

O III – ORGANISATION, KOSTNADER OCH SÄKERHET

En studie av produktivitetutvecklingen
i ett stort anläggningsprojekt

av
Lars Jagrén





Industriens Utredningsinstitut

är en fristående vetenskaplig forskningsinstitution grundad 1939 av Svenska Arbetsgivareföreningen och Sveriges Industriförbund.

Syfte

Att bedriva forskning rörande ekonomiska och sociala förhållanden av betydelse för den industriella utvecklingen.

Verksamhet

Huvuddelen av arbetet inom institutet ägnas åt långsiktiga forskningsuppgifter. Man siktar härvid till ett studium av de grundläggande sammanhangen inom näringslivet och särskilt till att belysa de frågor som hör samman med strukturella och institutionella förändringar. Forskningsresultaten publiceras i institutets skriftserier.

Styrelse

Tekn. dr Erland Waldenström, ordf.
Tekn. dr Ingmar Eidem
Direktör Axel Iveroth
Direktör Olof Ljunggren
Direktör Lars Nabseth
Tekn. dr Curt Nicolin
Direktör Alde Nilsson
Direktör Bo Rydin
Direktör Sven H. Salén
Ekon. dr Hans Stahle
Direktör Ove Sundberg
Direktör Sven-Olov Träff
Direktör Peter Wallenberg
Direktör Sven Wallgren
Docent Gunnar Eliasson, chef

Adress

Industriens Utredningsinstitut
Grevgatan 34, 5 tr, 114 53 Stockholm
Tel. 08-783 80 00

INDUSTRIENS UTREDNING SINSTITUT

Lars Jagrén

O III - ORGANISATION, KOSTNADER OCH SÄKERHET

**En studie av produktivetsutvecklingen i ett stort
anläggningsprojekt**

Distribution: Almqvist & Wiksell International, Stockholm

(c) Industriens Utredningsinstitut

FÖRORD

Utvecklingen under 1970-talet har inneburit att de på makroplanet etablerade metoderna att mäta produktivitetsförändringar visat sig alltmer otillförlitliga. Samtidigt har emellertid våra kunskaper om mikroplanet, om de enskilda aktörerna, varit alltför begränsade för att möjliggöra alternativa beräkningar. Inom Industriens Utredningsinstitut (IUI) pågår därför för närvarande ett flertal projekt som syftar till att öka vår kännedom om företaget och dess interna och externa relationer.

I denna studie redogörs för organisationen och byggandet av Oskarshamnsverkets tredje kärnkraftsreaktor (O III). Tyngdpunkten i studien bygger på beskrivningen och analysen av kostnads- och produktivitetsutvecklingen. I vilken utsträckning kan arbetets organisation och tekniska förutsättningar förklara utvecklingen? Som en följd av den senare frågan har även kostnadseffekterna av nya säkerhetskrav från statsmakten kunnat belysas. I studien utnyttjas en teknik att mäta produktiviteten utifrån de ingående arbetsmomenten.

Skriften har författats av civ.ek Lars Jagrén. Den baseras på interna företagskalkyler och kostnadssammanställningar. Institutet önskar därför rikta ett varmt tack till främst OKG AB, BOA och ASEA-Atom utan vars medverkan denna studie inte kunnat genomföras.

Stockholm i december 1983

Gunnar Eliasson

INNEHÅLL

| | Sida |
|-----------------|--|
| 1 | Inledning 7 |
| 1.1 | Metod 8 |
| 1.2 | Vad är ett kärnkraftverk? 9 |
| 1.3 | Oskarshamn III-projektet 10 |
| 1.4 | O III-projektet som företag 15 |
| 2 | Projektets organisation och styrsystem 19 |
| 2.1 | OKGs projektorganisation 19 |
| 2.2 | BOAs projektorganisation 23 |
| 2.3 | BOA-OKG-kontraktet 25 |
| 2.4 | Byggnadsarbetena 27 |
| 2.5 | Datoranvändningen inom OKG och BOA för O III-projektet 29 |
| 2.6 | Vattenfalls projektorganisation 35 |
| 2.7 | Byggmässiga olikheter O III - F III 37 |
| 2.8 | Sammanfattning 43 |
| 3 | Byggnadskostnadernas och produktivitetens utveckling och bestämningsfaktorer 46 |
| 3.1 | Inledning 46 |
| 3.2 | En grundläggande jämförelse mellan O III - O II 49 |
| 3.3 | Beräkningar på totalnivån 55 |
| 3.4 | Byggekostnader kontra byggtid 60 |
| 3.5 | Jämförelser på delnivå 66 |
| 3.6 | Byggprisutredningen 72 |
| 3.7 | Sammanfattning och avslutning 73 |
| Bilaga 1 | Jämförelse mellan O IIs och O IIIs byggnadsvolymer, tillkomna p g a större effekter och nya krav 77 |
| Bilaga 2 | O IIIs byggkostnader och byggvolymer 79 |

| | | |
|-------------------|--|----|
| Bilaga 3 | Kostnader för O II och O III | 81 |
| Bilaga 4 | Intervjuade personer | 83 |
| Litteratur | | 85 |
| Tabeller | | |
| Tabell 1 | O III-projektets storlek. Några basdata och jämförelser med O II | 14 |
| Tabell 2 | OKGs delägare | 15 |
| Tabell 3 | Investeringarnas tidsprofil | 63 |
| Tabell 4 | Investeringsprofil vid ett år längre men 30 % billigare byggande | 65 |
| Tabell 5 | Investeringsprofil vid ett år längre men 15 % billigare byggande | 65 |
| Tabell 6 | Jämförelse av direkt arbetsproduktivitet vid O II och O III | 67 |
| Tabell 7 | Jämförelse av direkta byggnadskostnader vid O II och O III per m ³ och MW | 68 |
| Figurer | | |
| Figur 1 | Situationsplan över Oskarshamnsverkets tredje reaktor | 11 |
| Figur 2 | Flödesschema för kokvattenreaktor | 12 |
| Figur 3 | Organisationsplan för O III-projektet | 13 |
| Figur 4 | OKGs projektorganisation för O III | 21 |
| Figur 5 | O IIIs tidplan | 22 |
| Figur 6 | Tidplan för amerikansk lättvattenreaktor | 30 |
| Figur 7 | Schematiserad bild av O IIIs organisation och motsvarande organisation i USA | 34 |
| Figur 8 | Arbetarkategorier på en byggplats | 39 |
| Figur 9 | Personalens stråldoser vid Oskarshamnsverket och amerikanska kärnkraftverk av kokvattenreakortyp | 53 |
| Figur 10 | O III-projektets ackumulerade investeringsprofil | 64 |

1 INLEDNING

Såväl byggsektorn som kärnkraften har under 70- och början av 80-talet figurerat flitigt i debatten. Diskussionerna har gällt t ex orsakerna bakom de kraftigt höjda byggkostnaderna under senare år och säkerhetsproblematiken kring kärnkraften.

Denna rapport kombinerar till viss del de två frågorna genom att behandla och analysera byggandet av Oskarshamnsverkets tredje kärnkraftsreaktor (O III).

Målet med rapporten är därvidlag tvåfalt. För det första att beskriva hur styrningen och samordningen av ett stort anläggningsprojekt, O III i Simpevarp, sker. För det andra att klargöra hur de produktivetsförändringar på byggsidan, som mäts upp på mikronivån, kommer till stånd. Vi söker belysa kostnads- och produktivetsutvecklingen med hänsyn till det kraftigt ökade antalet krav och normer gällande säkerhet i allmänhet och kärnkraftverk i synnerhet. Vi söker härvidlag utveckla en metod att studera produktivetsutvecklingen uppbyggd på de ingående mikroenheterna.

Bakom valet av studieobjekt ligger ett antal faktorer som gör en fallstudie intressant:

- 1) Flera intressanta kontraster gentemot "vanlig" tillverkningsindustri. Ett antal likheter och skillnader i styrsystemen kan observeras och beskrivas.
- 2) Flera utmärkta jämförelseobjekt, både i rummet och över tiden, uppvisar alternativa lösningar på samma problem.
- 3) Förändrade krav på säkerhet, miljö etc kan avgränsas någorlunda väl och identifieras med förändrade kostnader.
- 4) Stort och komplext projekt gör en beskrivning av organisationen relevant och intressant.

5) Ett anläggningsprojekt kan liknas vid en verksamhet där produkt och företagsorganisation sammanfaller. Detta ger intressanta utvecklingsmöjligheter vad gäller teorin om företaget.

Rapporten är i enlighet med det dubbla syftet uppdelad i två delar. Den första delen beskriver projektet, organisationens uppbyggnad och dess styr- och informationssystem. Jämförelser görs här med bygget av Forsmarksverkets tredje reaktor (F III). Den andra delen behandlar byggkostnadernas och totalproduktivitetens utveckling, rensat med avseende på nya krav, större skala, ändrade servicemöjligheter, kortare tidplan m m, jämfört med uppförandet av Oskarshamnsverkets andra reaktor (O II). Detta innebär att vi som en "biprodukt" kan belysa vilka kostnader de nya kraven medfört. Även här görs vissa jämförelser med F III.

Rapportens strävan är främst att peka på de viktigaste faktorerna bakom såväl valet av organisationsform som kostnads- och produktivitetens utveckling. Detta innebär att vi inte primärt intresserar oss för kvantifieringar utan väljer att i stället uppskatta storleksordningar. Studien bör ses som ett försök att ringa in och beskriva de viktigaste faktorerna snarare än som en slutgiltig och definitiv avrapportering.

1.1 Metod

Hur produktivitet kan och bör mätas är en viktig och fortfarande i hög grad omstridd fråga. Problemen finns såväl på faktor- som på produktsidan. Hur värderar man t ex bättre prestanda på en färdig produkt?

Den metod vi här kommer att använda baseras på Eliassons (1980) IBM-studie. Som mått på produktivitetens utveckling används där antalet tillverkade "rader per minut" vid skivarproduktion i förhållande till de totala produktionskostnaderna per tidsenhet.

Vi går i denna rapport vidare med denna metod och definierar produktivitetens utveckling på basis av standardkostnader per megawatt. Detta mått innebär dels att vi kan studera totalproduktivitetens utveckling, dels att vi undviker värderingsproblemen av slutprodukten genom att bryta ned den till ett för de båda jämförda reaktorerna identiskt mått.

På inputsidan värderar vi resurserna genom att använda företagens egna standardkostnader ur kontoplanerna. Uppbyggnaden av kontosystemen medför i idealfallet att det härigenom är möjligt att på lägsta nivå (olika arbetsorter) jämföra kostnadsutvecklingen. Från den allra lägsta mikronivån och uppåt kan således totalkostnadsstrukturen jämföras på önskvärd nivå. I praktiken ställer dock förändringar i kontoplanens klassificeringsprinciper ofta till problem som försvårar jämförelserna.

Den mikroinriktning metoden gör möjlig innebär också att det i stor utsträckning är möjligt att förklara vad produktivitetens utveckling berott på. Den traditionellt så viktiga restposten kan förklaras av olika tekniska och organisatoriska förändringar (se Carlsson, 1979). Mystiken bakom den tekniska restposten har således sin förklaring.

Givetvis innebär ett användande av denna metod i praktiken en rad problem. Dessa beskrivs närmare i avsnitt 3.

1.2 Vad är ett kärnkraftverk?

Ett kärnkraftverk producerar elenergi genom att med hjälp av värmeutveckling vid kärnklyvning av uranatomer bringa vatten att koka. Ångan som bildas förflyttas under högt tryck till en turbin som fås att rotera. Turbinen är med sin axel sammankopplad med en generator där elenergin alstras.

Denna enkla princip fordrar, för att fungera säkert i praktiken, ett stort och omfattande kringsystem vad gäller säkerhets-, kon-

troll- och kylanordningar m m. En situationsplan samt ett stiliserat flödesschema över ett kärnkraftverk syns i figur 1 (O III) och 2 nedan.

1.3 Oskarshamn III-projektet

Planeringen av O III påbörjades under 1973. 1976 var det förberedande arbetet färdigt och ett avtal om komplett leverans av reaktor och turbin träffades med konsortiet ASEA-Atom - Stal Laval (AASL). Efter valet till riksdagen 1976 förändrades den officiella attityden mot kärnkraft. Osäkerheten om den framtida energipolitiken medförde att projektet avsevärt förhindrades och försenades med betydande kostnadsökningar som följd. Den politiska oenigheten om kärnkraftens vara eller icke vara mynnade ut i en folkomröstning 1980, där flertalet uttalade sitt stöd för en ökad andel kärnkraft åtminstone under en begränsad period. Efter i stort sett tre års stillestånd kunde därmed arbetena åter sättas i gång.

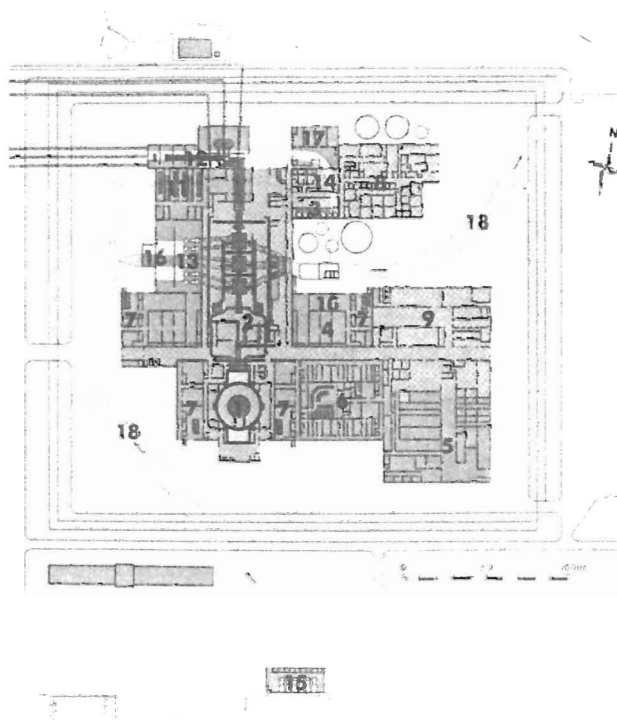
O III:s design var från början kundspecifik, men under 1979 ändrades specifikationerna för att uppnå identitet med dem som framtagits av AASL för Forsmark III. Detta beslut innebär lägre kostnader för främst den maskinella utrustningen, men större kostnader i form av mer tidskrävande och omfattande grundarbeten, som krävdes för att samma ritningar skulle kunna användas. Under projektets gång har det dock visat sig att någon total likhet mellan de två reaktorerna inte kunnat nås, utan vissa variationer förekommer.

