *ASEA under 100 år:1883–1983: En studie i ett storföretags organisatoriska, tekniska och ekonomiska utveckling*. (Västerås 1983).

Hallerdt, Björn, *Ljus, kraft, värme: 100 år med el i Stockholm*. (Stockholm 1992).

Jonter, Thomas *Kärnvapenforskning i Sverige: Samarbetet mellan civil och militär forskning 1947–1972*, SKI-rapport 02:19. (Stockholm 2002).

Larsson, Karl-Erik, "Kärnkraftens historia i Sverige" i *Kosmos*, årgång 64, 1987.

Lindström, Stefan, *Hela nationens tacksamhet: Svensk forskningspolitik på atomenergiområdet 1945–56*. (Stockholm 1991).

Polanyi, Michael, *The Tacid Dimension*. (Garden City, N.Y- Doubleday 1967).

Reaktorn, specialnummer om Ågesta kraftvärmeverk och svensk atomenergi, AB Atomenergi. (Stockholm 1963).

Tafvelin Heldner, Magdalena, Dahlström Rittsél, Eva & Per Lundgren, *Ågesta – kärnkraft som kulturarv: Dokumentationsrapport*, Tekniska museet, Länsstyrelsen i Stockholms län, Stockholms läns museum. (Stockholm 2008).

Teknisk tidskrift nr 13, 1965 årgång 95, specialnummer om Ågesta kraftvärmeverk.

Ågesta kraftvärmeverk, AB Atomenergi. (Stockholm 1961).

The Ågesta Nuclear Power station: A staff report by AB Atomenergi, B McHugh ed (Stockholm 1964).

Wittrock, Björn & Lindström, Stefan, *De stora programmens tid – forskning och energi i svensk politik*. (Stockholm 1984).

Internet

Information från Barsebäck Kraft AB:s hemsida: http://www.barsebackkraft.se/files/lagesrapport_nr1_08%282%29.pdf [hämtad 2008-04-24].

http://www.britannica.com/eb/article-9064709/safety [hämtad 2008-04-24].