O III-projektets organisation och storlek ses i tabellerna nedan. Av figur 3 framgår att OKG Aktiebolag är beställare och svarar för samordning och totalkontroll. BOA (ett byggkonsortium bestående av ABV, SCG och WP-system) utför bygg- och anläggningsentreprenaden. AASL (ASEA-Atom och Stal Laval) levererar den maskinella utrustningen inklusive montage och driftsättning. Som konstruktör för byggnadsdelen har OKG anlitat VBB (Vattenbyggnadsbyrå). Som synes i figur 3 upphandlar OKG även vissa delar

Figur 1 Situationsplan över Oskarshamnsverkets tredje reaktor (O III)

SITUATIONSPLAN

- 1 Reaktorbyggnad
- 2 Turbinbyggnad
- 3 Anläggning för kondensatrening
- 4 Hjälpssystembyggnader
- 5 Kontor
- 6 Kontrollbyggnad
- 7 Dieselbyggnader
- 8 Avfallsbyggnad
- 9 Aktiv verkstad
- 10 Hjälpkylvattenanläggning
- 11 Högspänningsbyggnad
- 12 Transformatorbyggnad
- 13 Kylvattenpumpbyggnad
- 14 Anläggning för avgasrening
- 15 Kylvattenintag
- 16 Gasförråd
- 17 Servicebyggnad
- 18 Kylvattentunnel

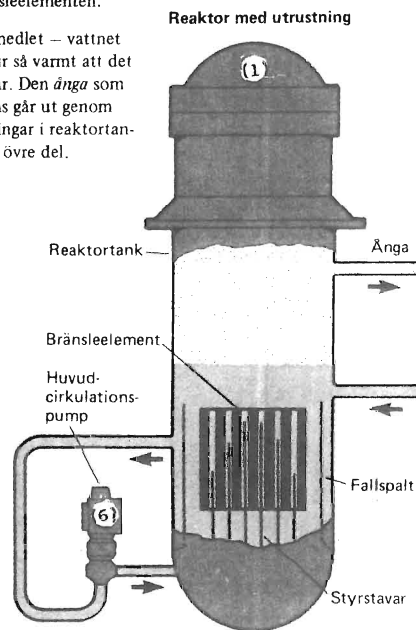


Källa: OKG

Figur 2 Flödesschema för kokvattenreaktor

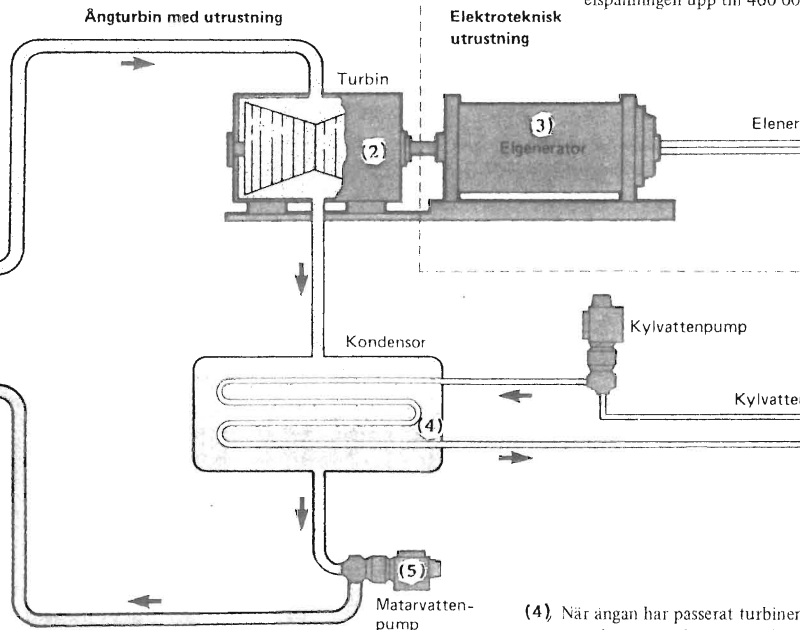
(1) I reaktortanken finns reaktorns bränsle – uranet – i form av *bränsleelement*. Värmeutvecklingen i bränslet kan ändras med hjälp av *styrstavar*. Bränslet kyls med *vatten*, som strömmar förbi bränsleelementen.

Kylmedlet – vattnet – blir så varmt att det kokar. Den *ånga* som bildas går ut genom ledningar i reaktortankens övre del.



(6) Huvudcirkulationspumpar, det kan vara 6 st, ser till att man får en cirkulation förbi bränslet av en blandning av inkommande matarvatten och vatten som skiljts av från ångan. Vattnet tas från fallspalten och pumpas in i tankens nedre del. Vid full effekt pumpas ca 7 000 kg vatten genom härden per sekund.

(2) Den heta strömmen av ånga, ca 850 kg/s, når turbinen och avger sin energi till turbinens rotor som börjar att rotera med upp till 3000 varv per minut.



(3) Elgeneratoren är sammankopplad med turbinen och roterar alltså lika fort. Här alstras (genereras) elenergi med en spänning av 20 000 volt. I en huvudtransformator transformeras elspänningen upp till 400 000 volt.

(5) Vattnet matas in i reaktortanken igen av en pump. Vattnet kallas *matarvatten*. Reaktorn tillförs varje sekund lika mycket vatten som den ånga som lämnar tanken, alltså ca 850 kg/s.

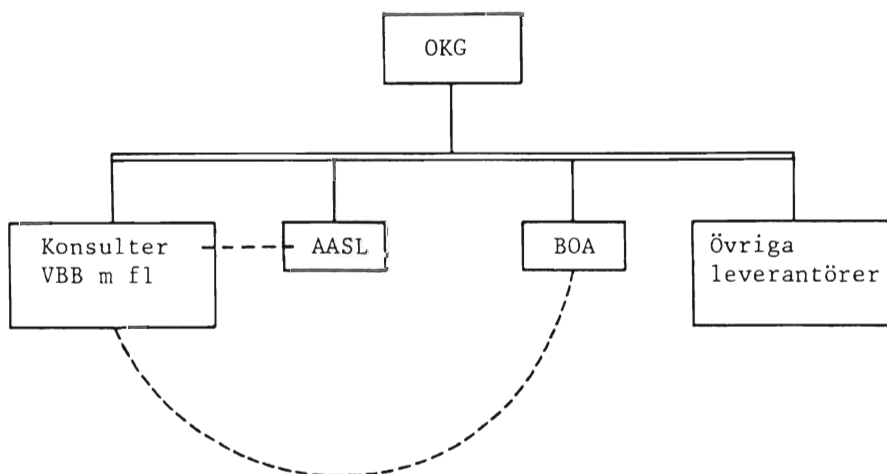
(4) När ångan har passerat turbinen strömmar den in i en *kondensator*. Där kyls ångan av kylvattnet, ca 22 m³/s, som kommer från havet. Ångan övergår då i vatten. Detta vatten kallas *kondensat*.

Källa: Rådet för kärnkraftsäkerhet.

av maskinutrustningen. De streckade linjerna visar de direkta kontakterna mellan underentreprenörerna. Av tabell 1 framgår projektets storlek. Tre saker förtjänar här speciellt att noteras; för det första byggkostnadernas relativt måttliga andel av totalkostnaderna, för det andra de mycket höga räntekostnaderna och för det tredje totalkostnadernas snabba stegring.

OKG bildades 1965 av ett antal kraftföretag för att bygga och driva landets första kommersiella kärnkraftverk (Oskarshamsverket). Delägarna och deras procentuella innehav framgår av tabell 2. Som visas i tabellen har de tre kommunalt kontrollerade företagen, Sydkraft AB, Svarthålsforsen och Gullspångs Kraft AB, ett dominerande inflytande på drygt 51 %. OKG, som således svarar för uppförande och drift vid Oskarshamsverket, säljer all producerad el till delägarna som i sin tur svarar för distributionen och försäljningen till de enskilda konsumenterna. OKG sätter därvidlag priserna så att produktionskostnaderna täcks.

Figur 3 Organisationsplan för O III-projektet



Tabell 1 O III-projektets storlek. Några basdata och jämförelser med O II¹

| | O III | | O II | | Ökning |
|----------------------------|------------------|----------------|--------------|----------------|--------|
| Volym | 835 ^a | m ³ | 351' | m ³ | 138 % |
| Effekt | 1 060 | MW | 580 | MW | 83 % |
| Bygganställda ^b | 1 250 | | 350 | | 257 % |
| Betong | 185' | m ³ | 59' | m ³ | 214 % |
| Armering | 18,5' | t | 4,4' | t | 320 % |
| Byggkostnader | | | | | |
| (löpande penningvärde) | 2 000 | Mkr | 130 | Mkr | |
| (1981-01-01 penningvärde) | <u>1 600</u> | Mkr | <u>296</u> | Mkr | |
| Finansiella kostnader | | | | | |
| (löpande penningvärde) | 3 650 | Mkr | 65 | Mkr | |
| (1981-01-01 penningvärde) | <u>2 500</u> | Mkr | <u>148</u> | Mkr | |
| Maskinutrustning | | | | | |
| (löpande penningvärde) | 4 100 | | 400 | | |
| (1981-01-01 penningvärde) | <u>3 100</u> | | <u>900</u> | | |
| Nukleärt bränsle | | | | | |
| (löpande penningvärde) | 900 | | 98 | | |
| (1981-01-01 penningvärde) | <u>700</u> | | <u>225</u> | | |
| Övrigt | | | | | |
| (löpande penningvärde) | 650 | | 32 | | |
| (1981-01-01 penningvärde) | <u>500</u> | | <u>84</u> | | |
| Totala projektkostnader | | | | | |
| (löpande penningvärde) | 11 300 | Mkr | 725 | Mkr | |
| (1981-01-01 penningvärde) | <u>8 400</u> | Mkr | <u>1 653</u> | Mkr | |

^a Med tecknet ' avses här och i fortsättningen tusental.

^b Antal bygganställda varierar över tiden. Dessa siffror är uppskattningar på antalet bygganställda vid hård arbetsbelastning.

¹ Kostnaderna grundar sig på prognosticerade kostnader i början av 1983.

Tabell 2 OKGs delägare

| Företag | Procentuell andel |
|--|-------------------|
| Sydkraft AB | 35 |
| Voxnans Kraft AB | 15 |
| Stora Kopparbergs Bergslags AB | 10 |
| AB Svarthålsforsen | 10 |
| Värmlandskraft - OKG-delägarna AB | 8 |
| Krångede AB | 7,5 |
| Gullspångs Kraft AB | 6,25 |
| Bålforsens Kraft AB | 5 |
| AB Bergslagens Gemensamma Kraftförvaltning | 3,25 |

1.4 O III-projektet som företag

Den traditionella bilden av ett företag är fast förankrad i föreställningen om en produktionsenhet som under lång tid och i långa serier producerar snarlika produkter. Varornas individuella design kan visserligen skilja sig åt mellan olika år, t ex för ett personbilsföretag, men grundkonstruktionen är densamma.

Det gäller i det följande att kasta loss från denna bild och i stället se ett företag som en organisation som på effektivast möjliga sätt skall fullgöra en uppgift, i detta fall planering, konstruktion, upphandling, leverans, uppförande och driftsättning av Oskarshamnsverkets tredje aggregat. Vår definition innebär att ett företag kan komma att bestå av en eller flera juridiska personer (OKG, VBB, ASEA-Atom, Stal Laval, SCG, ABV och WP-system). Trots att ett av företagen (OKG) verkar som beställare och andra som leverantörer kan man således i detta fall se hela organisationen för fullgörandet av denna uppgift (att färdigställa O III) som ett företag. Företaget verkar endast under en begränsad tidsrymd och producerar endast en enhet av varan.

I stället för, eller snarare som komplement till, de juridiska gränserna, kan man således låta intensiteten och "kvaliteten" i relationerna mellan juridiska personer få fungera som gränser. Ett mycket nära samarbete, t ex vid ett större projekt, mellan olika bolag kan därmed klassificeras som ett "företag". Givetvis saknas i denna definition många av de aspekter på ett enskilt företag som vi vant oss vid; personalpolitik, ledningsfrågor m m, men å andra sidan kan man med hjälp av detta synsätt granska anläggnings- och andra stora industriprojekt som en kombination av kontrakt på ett sätt som presenteras i Eliasson (1983). Denna definition av företaget äger flera likheter med de teorier kring företag och organisationer som lanserades av Simon (1952). Även Hägg - Johansons (1982) diskussion kring begreppet företagsnät har stora likheter med denna definition.

Det är således inte bara anläggningsprojekt som passar in i detta synsätt utan även vissa större industriprojekt. Som exempel kan nämnas JAS-projektet. Den stora skillnaden mellan denna organisationsform och det traditionella företagsbegreppet är att man här kan bygga upp organisationen exakt utifrån produktens krav. I existerande företagsstrukturer är man däremot tvungen att utgå från en redan befintlig organisation. Detta tenderar att leda till trögheter vid t ex produktbyten då omorganisationer är såväl besvärliga som kostsamma. Företagens organisation är därför sällan den de skulle välja om de fick organisera om sig utan att ta hänsyn till "den historiska ryggsäcken". Ett exempel är att man lättare kan få styr- och informationssystemet vid en projektorganisation att överensstämma med företagets faktiska organisation. Skillnaderna, glappen, mellan avsett och verkligt besluts- och informationsansvar blir därför mindre. En annan skillnad är att projektorganisationens mål är klart kända; att inom en given tidsram och inom givna kostnadsramar färdigställa produkten (här kärnkraftverket). Den mer stringenta formulering av målen som är möjlig leder för det första till att kännedomen om dessa blir större. Detta innebär att riskerna för att olika individer skall "dra åt olika håll" minskar.

Som visats i bl a Carlsson (1983) och Eliasson (1980) måste varje företag fatta ett beslut om flexibilitet kontra statisk effektivitet. Höjd flexibilitet synes i de flesta fall medföra sänkt statisk effektivitet. Balansen varierar beroende på teknik, produktionsskala, kunskap, samt inte minst organisationsform. O III-projektets organisation och ansvarsfördelning upplevs av de ingående aktörerna som ett försök att optimera denna balans; en strävan att maximera totala projekteffektiviteten och ej de ingående delarnas i sig.

För det andra blir konstruktionen av styr- och informationssystemet enklare då de centrala variablerna är lättare att urskilja.¹ Ett tillverkningsföretag i traditionell mening behöver således för sin målformulering (maximal lönsamhet över total livstid) en rad olika variabler som var för sig eller tillsammans ger uppgifter som kan analyseras i enlighet med företagets strategi. Den komplexa målformuleringen medför därför att styr- och informationssystemet i sin tur blir komplext och stort. Det kan t o m bli svårt att skilja ut vilken information som är relevant och nödvändig, så att befattningshavare inte "drunknar" i producerad statistik. Ett projektföretags klarare och mer kvantifierbara målformulering innebär därmed att även styr- och informationssystemen bör kunna utformas enklare mot ett färre antal avgörande variabler. Detta kan t ex jämföras med vissa industriföretags specialiserade produktanpassade teknik. Dessa olikheter pekar tillsammans mot att en projektorganisation har en mycket stor effektivitet inom det område den är specialiserad på men att den dynamiska effektiviteten (dvs effektiviteten "bortom" projektet) är begränsad. En projektorganisation kan beskrivas som ett sätt att optimera effektiviteten och flexibiliteten för en uppgift begränsad i rummet och/eller tiden. Organisationsformen ger möjlighet till snabba åtgärder och omgrupperingar så länge man verkar inom sina förutsättningar.

Samtidigt står det klart att denna organisationsform är mindre

¹ För en mycket intressant diskussion kring kraven på projektorganisationers styrning och uppbyggnad under olika förhållanden se Reve (1983).

lämplig för uppgifter där målen är oklara eller där de grundläggande förutsättningarna och kraven snabbt ändras. Projektorganisationens specialisering mot ett visst kompetensområde kan då snabbt bli förlegad och informationssystemets uppbyggnad vara felaktig i förhållande till den nya situationens krav. Projektorganisationens tröghet kan därvidlag liknas vid den ett företag som specialiserat sig på en produkt för en marknad möter om plötsligt efterfrågan sviktar. En "traditionell" företagsorganisation kan här ha fördelar genom sitt mer omfattande informationssystem, som klarar av större omställningar inom organisationens ramar. Förändras förutsättningarna alltför mycket måste en projektorganisation sannolikt upplösas och ersättas med en annan.

2 PROJEKTETS ORGANISATION OCH STYRSYSTEM

2.1 OKGs projektorganisation

För genomförandet av O III-projektet bildades inom OKG en speciell projektorganisation. Flertalet i organisationen ingående funktioner är endast avsedda för O III, medan några andra är gemensamma med OKGs basorganisation. Dit hör t ex funktionerna för juridik, bränsle, kvalitetsövervakning, säkerhet och skydd.

Projektorganisationen är indelad i sex separata enheter. Varje enhet leds av en chef som ansvarar för enhetens arbete. Varje handläggare inom enheterna ansvarar sedan i sin tur för ett visst område. Totalansvaret för hela projektet, både tekniskt och ekonomiskt, har projektledaren. Han samordnar och styr de olika enheternas arbete.

Den ledande principen för att styra organisationen och dess kontakter med underleverantörerna är att varje handläggare ansvarar för sitt område och, i samråd med sina chefer samt OKGs experter, ser till att upphandling samt övriga ärenden handläggs i enlighet med av OKG fattade beslut. Det åligger således de enskilda handläggarna att kontinuerligt följa under- och sidoleverantörernas arbete och se till att de håller rätt kvantitet, kvalitet och tid. Alla dessa enskilda planer samordnas och görs konsistenta centralt inom projektgruppen.

Projektledaren svarar för sambandet mellan projektgruppen och OKGs ledning. Den överordnade rapporteringen sker dels i form av kvartalsrapporter för projektavdelningen respektive ekonomiska rapporter för O III, dels i form av direkta rapporter till VD eller styrelse. Förutom interna rapporter baseras dessa även på:

- projektledarmöten och tidplanemöten var 4-6:e vecka med AASL
- månadsvisa rapporter från BOA. Byggmöten varje vecka, pro-

- arbetsmöten när så behövs med främst AASL, BOA och konsulter.

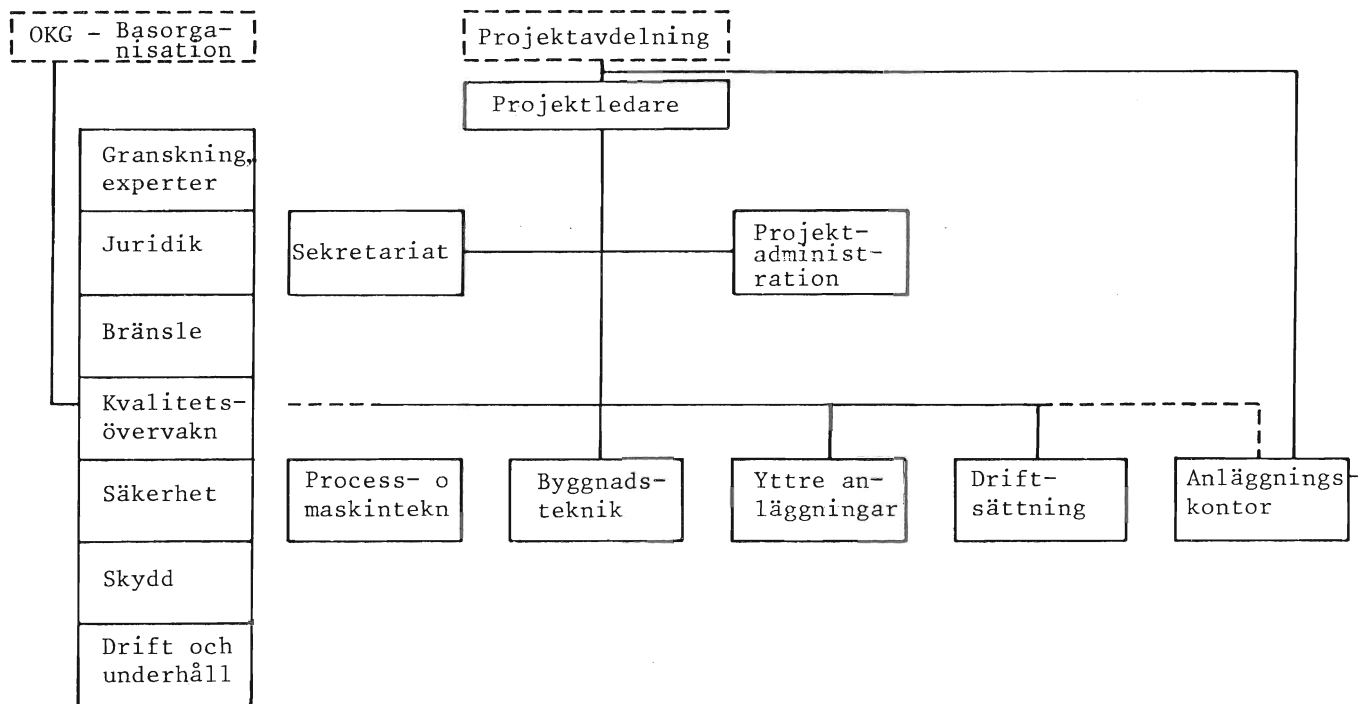
Hela OKGs projektgrupp möts en gång per månad, gruppcheferna och projektledarna ytterligare en gång per månad. Dessutom har ett avtal tecknats mellan OKG och Vattenfall om utbyte av erfarenheter, konstruktionshandlingar m m.

Det viktigaste styrmedlet för att få projektet att löpa som planerat är tidplanerna. Detta beror på att räntekostnaderna är så höga att tidsöverdrag slår mycket kraftigt mot projektets lönsamhet. Med utgångspunkt från de överordnade huvudtidplanerna detaljplaneras och detaljstuderas de olika verksamheterna av handläggarna på den nivå som behövs, främst på rullande halvårsbasis. Planeringsingenjören insamlar och sammanställer varje månad rapporter om arbetsläget, både inom projektgruppen och hos leverantörer och konsulter. Alla avvikelser analyseras med avseende på förseningsrisker och korrigeringsåtgärder.

Denna totalt övergripande vikt som läggs vid tidplanering är en intressant olikhet jämfört med flertalet industriföretag i vars verkstäder omprioriteringar oftast är möjliga vid förseningar. Dessutom finns i verkstadsindustrin större möjligheter att lägga ut legoarbeten. För O III gäller att smärre förseningar kan klaras genom omläggning av tidplaneringen men att större, fundamentala förseningar skulle skapa låsningar för hela projektet.

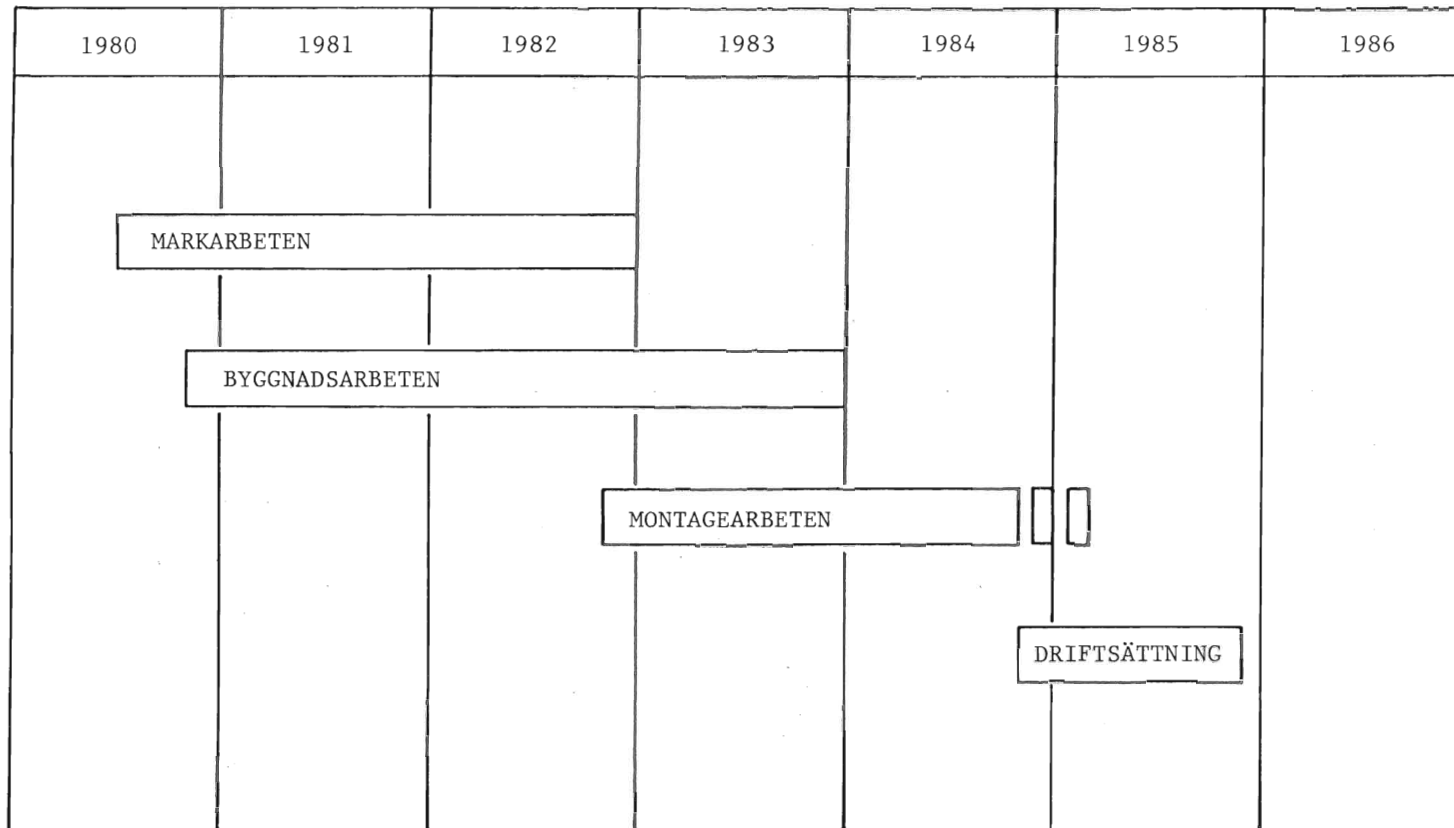
Ett andra viktigt styrinstrument är budgeten. Som nämndes ovan görs varje kvartal en kostnadsuppföljning och en totalkostnadsprognos. Uppföljningar i övrigt ligger på de budgetansvariga handläggarna samt ekonomiingenjören under projektledaren. För att effektivisera kostnadsuppföljningen har ett datoriserat system introducerats. I systemet där beställningar och faktureringar fortlöpande registreras kan varje konto alltid avläsas. (Kontoplanen och budgeten är indelade på identiskt lika sätt.) Alla ändringar och tillägg som påverkar kostnaderna skall föreläggas projektledaren (eventuellt företagsledningen) för beslut.

Figur 4 OKGs projektorganisation för O III



Källa: OKG.

Figur 5 O IIIs tidplan



Källa: OKG.

Varje faktura granskas och godkänns före utbetalning för att öka kostnadskontrollen. Ekonomiingenjören är huvudansvarig för administrationen av detta. BOAs redovisningsfakturer utsätts för en rimlighetskontroll och stickprovvis detaljkontroll.

Ett tredje styrinstrument gentemot underleverantörerna är de mycket noggranna reglerna om kvalitet och kvantitet som är medtagna i köpeavtalen. Det åligger dels varje handläggare att granska och kontrollera, dels de specialiserade avdelningarna för kvalitetsövervakning, skyddssektionen och säkerhetssektionen. Säkerhetssektionen har ansvar för anläggningsdelar som är av betydelse för säkerheten, skyddssektionen för delarna vad gäller krav på radiologiskt skydd, brandskydd, utsläpp m m. BOA upphandlar själv utrustningen inom sitt ansvarsområde med underlag av förfrågningsunderlagsspecifikation som tas fram av OKG eller konsulter.

2.2 BOAs projektorganisation

BOA (Byggkonsortiet Oskarshamnssarbetena) är, som nämndes ovan, ett konsortium bestående av ABV, Skånska Cementgjuteriet och WP-system. Konsortiet svarar för bygg- och anläggningsdelen enligt de krav och normer som finns upptagna i kontraktet, (alternativt förhandlas fram under byggperioden) med OKG, som är beställare.

Organisatoriskt är BOA uppdelat i ett antal olika block med ansvar för budget, tidplan m m. Dessa block är reaktorblocket, som ansvarar för reaktor med inneslutning, kontrollbyggnad samt två av dieselbyggnaderna; turbinblocket som svarar för turbin-, transformator-, högspännings-, kylvatten-, hjälpsystem- och en dieselbyggnad; entréblocket som bygger verkstäderna, service-, avfalls-, hjälpsystem- och en dieselbyggnad samt kontor och personalutrymmen; markblocket med ansvar för terrasseringsarbeten, kylvattenvägar, hamn och liknande, samt serviceblocket som svarar för bodar, vägar och andra gemensamma funktioner. Dessutom finns

ett centralkontor med ansvar för personal, ekonomi, budgetuppföljning och avstämning m m. Arbetet inom varje block leds av en blockchef. På centralnivå finns motsvarande befattningar för de däri befintliga rutinerna. Hela konsortiet leds av en projektchef, som förutom O III-projektet även ansvarar för CLAB (centralt lager för använt bränsle) och vissa andra mindre projekt.

BOAs arbete baseras på det kontrakt som skrivits med OKG. Kontraktet är på löpande räkning med incitamentklausuler (se nedan). För OKGs del hade ett fastpriskontrakt naturligtvis varit att föredra, men detta gick inte eftersom man inte med tillräcklig noggrannhet kunde specificera byggnadsunderlaget. Detta hade krävt ytterligare ca ett års planering, vilket i sin tur försenat hela projektet med motsvarande tidsperiod. Ett kontrakt på löpande räkning har dock den fördelen att det ger mer insyn och tvingar fram ett större deltagande och aktivt intresse från beställarens sida visavi entreprenören/leverantören. (OKG skall godkänna BOAs leverantörer, upphandlingar o dyl.) Problem kan upptäckas tidigare, alternativa lösningar introduceras m m. Svårigheterna att förutse byggkostnadernas omfång speglas i de förhandlingar som kontinuerligt förs mellan BOA och OKG om extraarbete som befunnits nödvändigt. Dessa extrakostnader diskuteras och måste godkännas av beställaren. OKGs kontroll av BOA sker i övrigt främst genom OKGs anläggningskontor, vars olika handläggare, i likhet med övrig OKG-personal involverade i projektet, kontinuerligt har till uppgift att följa och granska avgränsade delar i projektet. Dessutom skall BOAs arbete slutgiltigt besiktigas och godkännas av OKG. Ett tredje kontrollmedel OKG har är, som nämnts, BOAs skyldighet att skicka alla inköpsförfrågningar till OKG för kontroll. OKG har därmed möjlighet att granska att även underleverantörerna följer uppsatta krav och tids- och kostnadsramar.

BOAs styrmedel är dels, liksom för OKG, tidplanen, dels budgetuppföljningen. Inför kontraktsskrivandet upprättade BOA en mycket noggrann budget. Kostnaderna för varje arbetsart och varje anläggningdel finns specificerade i största möjliga detalj. Denna budget är bakgrunden till de avstämningsrapporter som utgör det

huvudsakliga instrumentet på centralnivå inom konsortiet för kostnadsuppföljning och kontroll. Inom de enskilda blocken följer man givetvis kostnaderna på så låg nivå som är möjligt. För att göra kostnadsuppföljningar möjliga är kontoplanen uppdelad efter ansvarsområdena. Varje anläggningsenhet (byggnader, kulvertar m m) har sitt eget konto där de olika typerna av direkta och indirekta kostnader kan särskiljas. Varje blockchef är ansvarig för de egna direkta arbetskostnaderna, medan ansvaret för overhead-kostnaderna ligger centralt. Principen för fördelningen av de indirekta kostnaderna är att varje kostnadsnivå (typ av indirekt kostnad) skall fördelas på de enskilda anläggningsenheterna och redovisas för sig. Kostnadskontrollen kan ses som projektets viktigaste styrmedel.

Avtalet mellan OKG och BOA är således baserat på riktkostnadsbudgeten. Detta kontrakt/denna budget utgör ramen för hela entreprenaden och är basen vid förhandlingarna med BOA om ändringar i specifikationerna. BOAs arvode baseras också på detta kontrakt. Detta tillsammans gör kontraktsbudgeten till det viktigaste styr- och kontrollmedlet.

Jämförelserna mellan kontraktsbudgeten och det faktiska uttaget blir i vissa avseenden lidande av att budgetens kostnader visat sig felaktiga. Detta kan dels bero på ändrade materialpriser, dels på ändrad omfattning av bygget. Inte heller har forceringar av arbetet kunnat förutses. Detta gör avstämningarna till ett ganska trubbigt instrument, speciellt i de fall då riktkostnadsregleringar med BOA inte hunnit slutföras. Genom att räkna på ett antal olika budgetalternativ (kontraktsbudget, reglerad riktkostnadsbudget inklusive och exklusive index, prognosbudget m m) minskar man dock denna stelhet och får rättvisare jämförelsegrunder.

2.3 BOA-OKG-kontraktet

Kontraktet mellan OKG och BOA är, som nämnts, ett kontrakt på löpande räkning med incitamentsklausuler. Detta innebär att BOA

får ersättning för specifikationsändringar och andra ändringar/oförutsedda händelser som tillkommit sedan kontraktsskrivandet. Dessutom har avtalet vissa klausuler om tids- och kostnadsbonus som ger BOA större arvode, inom vissa fixa ramar, vid kortare byggtid och/eller lägre kostnader. Detta innebär i praktiken att BOA garanteras ett minimibelopp av de nedlagda kostnaderna alternativt ett arvode inom ett intervall av de reglerade rikt-kostnaderna.¹ Förutom en kostnadsbonus vid billigare byggande finns även en tidsbonus som utgår om tidplanen hålls. Tidplanen består av ca 100 deltidar som är sammanförda till 20 bonuspunkter. Inom varje bonuspunkt måste samtliga deltidar hållas för att bonus skall erhållas. BOA har dessutom starka incitament att sänka kostnaderna än mer då arvodet räknas på den reglerade rikt-kostnadsbudgeten och inte på de faktiska kostnaderna. Detta innebär att arvodet (kapitalersättningen till BOAs moderbolag) blir en allt större procentuell andel av totalt nedlagda kostnader.

BOA har således flera fördelar av kontraktet. Samtidigt har man i stället gett OKG en betydande insyn. Detta gäller främst kontrollmöjligheter samt godkännanderätten av alla ändringar. OKG garanteras därmed rätten till övervakning så att kostnaderna ej ökar alltför mycket, vilket annars kan vara ett problem vid löpande räkning.

Denna kontraktstyp skiljer sig från dem som användes såväl under O II som O I. O I köptes turnkey från ASEA-Atom, som i sin tur lade ut byggnadsdelen på Armerad Betong medan O II köptes i löpande räkning utan incitamentsklausuler från Armerad Betong. Detta berodde på att byggnadsunderlaget vid O II var ännu osäkrare än motsvarande för O III. De erfarenheter som vanns vid

¹ Nedlagda kostnader = faktiska kostnader för verkligt utfört arbete.

Reglerade rikt-kostnader = budgeterade kostnader enligt avtalet med OKG med tillägg för godkända mängd- och kostnadsändringar.

Beroende på hur förhandlingarna med OKG går kan dessa två kostnadsbegrepp skilja sig mer eller mindre åt.

O II-bygget gjorde emellertid att Barsebäcksverkets båda aggregat kunde kontrakteras i fasta (indexreglerade) à-priser.

2.4 Byggnadsarbetena

Arbetet med specifikationer och ritningar till O III kan förenklat beskrivas som följer: AASL levererar på basis av kontraktet med OKG ritningsunderlag till VBB i form av layout och detaljritningar över ingjutningsgods, fundament och hål etc. Specifikationerna i dessa blir därmed en hopvägning av de normer som finns samt AASLs och OKGs krav i den mån dessa går utöver de förstnämnda. I vissa fall är förloppet mer komplicerat, ritningarna för de jordbävningssäkrade delarna gjordes t ex av VBB på konsultbasis åt AASL.

På basis av underlagsmaterialet ritar VBB byggnadsritningar för BOA. Ritningarna granskas sedan av AASL och i viss mån av OKG. Alla kontakter mellan AASL och BOA går över VBB eller OKG. O IIIs design och lay-out är sådana att ritningarna och konstruktionerna kan bli "byggvänliga". Ett exempel på detta är att O IIIs ritningar redan från början är anpassade till glidformsgjutning till skillnad mot O IIs. Underlagen måste vara hos VBB senast 16-18 veckor före BOAs formsättningsstart. Definitiva ritningar går från VBB till BOA 8 veckor före byggstart. Vissa delar som kräver extern upphandling från BOAs sida av t ex stålkomponenter har emellertid längre framförhållningstider, liksom också ritningarna för glidformsgjutningen.

Som nämndes ovan är O III tvilling till Forsmark III. Detta har för det första inneburit att anläggningarna måste byggas på samma höjd över havet eftersom turbinbyggnaden och kylvattensystemet är låsta till havsnivån. För att kunna använda ritningarna från F III måste också alla övriga hus låsas till turbinbyggnaden. Detta medförde att BOA fick schakta bort mer än 300 000 m³ berg extra. BOA kan i begränsad omfattning vid byggandet av O III dra nytta av erfarenheter som vinnas vid F III,

som ligger ca ett halvt år före tidsmässigt. Tidsskillnaden upplevs emellertid som för kort för att man effektivt skall kunna utnyttja den, samtidigt som produktionstekniken skiljer sig på så många punkter att erfarenheter är svåra att överföra.

Byggnadsdelen av projektet påbörjades under maj 1980 med markarbetena. Själva betongarbetena startades i december samma år och är planerade att pågå till augusti 1983. I augusti 1982 hade de kommit så långt att montage kunde igångsättas. Montaget pågår fram till hösten 1984, då huvudvikten övergår i provning och drifttagning. Byggets totala omfattning beräknas i löpande pris till ca 2 miljarder kronor. Förädlingsvärdeandelen är ca 35 %.

Kritiska linjen

Projektets storlek och dyra finansiering (huvudsakligen lånefinansierat) gör att praktiskt taget all forcering blir intressant. Detta gäller självfallet främst den s k kritiska linjen, dvs de arbetsmoment som, om de förkortades tidsmässigt, skulle medföra att hela projekttiden kunde förkortas i motsvarande grad. Byggandet av O III skiljer sig därvidlag från flertalet byggprojekt i så måtto att man här inte optimerar byggets totalekonomi utan hela projektets. Detta är en väsentlig skillnad. Även betydligt dyrare teknik kan av denna anledning bli lönsam att utnyttja (se mer om detta nedan). Ett exempel är byggandet av tätplåten för reaktorinneslutningen (en konstruktion som med armeringar och förstävningar vägde ca 700 ton). I stället för att, som brukligt är, bygga den bitvis inne i reaktorbyggnaden, byggde man hela konstruktionen utanför och sköt sedan in den på plats. Detta gjorde att man samtidigt kunde arbeta med andra arbeten i reaktorbyggnaden, vilket påskyndade totala färdigställandet och den kritiska linjen. Man frigjorde sig därmed från tidsmässiga beroenden i tidplanen. Tidplanen för hela anläggningen kunde kortas flera månader. Tekniken innebar vissa extrakostnader (ca 10 Mkr), bl a på grund av tjockare plåt, men dessa var försumbara i jämförelse med de räntebesparingar tidsvinsten medförde.

Den kritiska linjen gick under 1980 genom markarbetena. Under 1981-82 var byggnadsarbetena, och då främst turbinbyggnaden och reaktorbyggnaden, som var de delar där montagearbetena inledes, kritiska. Under 1983 övergick den kritiska linjen till montagearbetena samt till viss del till vissa leveranser av komponenter, där utveckling och produktion varit besvärligare än väntat. Detta gäller främst viss utrustning för elgenomföring genom reaktorväggarna. I slutet av 1984, slutligen, blir drifttagningen det mest kritiska momentet.

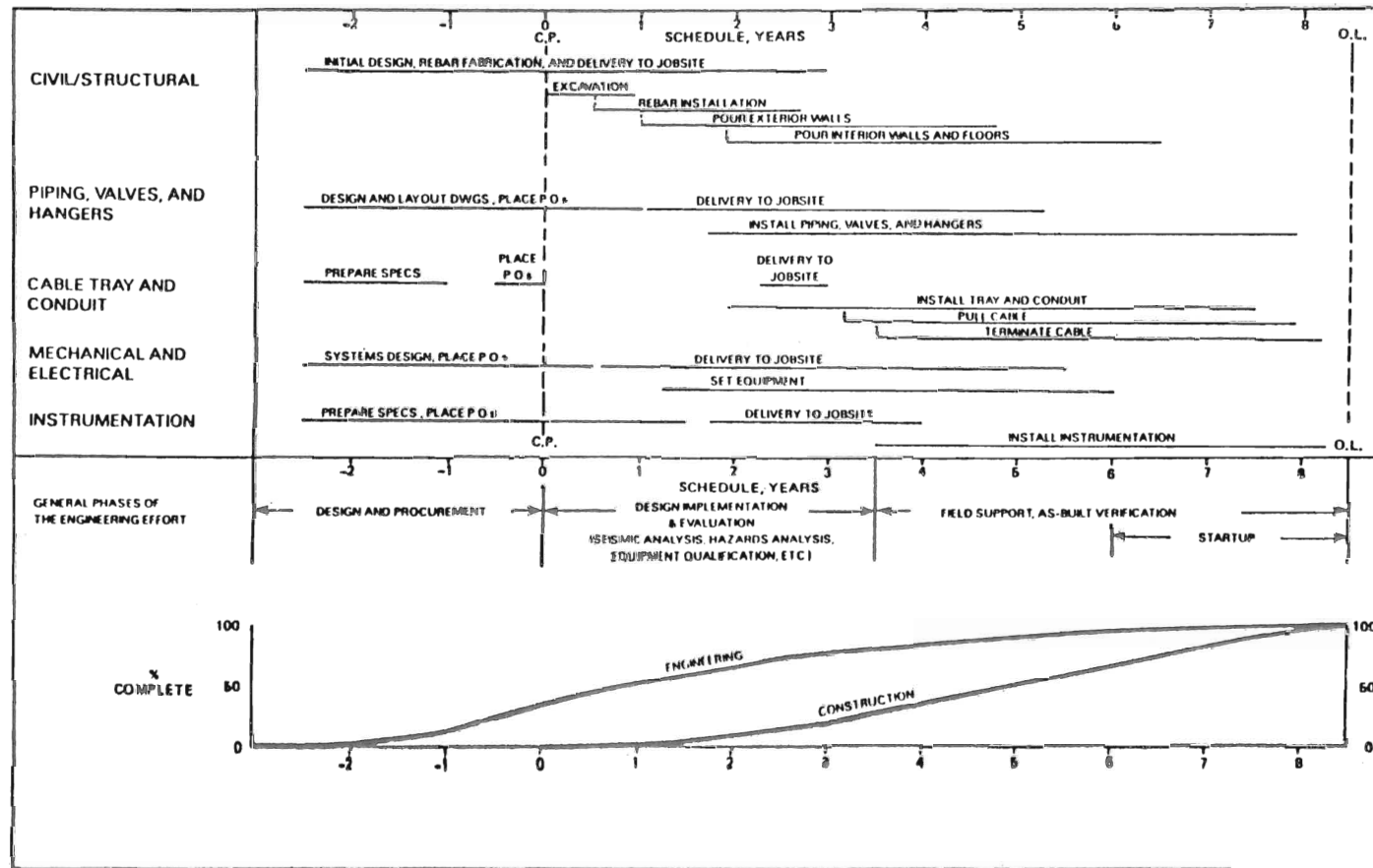
Den byggnadsteknik BOA utnyttjar uppges av flera av de intervjuade (se bilaga 4) på flera viktiga punkter skilja sig från den som används vid amerikanska kraftverksbyggen. Detta gäller dels användningen av glidformar, där svenska företag ligger långt framme, dels utnyttjandet av prefabricerade rör och liknande. De sistnämnda böjs och bockas på byggarbetsplatsen i USA, vilket leder till högre kostnader bl a på grund av mindre stordriftsfördelar. Tempot och tidplanerna på de svenska anläggningarna anses vara hårdare än i USA. Sammantaget rör det sig om tidsskillnader på mer än två år vid uppförandet av ett kärnkraftverk (AIF 1983).

Detta framgår klart av figuren på nästa sida (figur 6) som visar en normaliserad amerikansk tidplan. Som framgår där är en period på 8,5 år från byggstart till driftsättning helt normalt. Detta kan jämföras med O IIIs genomförandetid som är på ca 6 år (se ovan figur 5).

2.5 Datoranvändningen inom OKG och BOA för O III-projektet

Datorer och datortjänster har endast i mycket ringa utsträckning påverkat O III-projektet annat än via de administrativa rutiner som finns inom varje moderbolag. Det enda undantaget utgör VBB, som vid konstruktionsarbetet använde datormodeller för att genomföra merparten av beräkningarna för reaktorn och reaktorinneslutningen. Modellen bygger på ekvationer för olika typer av påfrestningar. Den lagrar och kan även rita upp resultaten av be-

Figur 6 Tidplan för amerikansk lättvattenreaktor



Källa: Atomic Industrial Forum.

räkningarna geometriskt. Geometrin lagrades i en databas medan påfrestningarna beskrevs exogent, även om vissa direkt kunde genereras ur databasen. VBB använde även datorprogram för att beräkna betongpåkänningarna och dimensioneringen av armeringen.

Genom användandet av de databaserade modellerna anser sig VBB ha vunnit främst två fördelar. För det första att riskerna för felräkningar minskades; för det andra att den grafiska resultatpresentationen förenklade överförandet av beräkningsresultaten till arbetsritningar samt kontrollen av ritningarna.

Inom OKG och BOA används flera smådatorer för avstämningar, betydligt fler än vad som skulle ha varit fallet några år tidigare. Trots den relativt obetydliga användningen av datorer upplevs introduktionen av dessa på byggsplatsen O III som en viktig skillnad gentemot O II. Speciellt har snabbheten och pålitligheten i mätningarna ökat vilket påverkat organisationen till viss del. Antalet utsättare har blivit färre än vad som varit fallet om äldre teknik nyttjats.

Det är emellertid ur flera synpunkter lika intressant att analysera varför inte datorerna kommit att spela en mer betydelsefull roll, som att förklara varför, när motsatsen ligger för handen.

1) Byggbranschen präglas av en projektorienterad, decentraliserad organisation. Serielängderna, dvs antalet projekt av snarlik typ, är små. Detta innebär att kostnaderna för att anpassa program i många fall blir betydande.¹ Detta gäller även för OKG i detta projekt. Det har dessutom visat sig svårt och dyrt att nå tillräckligt låg felprocent vid instansning av uppgifter för konstruktionsritningar och dylikt via data.

2) Byggbranschen har hittills i mycket begränsad omfattning anställt personer med datorteknisk inriktning. Den "gamla skolans" män dominerar i hög grad i företagen. Användandet av datorer är

¹ Samma sak gäller vid robotisering, när serielängden är kort eller produkten snart skall läggas ned (Eliasson, 1980).

således delvis en utbildningsfråga.

3) Det finns, enligt intervjuuppgifterna, relativt få program och mjukvara anpassade för byggbranschen jämfört med vad som gäller för tillverkningsindustrin. Utvecklingen väntas emellertid ta fart under de kommande åren.

4) OKG har tidigare arbetat med datoriserade styr- och planeringssystem för hela projekt. Ett genomgående problem har varit att dessa system i alltför hög grad länkat upp tidplaner och problemlösningar till vissa vid starten gällande förutsättningar. Det har därför varit svårt att åstadkomma den flexibilitet som varit önskvärd. Det har dessutom varit alltför svårt att upptäcka eventuella fel eller inkonsistenser tillräckligt tidigt, vilket innebar kraftiga kostnadsökningar i senare projektled. Man har därför vid O III-projektet gått ifrån detta system och använder nu datorer endast för vissa punktinsatser, t ex kostnadsuppföljning och informationslagring.

ASEA-Atom tog för två kärnkraftverksbyggen i Finland under 70-talet fram ett styr- och planeringssystem för ett totalprojekt (dvs både bygg- och maskinsidan). Detta har inte kommit till användning vid Oskarshamnsverket, främst beroende på olikheter i projektorganisationens uppbyggnad jämfört med den för de finska verken. Avslutandet av kärnkraftsutbyggnaden i Sverige har också inneburit att det setts som mindre intressant att satsa på att utveckla specifika kärnkraftsstyrningsprogram för byggsidan.

5) En allmän hypotes, som hittills varken kunnat bevisas eller motbevisas, är att en enklare och mer stringent målformulering gör att man kan koncentrera informationssystemet till färre variabler inom en projektorganisation. Detta gör i sin tur att avsevärt mindre informationsmängder måste samlas in och bearbetas. Den mindre informationsmängden är betydligt lättare att bearbeta och tolka manuellt, vilket minskar efterfrågan på datorsystem vars komparativa fördelar ligger just i bearbetning av stora informationsmassor. En hypotes är därför att enklare mål-

formulering leder till färre datorsystem.¹

En viktig förklaringsbit i förekomsten av de färre målvariablerna ligger, som nämnts ovan, i den decentraliserade organisationsformen. Det "lokala" ansvaret gör att mindre informationsmängder behövs centralt, även om som helhet betydande informationsmängder produceras inom totalorganisationen. Tack vare att man under projektets gång har byggt upp ett stort förtroendekapital mellan de olika delarna kan de centrala kontrollinsatserna minskas. Förtroendekapitalets betydelse för en projektorganisation understryks även av Reve (1983).

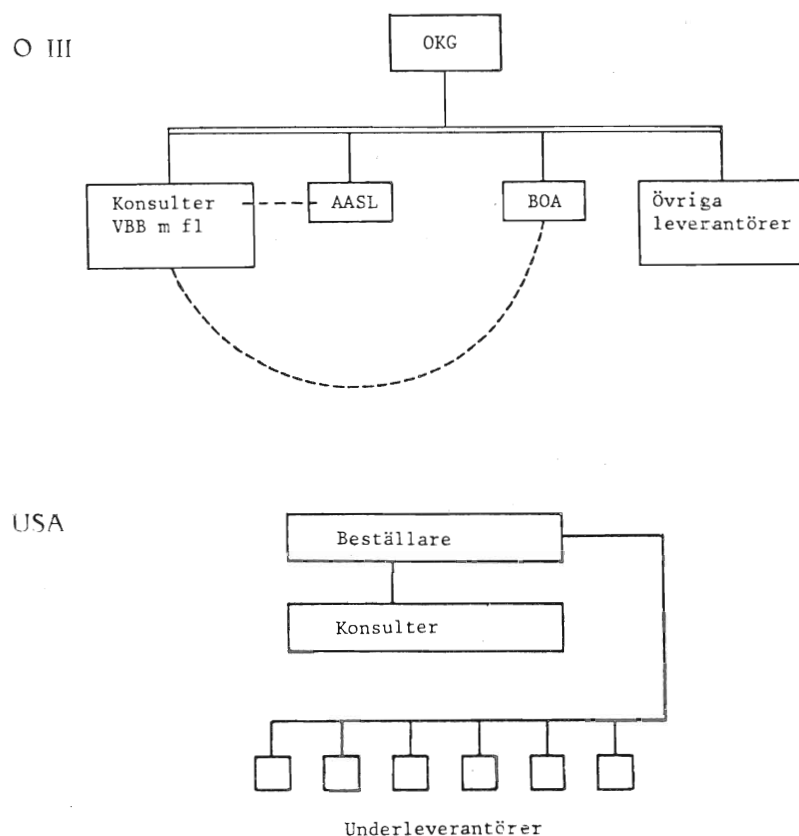
Organisationen av O IIIs projektgrupp skiljer sig i detta avseende från den som amerikanska företag utnyttjar. Kontraktet är där oftast spritt på ett betydligt större antal företag. Detta leder i sin tur till att den sammanhållande enheten samt styr- och informationssystemet blir betydligt större på grund av de större kontroll- och planeringskraven. Detta framgår av figur 7 som ger en stiliserad bild av de två organisationstyperna.

Som synes i figur 7 är den amerikanska organisationen uppdelad i ett avsevärt större antal delar. Varje ingående dels ansvar blir i motsvarande grad lägre. Detta innebär att beställaren dels får ett större kontroll- och uppföljningsansvar, dels att även ansvaret för enskilda tekniska lösningarna läggs på beställaren. Detta kräver i sin tur stora konsultinsatser med ytterligare kontroll- och samordningsproblem som följd. Man tappar därmed delvis kontrollen över kostnadsutvecklingen. Motsvarande svårigheter har till stor del eliminerats i O IIIs projektorganisation genom att kompetens och ansvar sprids på de få, stora, underentreprenörerna.

Några exempel på utnyttjande av datorer till för projektet specifika tjänster finns dock. Det är dessa exempel som är av mest intresse för oss eftersom de inbegriper både planering, investerings-

¹ För en diskussion om detta för tillverkande företag se Eliasson (1980).

Figur 7 Schematiserad bild av O IIIs organisation och motsvarande organisation i USA



beslut och ibland uppföljning. Det går därför att granska vilka effekter datorerna fått.

Ett första exempel är OKGs datoriserade system för kostnadsuppföljning som nämndes ovan, som ger en effektivare kostnadsuppföljning. Det är svårt att kvantifiera värdet av de större och snabbare kontrollmöjligheterna, men de största vinsterna verkar ligga i att styrningen blir betydligt mer exakt. Detta är speciellt viktigt vid kontrakt på löpande räkning. Avvikelse upptäcks och korrigeras snabbare, vilket betyder avsevärda insparade belopp i

ett projekt av O IIIs storlek och dyra finansiering samt hårt pressade tidsram, som gör det nödvändigt att snabbt upptäcka alla avvikelser.

Ett andra exempel kan hämtas från BOA. Detta gällde uppmätning och dokumentation av kylvattentunnelbygget. En konsultfirma gav ett anbud på arbetet på 400 000 kr. BOA bestämde sig dock för att i stället utnyttja sin egen dator (som man redan hade) och behövde endast köpa till en plotter. Totalkostnaden för inköpet samt det egna arbetet kan uppskattas bli ca 100 000 kr. Besparingen blev således 300 000 kr.

BOAs dator används i övrigt på byggsidan främst till utsättning och kontrollmätningar. Genom att utnyttja datorer anser man sig ha vunnit fördelar inom främst två områden. För det första har antalet utsättare kunnat hållas lägre jämfört med vad som hade krävts utan datorer. Jämfört med O II har dock antalet utsättare per byggvolym ökat. Detta är sannolikt en följd av de allmänt strängare kraven från myndighetshåll. För det andra har precisionen i mätningen förbättrats avsevärt. Detta upplevs som speciellt betydelsefullt för projekt med så hårda krav som ett kärnkraftverk. Den precision som i dag kan fås på en halvtimme, kunde tidigare ta en dag att uppnå manuellt.

Genom att alla fakta kan lagras och lätt tas fram uppnås dessutom vinster i dokumentationsledet. Även detta är speciellt viktigt vid ett kärnkraftverksbygge där dokumentationskraven både från myndigheter och för eget bruk är mycket noggranna. Likaså kan utvärderingen ske med bättre precision. Genom lagringen av uppgifter är det också möjligt att snabbt ta fram "kom-i-håg-listor", sorterade på önskat sätt, efter höjder, benämningar eller annat.

2.6 Vattenfalls projektorganisation

Vattenfall (eller egentligen FKA - Forsmarks kraftaktiebolag - där Vattenfall är majoritetsdelägare) uppför som nämnts en tvil-

ling till O III i Forsmark, F III. Detta ger möjlighet till intressanta jämförelser då olikheter finns i organisationen av projekten.

FKA har, i princip, lagt ut uppförandet av F III på Vattenfall på turnkey-basis. Vattenfalls organisation skiljer sig på flera punkter från OKG-BOAs. De viktigaste olikheterna är

- 1) Vattenfall har till skillnad från OKG en egen byggproduktionsavdelning. Själva bygget sker i egen regi till 50 % och till 50 % via entreprenör.
- 2) Vattenfall har ingen ren projektorganisation utan arbetar med en liten projektstab och övriga funktioner som matrisorganisation inom den ordinarie organisationen.

Ansvar för byggnadsarbetena av F III vilar således på en sektion (BYV5) inom Vattenfall. Målet för organisationen är att betrakta denna byggdetalj som en entreprenör med totalansvar även om detta inte varit möjligt att genomföra fullt ut. Detta innebär att samtliga byggkostnader förs på denna enhet samt att den relativt fritt upprättar kontrakt med underentreprenörer. Skillnaden jämförd med OKG-BOA är därför mindre än den vid första anblicken verkar. Organisationsmässigt uppvisar byggdelen vid F III (BYV5) och BOA stora likheter med blockuppdelning, central planering, inköp o dyl. BOAs block har dock ett större mått av självbestämmande medan BYV5 till viss del fortfarande lever kvar i en äldre organisation med mindre uttalat objektansvar. BYV5s arbete baseras på en uppgjord budget. Incitamentet är "fjädern-i-hatten" av en klarad budget, inga penningincitament utgår till BYV5.

Liksom för BOA är det viktigaste styrmedlet jämte tidplanen de avstämningar mot budgeten som görs 4 gånger per år. Bygget sker i löpande räkning, men liksom i O III-fallet skall ändringar och regleringar av budgeten diskuteras med beställaren, projektledningen på Vattenfall.

Till skillnad mot OKG har Vattenfall inte skapat någon "ren" projektorganisation utan projektledningen "köper" i stället handläggartjänster och andra uppdrag från linjeorganisationen. För den personal som är stationerad vid Forsmark för administration, uppföljning och montagekontroll av elektrisk och värmeteknisk utrustning har dock en särskild platsorganisation, liknande OKGs, skapats. Trots de formella olikheterna synes emellertid de båda systemen fungera snarlikt med projektledare och handläggare som ansvarar för skilda delar. Vattenfalls handläggare på beställarsidan övervakar och granskar endast i ringa omfattning byggnadsarbetena då ju byggandet också sker i Vattenfalls regi. Däremot finns givetvis intern kvalitetskontroll bl a enligt myndigheternas krav samt vid leveransgränsen mot montage respektive drift.

2.7 Byggmässiga olikheter O III - F III

Det finns ett antal intressanta skillnader mellan de två byggorganisationerna. De viktigaste är:

- 1) Blockens självständighet
- 2) Lönesystemen
- 3) Kostnader - tidplan
- 4) Teknik
- 5) Övrigt

1) Blockens självständighet: Som nämndes ovan är BOAs block i högre grad än BYV5s självständiga och har totalansvar för kostnader, tider, löner, kvalitet m m. Båda organisationerna har sedan centrala avdelningar för inköp, planering och liknande. BOAs större självständighet för blocken beror delvis på att BYV5 ännu inte helt kommit bort från en äldre mer centraliserad organisationsform, delvis på olika filosofier vad gäller det mest effektiva sättet att lösa avvägningen mellan centraliserat och decentraliserat beslutsfattande. Båda organisationerna har således samma grundinställning till hur detta bör ske, men har av projekt- och individspecifika orsaker något olika lösningar. Avvägningen mellan cent-

ral och decentraliserad styrning kan i många fall vara svår.¹ Å ena sidan ökar kostnadsmedvetandet och motivationen med ett decentraliserat system, men å andra sidan finns risker för suboptimering om blocken på grund av intern konkurrens även arbetar mot varandra, t ex konkurrerar om knappa resurser, eller att summan av inköpta resurser blir onödigt stor om var och en köper efter sina behov när odelbarhet råder. Det gäller således att ha en central enhet som kan samordna och styra de olika enheterna åt samma håll utan att för den skull detaljplanera deras verksamhet. Centralenheten skall således söka styra, utan att kväva de ingående delarna. Det gäller att låta initiativkraften inom organisationen finnas kvar. Bruket av noggrant samordnade tidplaner kan ses som ett dylikt instrument.

Skillnaderna i detta avseende gentemot O II är betydande för BOA. Hela O II-projektets storlek motsvarar endast ett av blockens. Samma ansvarsuppdelning var då varken nödvändig eller önskvärd utan kan ses som en följd av den flerdubbla byggnadsstorleken. En uppdelning måste till för att upprätthålla det personliga ansvaret på en lagom nivå vid stora projekt. Valet av den exakta avvägningen blir dock, liksom i det generella företagsfallet, beroende på individuella faktorer.

2) Lönssystemet: Lönemässigt uppvisar de två arbetsplatserna stora olikheter. BOA använder ackordslön medan Vattenfall har fast lön. I BOAs fall är bakgrunden främst effektivitetsmässig; ackord innebär enligt BOA högre produktivitet, medan beslutet att inte ha ackord för Vattenfalls del baseras på överväganden om ackordens nackdelar samt att byggets storlek gör att ackordens effekthöjande verkan, enligt BYV5, är synnerligen tveksam. BOA menar att ackordens effektivitetshöjande funktion är tvådelad. Dels höjs den direkta arbetsproduktiviteten, dels får byggnadsarbetarna ett intresse av en fortlöpande dialog med ledningen

¹ Vid mycket stora projekt kan dock, som visades i avsnitt 2.5, en central styrning vara omöjlig p g a de alltför stora informationsmängder som behöver hanteras.

Figur 8. Arbetarkategorier på en byggsplats

| "Arbetsuppgifter" | | | "Arbetsplats" |
|-------------------|----------|--------|-----------------------|
| Trä | Armering | Betong | |
| ----- | ----- | ----- | 1:a Blocket (Reaktor) |
| ----- | ----- | ----- | 2:a Blocket (Turbin) |
| ----- | ----- | ----- | ⋮ |
| ----- | ----- | ----- | n:e Blocket |

om de problem som uppstår m m. Man får därmed snabbt indikationer när något går snett. BYV5 anser däremot att ackorden gör det svårare att få olika arbetarkategorier att byta uppgifter och/eller block eftersom ackorden alltid blir något olika och, för det andra, att de administrativa kostnaderna är betydligt högre än vid månadslön. Trots hårt motstånd både från byggnadsarbetarna och underentreprenörerna valde BYV5 därför timlön. Av betydelse för beslutet var de erfarenheter av ackord från F I som uppfattades som mycket negativa. De negativa effektivitetseffekterna söker man motverka genom bättre planering och andra arbetsmotiverande åtgärder.¹ Underentreprenörerna vid F III har dock huvudsakligen ackordslön. Produktiviteten för de bägge olika lönetyperna vid Forsmark synes enligt hittills gjorda beräkningar vara ungefär densamma.

Man kan förenklat fördela arbetarkategorierna på en större byggarbetsplats enligt figur 8. Som vi ser finns det gränser (faktiska och/eller upplevda) dels mellan olika arbetstyper, dels mellan olika block. Både arbetsuppgifternas olikheter och gruppkänslan kan göra det svårt att byta plats i systemet. För att kunna utnyttja resurserna effektivt gäller det emellertid att öppna gränser-

¹ Eftersom O III och F III är praktiskt taget identiska projekt och avvikelser kan exakt identifieras och mätas ger dessa två projekt unika möjligheter att utvärdera två olika faktorprissättningsystems effektivitets- och kostnadskonsekvenser. Eftersom projekten ännu inte avslutats, måste dock en sådan analys vänta.

na i så stor utsträckning som möjligt, både vertikalt och horisontellt, med hjälp av planering och attitydförändringar. Ett ackordsystem kan i det avseendet verka hindrande och minska viljan till byten om inkomsten då ändras. Detta måste dock vägas mot de effektivitetsvinster som ackorden kan innebära.

Gränserna blir speciellt besvärliga allteftersom de olika blockens arbetsuppgifter blir klara. Det gäller då att föra över resurserna till andra block där både kraven och fördelningen mellan de olika kategorierna kan vara olika. Den centrala personalplaneringen är därför mycket viktig.

Det är svårt att ta fram rättvisande siffror för produktiviteten som kan belysa eventuella effektivitetsskillnader mellan de båda anläggningarna. Enligt BOAs jämförelser av totaltidsåtgången för formsättning, armering och gjutning av betongkonstruktioner var den ca 20 % lägre i Oskarshamn.¹ Detta pekar på en större effektivitet, men det är å andra sidan omöjligt att härleda huruvida den beror på ackorden, på annan teknik (se nedan) eller på ytterligare andra faktorer. Det är dock sannolikt att ackorden verkat positivt, hur starkt går ej att säga.

Byggsektorn har, totalt sett, minskat relativt slutet av 60-talet och början av 70-talet. En intressant fråga är i vad mån det är den mest effektiva och högproducerande arbetskraften som först söker sig över till andra sektorer. Mycket tyder på detta, vilket skulle kunna förklara en del av den sjunkande produktivitet som observerats under senare år.

Ytterligare en olikhet mellan de två projekten är deras geografiska lokalisering och därmed beroendet av regionens arbetsmarknad. Stockholm-Uppsala-området, i vilket BYV5 verkar, har över lag haft en högre sysselsättningsnivå och därmed svårare att suga åt sig all den arbetskraft som behövts.

¹ Det är viktigt att observera att det är svårt att göra rättvisande produktivitetjämförelser. Se även Eliasson (1980).

3) Tidplanerna: BOA håller ett högre tempo än BYV5. Detta medför ökade kostnader, t ex i form av skiftgång, men tidplanen prioriteras genomgående över rena byggnadsönskemål. Startpunkten för F III-projektet brukar anges till 1/12 1978 och laddningen prognosticeras till 10/9 1984. Detta motsvarar 69,5 månader. Motsvarande tidpunkter för OKG är 1/6 1980 och 1/2 1985, vilket motsvarar 56 månader, dvs ca ett år kortare byggtid. Mycket viktigt att notera är dock att Forsmark III "led" av osäkerheten inför folkomröstningen. Detta försenade bygget ca 9 månader. Ursprungligen prognosticerades byggstarten till 1/1 1979 och färdigställandet till januari 1984. Detta skulle ha givit en total byggtid på ca 60 månader. BOA har dessutom fördelen att till viss del kunna dra nytta av erfarenheter från F III.

BOAs mycket forcerade tidplan beror på att kapitalkostnaderna av OKG upplevs som så viktiga att flertalet tidsvinster, trots högre byggkostnader, innebär kostnadsbesparingar (se nedan). En reservation måste dock göras för det faktum att verket inte bör startas under sommaren då efterfrågan är låg. Produktionsstarten bör därför ske under hösten/vintern 1985. För att belysa storleksordningen kan nämnas att OKGs räntebetalningar, som nämnts, för de senare åren prognosticeras till över en miljard kronor per år, i löpande penningvärde.

Vattenfall har i detta avseende en annan filosofi och menar att forceringar genom löneglidning, tvåskift, lägre produktivitet m m ger en totalt sett sämre ekonomi. Tillgången på arbetskraft var vid beslutstidpunkten en viktig faktor. Vattenfall trodde inte att det skulle vara möjligt att anställa tillräckligt många byggnadsarbetare för att kunna satsa på en kortare byggtid. Man har därför genomgående valt en något "långsammare" men byggkostnadsbesparande tidplan. Detta avspeglas t ex både i det lägre utnyttjandet av tvåskift och i det lägre antalet glidformar (som kräver skiftarbete). En annan orsak till den längre tidsramen är montagearbetena. A-montaget gäller grövre montage - konsoler, stålbalkar o d - och är tänkt att igångsättas medan viss byggnadsverksamhet

fortfarande pågår i lokalen. B-montaget är det slutliga montaget, och lokalen skall då vara så gott som klar. Maskinleverantören övertar då så att säga ansvaret för byggnaden från byggaren. I Forsmark har ett visst glapp uppstått i montagearbetet då byggnadsdelen ofta varit klar för B-montage redan när A-montaget skall starta. På grund av kontrakten med underleverantörerna har det emellertid inte gått att utan kontraktsrevideringar forcera montagearbetet. I Simpevarp har man lyckats få aktiviteterna att hänga samman bättre och därmed mindre spilltider.

BYV5s annorlunda filosofi kan till viss del ses som en följd av att divisionen fortsätter verka inom Vattenfall även efter Forsmark med i stort sett samma arbetskraft. Detta gör att det, sett ur en långsiktig företagsekonomisk synvinkel, kan vara lönsamt att hålla kostnaderna på en lägre nivå än vad som annars blivit fallet. Genom att söka pressa dagens byggkostnader kan Vattenfall sannolikt hålla kostnaderna för nästa projekt på en lägre nivå än vad som annars varit möjligt. Motsvarande problem existerar inte för BOA som efter färdigställandet av Oskarshamnprojektet åter upplöses i de ingående bolagen.

Ytterligare en möjlig anledning för Vattenfall att ha andra prioriteringar är att alla prognoser pekar mot elkraftsöverskott och pressade priser vid mitten av 1980-talet. Det kan därför vara optimalt för Vattenfall som är den störste elkraftsproducenten och distributören, att ta lägre byggkostnader och längre byggtid jämfört med att ha ett kärnkraftverk producerande till förlustpriser de första åren. Detta hänger nära samman med innehavet av alternativa, billigare elverk. Det är möjligt att Vattenfall, med riklig tillgång till billig el från de norrländska älvarna, har en annan prioritering än OKGs delägare.

4) Teknik: Valet av teknik är nära förbundet med den olika syn på tidplanerna som redogjordes för ovan. BOA har således i betydligt större omfattning använt glidformsgjutning, som är tidsbesparande och i detta fall förbilligande. Glidarna hyrs in på uppdragsbasis, vilket ger lägre kapitalkostnader jämfört med de invest-

ringar i fast-formar som annars krävts. Glidformsgjutningens teknik jämförd med konventionell fast-formsteknik gör att egentligen endast två möjligheter vid valet av volymen på glidformsarbetena blir aktuella. Man kan antingen utnyttja dem på så många delarbeten som möjligt för att sprida kostnaderna och korta den totala tidplanen eller också kan man begränsa användningen till de områden där denna teknik är speciellt lämplig. BOA har valt första vägen medan BYV5 valt den andra. BYV5 blev i detta val till viss del styrda av projekttidplanen som gjorde att konstruktörerna inte kunde ta fram glidformsritningar i tillräckligt god tid för att möjliggöra det första alternativet.

En annan olikhet är att BYV5s maskinella utrustning (samt andra tillbehör) till stor del inköptes redan före "stilleståndsperioden" mellan 1976 och 1980 medan BOAs i huvudsak är modernare och effektivare. BYV5s kapitalkostnader blir å andra sidan lägre tack vare lägre avskrivningar, låneräntor m m.

5) Övrigt: BOAs ställning som helt fristående från OKG innebär att, relativt BYV5, totalt sett större tjänstemannainsatser inom hela projektet behövs, exempelvis för planering och kvalitetskontroll.

Dessa kostnader kan i BYV5s fall delvis elimineras då dubbelarbetet i form av kontroller minskas, delvis i stället komma att redovisas på annan plats i projektorganisationen. Denna skillnad i kostnader synes dock vara av mindre vikt.

2.8 Sammanfattning

Anläggningsprojekt kan liknas vid företag som endast producerar en enhet av varan och därefter upplöses. Den väl specificerade uppgiften gör att den typ av organisation som bildas för dessa projekt blir specialiserad, dvs uppvisar en hög statisk effektivitet. Jämfört med vår vanliga företagsmodell beror detta dels på en bättre överensstämmelse mellan organisationen och informationssystemet, dels på att målstrukturen är enkelt och klart formulerad.

rad och välkänd av alla.

Skillnaderna gentemot ett traditionellt arbetande företag är givetvis stora vad gäller styr- och informationssystemen:

1) Tidplanen är för O III den dominerande målvariabeln som genomgående prioriteras. Räntevinsterna av kortare tidsåtgång är så stora att de överskrider de extrakostnader forceringen för med sig. (Se mer om detta i nästa kapitel.) Man ökar alltså kapitalets turnover genom den hårdare tidplaneringen. Paralleller kan dras till t ex industriföretags strävanden att öka lageromsättnings-hastigheten.

2) Projektets styrindikatorer är färre och enklare än de som flertalet företag använder. Detta gör planering, övervakning och uppföljning lättare och målöverensstämmelsen bättre. Informationssystemet är således anpassat till projektets organisation och syften.

3) Större självständighet uppnås mellan de ingående delarna, vilket innebär större resurser satsade på kontroll och uppföljning. Styrningen sker i högre grad genom gemensam planering och noggrann uppföljning än genom "direkt" produktionsstyrning.

4) De mycket hårda statliga normerna har medfört att uppföljnings- och kvalitetsövervakningssystemen blivit avsevärt viktigare än tidigare. Fel kan, jämfört med andra verksamheter, i betydligt mindre grad och utsträckning än normalt tolereras i slutprodukten.

5) Projektorganisationer har, inom sina givna mål och förutsättningar, en mycket hög effektivitet. Specialiseringen på ett område medför att den dynamiska effektiviteten, beredskapen för nya uppgifter som ligger utanför en given organisation och givna förutsättningar, kan bli i motsvarande grad lägre.

Vi har i kapitlet även jämfört organisationen vid O III med "sys-

terreaktors", F III. Som visats i texten är likheterna fler och större än skillnaderna. Några intressanta olikheter har dock iakttagits:

- 1) Något olika bedömning vad gäller avvägningen mellan kostnader och tidplan.
- 2) Viss skillnad i projektorganisationens uppbyggnad, och i styrningen av byggblocken.
- 3) Olika bedömningar vad gäller valet av ackordslön eller fast lön på arbetsplatsen. Olika filosofi vad gäller styrning och arbetsmotivation. De två organisationerna har valt att gå olika vägar.

Skillnaden i tidsåtgång vid uppförandet av de båda reaktorerna kan uppskattas till ca ett år till O IIIs favör. Detta beror dock delvis på att F III var tvunget att byggas på sparlåga under den politiska osäkerheten 1976-80. Skillnaden är dock också till viss del ett medvetet val från projektledningens för F III sida. Vi har inte, inom ramen för detta projekt, närmare kunnat granska och jämföra de två organisationernas kostnader.

3 BYGGNADSKOSTNADERNAS OCH PRODUKTIVITETENS UTVECKLING OCH BESTÄMNINGSFAKTORER

3.1 Inledning

I det följande kapitlet lämnar vi organisationens utformning och jämförelserna med Forsmark III. I stället går vi in på det andra huvudsyftet; att granska byggnadskostnadernas och produktivitetens utveckling och bestämningsfaktorer.

Byggnadsindustrin befinner sig i dag i uppenbara svårigheter. Samtidigt som sektorn stagnerar i storlek har produktivitetens utvecklingen varit mycket svag. Kostnadsindex har stigit avsevärt snabbare än konsumentprisindex. Vi vet emellertid inte mycket om vad som har orsakat denna utveckling. De studier som gjorts har främst gällt utvecklingen för hela sektorn, även om vissa analyser gjorts för olika typer av byggande - bostäder, förvaltningsbyggnader, industribyggnader m m. (Se t ex SOU 1982:34.) Inte i någon av dessa studier finns emellertid en förankring av analysen på mikroplanet, dvs kostnadsutvecklingen vid det enskilda byggprojektet.

I detta kapitel skall vi på mikronivå analysera och jämföra kostnadernas och produktivitetens utveckling mellan två anläggningsprojekt (O II - O III) i syfte att förklara hur kostnadshöjningarna uppstått i denna speciella verksamhet samt hur produktivitet över huvud taget kan och bör mätas.

Vi tror därför att såväl metod som förklaringsfaktorer har relevans utanför både kärnkraftsprojekten och anläggningsindustrin i stort. En jämförelse mellan O III och O II är dock i många avseenden problematisk att genomföra. O III och O II är olika både konstruktionsmässigt och till sina prestanda. På makroplanet ser man inte dessa problem. På mikroplanet kan man inte gå förbi dem. Hur kan de två verken standardiseras på ett sådant sätt att en jämförelse blir rimlig? Hur skall de ingående resurserna värderas?

Den metod vi utnyttjar för att värdera och standardisera resursinsatserna baseras på de två reaktorernas kontoplaner. Principen är att från kontoplanen "plocka" ut de relevanta standardkostnaderna och jämföra dessa. Genom att använda standardkostnader får vi dels ett konsekvent och jämförbart mått på de olika resursinsatserna, dels mätvärden som överensstämmer med företagens egna och deras sätt att tänka. Det ger dessutom stora möjligheter till nedbrytning på enskilda resurser och arbetsarter, dvs vi kan utläsa hur teknik, organisation eller annat ändrats och vilka effekter på produktiviteten dessa ändringar åstadkommit.

När det gäller produkten underlättar dess tänkta användning den standardisering vi behöver för jämförelser. De två reaktorerna skall producera en homogen vara, megawatt. Kapaciteten att producera elström i en jämn takt över en tidsperiod till vissa kostnader bestämmer produktens värde. Det ideala jämförelsemåttet hade egentligen varit megawatttimmar (MWh) över projektets livslängd. Detta mått förutsätter emellertid att vi känner till de två reaktorernas tillgänglighetsgrad (kvoten mellan timmar tillgängliga för produktion och totala antalet timmar), utnyttjningsfaktorn (kvoten mellan faktisk produktion och reaktorns nominella topp effekt), verkets livslängd samt driftskostnaden per MWh. Tillgänglighetsgraden och utnyttjningsfaktorn tillsammans kommer här att kallas kapacitetsutnyttjande. För O II kan denna skattas på basis av tidigare års erfarenheter. För O III blir emellertid prognosen osäker, vilket kraftigt skulle påverka resultatet.

Har de två reaktorerna samma tillgänglighets- och utnyttjningstal blir kostnadsrelationerna desamma som vårt megawattmått visar. Skulle O IIIs kapacitetsutnyttjande bli högre blir O III billigare (per producerad enhet) än vad våra kalkyler visar. Motsatsen blir fallet om O IIIs tillgänglighetstal blir lägre än de för O II. Fler-talet intervjuade (se bilaga 4) bedömer dock att kapacitetsutnyttjande-talet kommer att ligga på samma nivå för O III som för O II.

Byggnadskostnaderna per megawatt kan jämföras och blir det

mått kring vilket våra analyser av kostnadsutvecklingen byggs upp, med hänsyn tagen till nya krav och ändrade förutsättningar i övrigt. På denna totalnivå (hela verket) är det emellertid svårt att kvantifiera hur mycket de olika förklaringsfaktorerna betytt för utvecklingen. Olika trender som på den lägsta nivån är klart urskiljbara kan verka åt olika håll och därmed bli svårare att upptäcka på denna aggregationsnivå. Det är därför önskvärt att kunna komplettera beräkningarna för reaktorerna som helhet med analyser på delnivå - för olika byggnadsdelar - där det på ett klarare sätt går att studera organisationens, teknikens eller skalans betydelse för kostnaderna och produktiviteten.

På delnivå tvingas vi emellertid till största delen att lämna det homogena måttet megawatt som bas för produktens definition och därmed för produktivetsberäkningarna. Det beror på att det inte går att fördela megawatt-produktionen på de olika husdelarna. Vi studerar därför också kostnadernas utveckling per enhet byggvolym liksom andra kostnadsåtgångar.¹

Byggkostnadernas utveckling per enhet byggvolym är dock i många fall ett tveksamt mått på produktivetsutvecklingen. Byggvolymen är ett "input" i projektet som kan kombineras med övriga inputs på många olika sätt. Endast i undantagsfall kan m³ byggvolym, eller armerad betong, som MWh åsättas ett marknadsvärde. Allt byggande har, som nämndes ovan, dessutom en "trade-off" mellan byggkostnader och byggtid. En högre kostnadsnivå i termer av byggvolym kan därför vara förknippad med en lägre total projektkostnad, om stora räntebesparingar kan göras tack vare kortare projekttid. Vi kommer att genom nuvärdeskalkyler söka eliminera denna felkälla.

¹ Mycket viktigt att notera är att de kostnadsuppskattningar vi baserar beräkningarna på inte är slutkostnader utan prognoser som bygger på erfarenheterna när knappt 70 % av bygget slutförts.

En annan felkälla kan vara avvägningen mellan byggkostnader och service- och avställningskostnader. Högre byggkostnader kanske avspeglar bättre kvalitet, vilket kan innebära lägre serviceutgifter. Att i detta fall använda enbart byggnadskostnaderna som mått kan självfallet ge felaktiga resultat. En MWh kan således produceras med olika andel kapital- och driftkostnader. Byggkostnaden (kapitalkostnaden) per MWh kan därför tillåtas stiga om i stället driftkostnaderna per MWh sjunker. Vi skall försöka ta hänsyn till detta i våra kalkyler.

På grund av olikheter mellan de två reaktorernas kontoplaner har tyvärr begränsningar satts för möjligheten till direkta jämförelser ned på lägsta nivå. Som det kommer att visa sig i kapitlet innebär detta att målsättningen i flera fall får bli att exemplifiera och söka förstå snarare än kvantifiera vad förändringarna reaktorerna emellan berott på.

3.2 En grundläggande jämförelse mellan O III - O II

Väl färdigt planeras O III få en kapacitet på ca 1 060 MW. Detta kan jämföras med O IIs 580 MW och O Is 440 MW. O III är således ungefär dubbelt så stor. En större skala borgar tack vare stor-driftsfördelar inom tillverkningsindustrin oftast för lägre åtgångstal per enhet. Ett överslagsmått på detta som ofta brukas är för kraftindustrin kW/m³ byggnadsvolym.

a) Hela byggvolymen

$$\text{O I} \quad \frac{440 \text{ MW}}{200' \text{ m}^3} = 2,2 \text{ kW/m}^3$$

$$\text{O II} \quad \frac{580 \text{ MW}}{320' \text{ m}^3} = 1,8 \text{ kW/m}^3$$

$$\text{O III} \quad \frac{1\,060 \text{ MW}}{830' \text{ m}^3} = 1,3 \text{ kW/m}^3$$

b) Turbinbyggnaden

$$\text{○ I} \quad \frac{440 \text{ MW}}{71' \text{ m}^3} = 6,1 \text{ kW/m}^3$$

$$\text{○ II} \quad \frac{580 \text{ MW}}{150' \text{ m}^3} = 3,9 \text{ kW/m}^3$$

$$\text{○ III} \quad \frac{1\,060 \text{ MW}}{270' \text{ m}^3} = 3,9 \text{ kW/m}^3$$

c) Reaktorbyggnaden

$$\text{○ I} \quad \frac{440 \text{ MW}}{63' \text{ m}^3} = 7,0 \text{ kW/m}^3$$

$$\text{○ II} \quad \frac{580 \text{ MW}}{106' \text{ m}^3} = 5,5 \text{ kW/m}^3$$

$$\text{○ III} \quad \frac{1\,060 \text{ MW}}{147' \text{ m}^3} = 7,2 \text{ kW/m}^3$$

d) Övriga byggnader

$$\text{○ I} \quad \frac{440 \text{ MW}}{66' \text{ m}^3} = 6,7 \text{ kW/m}^3$$

$$\text{○ II} \quad \frac{580 \text{ MW}}{64' \text{ m}^3} = 9,1 \text{ kW/m}^3$$

$$\text{○ III} \quad \frac{1\,060 \text{ MW}}{413' \text{ m}^3} = 2,6 \text{ kW/m}^3$$

Som synes uppvisar dessa siffror över lag en ökning av åtgångstalen mellan O III och O II. Detta strider mot den gängse uppfattningen om effektivare produktion vid större skala och förtjänar att studeras närmare. För hela byggvolymen uppvisar kW/m³ en drastisk sänkning, medan den för turbinbyggnaden är relativt konstant mellan O II och O III och för reaktorbyggnaden stigande. Hur kan detta förklaras?

En första orsak är att det byggts betydligt fler byggnader till O III, till viss del beroende på skalan men främst på att nya normer tvingat fram ett fyrdelat säkerhetssystem och därmed fysiskt separerade byggnader. Beroende på var de "nya" byggnaderna redovisas i O III kan detta verka både positivt och negativt på genomsnittstalen. Ytterligare en orsak är att O IIIs byggnadsvolym belastas med flera åtgärder (t ex vattenverk och verkstäder) som även de tidigare reaktorerna O I och O II drar nytta av. Detta är viktigt att ta hänsyn till när man analyserar produktionskostnadernas utveckling. O I och O II synes dock vara betydligt "effektivare" jämfört med O III även efter dessa korrigeringar.

En andra orsak till de stora olikheterna i siffrorna är att flera nya krav från statsmakten och beställaren tillkommit för O III. Dessa påverkar emellertid de olika delarna i skiftande omfattning.

Sammantaget kan de viktigaste ändringarna mellan de första reaktorerna och O III hänföras till fem kategorier.¹ (Kostnaderna anges genomgående i 1981-01-01 penningvärde om ej annat anges.)

a) Skalan. O III är ca dubbelt så stor som O II. Detta kan verka förbilligande genom rationellare byggvolym, eller fördyran- de genom svårare organisation, större transportproblem, skiftgång

¹ Det har i analysen inte varit möjligt att ta hänsyn till eventuella effekter av ändringar i de allmänna omvärldsfaktorerna, t ex ändringar av gällande sociala förmåner.

osv. Finns det eventuellt någon tröskel över vilken åtgången av produktionsfaktorer måste öka kraftigt? Två exempel som tyder på att en sådan tröskel finns är dels den kraftiga tjänstemannaökningen vid byggarbetsplatsen, dels VBBs insats - 40 man för O II, 130 man för O III. Internationellt sett verkar dock de svenska företagen ligga bra till fortfarande.

Även Byggförbundets mätningar pekar mot att större skala bara till en viss nivå innebär högre produktivitet i anläggningsproduktion. Sammantaget för alla olika typer av byggande uppnås enligt denna undersökning den högsta produktiviteten vid 60-70' m³ för att sedan vara konstant eller långsamt avta. O IIIs byggvolym på 800' m³ kan således vara för stor för att arbetena skall kunna organiseras på effektivast möjliga sätt.

b) Säkerhet och miljö. Hit kan räknas åtgärder som vidtagits dels för att förbättra säkerhet och miljö med tanke på de radioaktiva riskerna, dels åtgärder som huvudsakligen förbättrar miljön för dem som arbetar på bygget eller senare i kraftverket. (I figur 9 syns skillnaden i personalens stråldoser vid amerikanska kokvattenreaktorer och vid Oskarshamnsverket. De åtgärder som främst märks är

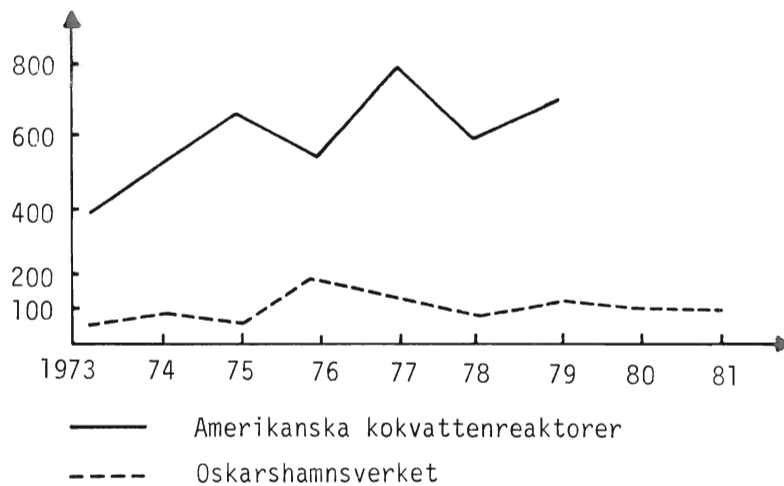
- Fyrdelade säkerhetssystem (ställverk, dieselmotorer, rör, kabeldragning m m) som ökar både byggvolymerna och kostnaderna. Även brandsystemen har separerats. Totala extra byggkostnaderna för dessa säkerhetssystem kan uppskattas till ca 155 Mkr.¹
- Jordbävningssäkerheten. Denna har huvudsakligen betytt att de mest känsliga byggnaderna fått förstärkas betydligt med mer armeringsjärn samt fått tjockare väggar och bjälklag; i reaktordelen ca 3 000 ton armering extra (25-30 milj kr) samt ca

¹ Baseras på uppskattningar från ASEA-Atom av extra byggvolym och materialmängder som kommit till genom att de nya kraven krävt en annan layout.

5 000 extra svetsplattor (15-20 milj kr). Dessutom tillkommer vissa extrakostnader i kontrollrum och skyddsrum som fått mer utrymmeskrävande utrustning. Totalkostnaderna på byggsidan kan uppskattas till max 150 Mkr, därav faller ca 80 Mkr på de materialkostnader som tillkommit.¹

TMI-åtgärder (åtgärder tillkomna efter olyckan vid Three Mile Island vid Harrisburg) som lades till efter 1979. Ungefär hälften är orsakade av erfarenheter från haveriet i Harrisburg. Totalt kan ändringarna uppskattas kosta 50-60 Mkr.² Hur mycket av detta som faller på bygg- respektive processidan är osäkert, merparten troligen på processidan.

Figur 9 Personalens stråldoser vid Oskarshamnsverket och amerikanska kärnkraftverk av kokvattenreakortyp



Källa: OKG.

¹ Baseras på uppskattningar från ASEA-Atom av extra byggvolymer och materialmängder som kommit till genom att de nya kraven krävt en annan layout.

² Uppskattning från OKG.

De sammanlagda kostnaderna för de nya kraven vad gäller säkerhet och miljö kan (försiktigt räknat) sammanlagt på byggsidan, förutom extra materiel, uppskattas till ca 235 Mkr.

c) Yttre anläggningar och övriga åtgärder. Ett flertal nya yttre anläggningar har byggts, t ex skyddsrum, kulvertar, vattenverk, ställverk, central drivdonsverkstad m m. Dessa betjänar både O I-O II, O III och CLAB. Totalkostnaden för dessa anläggningar är ca 210 Mkr (som i budgeten helt faller på O III). I verkligheten kan de fördelas enligt följande: 20 Mkr på CLAB, 45 Mkr på O I-O II och 145 Mkr på O III.¹ Till de övriga åtgärderna för vi faktorer som ej går att hänföra direkt till någon av de andra punkterna utan som t ex beror på ny design. Dessa åtgärder kan kostnadsberäknas till ca 80 Mkr.

d) Billigare servicekostnader. Jämfört med O II har man på O III avsevärt förbättrat serviceutrymmena. Detta innebär högre utgifter under byggperioden men i gengäld billigare underhåll i framtiden. Kostnaderna för dessa åtgärder, som främst avser en volymmässig ökning av serviceutrymmen, personalutrymmen m m, kan grovt beräknas till ca 90 Mkr. Förändringar i rutinerna vid avstängning, service o dyl har dessutom skett mellan de två reaktorerna. Detta har i sin tur påverkat bl a antalet kontor, övervakningsutrymmena och verkstädernas utformning. Dessa åtgärder kan kostnadsberäknas till ca 35 Mkr. Sammantaget blir således extrakostnaderna ca 125 Mkr.²

Flertalet av dessa kostnader är direkt avhängiga av nya myndighetskrav vad gäller arbetsmiljö medan andra härstammar från ASEA-Atoms eller Vattenfalls/OKGs erfarenheter från tidigare drifttagna reaktorer.

Högre byggkostnader kan således ses som en kapitalisering av framtida servicekostnader. I teorin är det lönsamt att förbilliga

¹ Uppskattning från OKG.

² Uppskattning från ASEA-Atom.

underhållet genom högre byggkostnader ända tills marginalkostnaden blir lika med den marginella besparingen på underhållssidan (i samma penningvärde). Flertalet förändringar härrör från krav som säger att varje anställd inte bör utsättas för mer än en viss stråldos per år. De höga personalkostnaderna gör det därför lönsamt att öka serviceutrymmena och därigenom minska stråldoserna och förbilliga servicen. Vi har i detta avseende kunnat jämföra service- och driftskostnaderna mellan F III och O III samt mellan O II och O III. Ingenting tyder på att några större skillnader föreligger.

e) Tidigare färdigställande. Räntekostnaderna gör det lönsamt att använda dyrare men snabbare metoder att bygga. Ett exempel som redan nämnts är reaktorinneslutningen. En noggrannare beskrivning av räntekostnaderna kommer nedan i avsnitt 3.4.

3.3 Beräkningar på totalnivån¹

O IIIs bygg- och markkostnader är prognosticerade till 2 000 Mkr i löpande penningvärde. Dessa kostnader är endast byggkostnader, liksom för O II nedan. OKGs räntekostnader för lånat kapital är inte medräknade. I kostnaderna ingår både projekterings- och konstruktionskostnader, som ligger hos OKG, VBB och andra konsulter. Dessutom ingår diverse kostnader för byggobjekt som antingen utnyttjas gemensamt av de tre reaktorerna, som endast indirekt har betydelse för reaktorerna, eller som ej har någon motsvarighet för O II. Till den förra kategorin hör yttre ställverk och central drivdonsverkstad (där drivdonen för styrstavarna underhålls), till de senare bl a skyddsrum, hamn och centralrestaurang.

Räknas dessa kostnader bort får vi fram de direkta kostnaderna för kärnkraftverket som byggkonsortiet (BOA) kan påverka. Dessa, omräknade till 1981-01-01 penningvärde uppgår till ca 1 382 Mkr.

¹ Detta ger en bild av läget när studien gjordes. En efterkalkyl kan givetvis förändra detaljsiffrorna något.

I avsnitt 3.2 ovan presenterades de viktigaste förändringarna mellan reaktorerna och kostnadsuppskattningarna för dessa. Kostnadsberäkningarna har framtagits på följande sätt. Den extra byggvolymen på grund av ändrade krav mellan O II och O III kan uppskattas till ca 285 000 m³ (se bilaga 1 där också fördelningen mellan olika byggnader syns). Kostnaden för de extra 285 000 m³ kan för de byggnader där volymerna specificerats räknas fram som den extra volymen x genomsnittskostnaden per m³ för byggnaden. För de extravolymer som ligger utspridda i hela kraftverket (brandseparering, jordbävning, serviceytor och större gångar) använder vi i stället en genomsnittlig byggkostnad för hela kraftverket. Separeringen slutligen vet vi huvudsakligen består i att fler diesel- och hjälpsystembyggnader uppförts. För att kostnadsberäkna dessa volymer använder vi genomsnittskostnaden per m³ i dieselbyggnaderna. (För totalkostnaderna för de olika byggnaderna se bilaga 2). Sammantaget kan på detta sätt byggkostnaderna för de extra kraven uppskattas till ca 450 Mkr. Dessutom tillkommer de direkta materialkostnaderna på drygt 80 Mkr. Totalt sett har således de nya kraven kostat ca 530 Mkr. Samhällets värdering av en ökad säkerhet bör således, i en tänkbar cost-benefitanalys, överstiga denna summa för att de nya lagarna skall vara samhälls-ekonomiskt effektiva.

Kostnaderna för markarbetena, som för O II sköttes av en fristående entreprenör, kan uppskattas till ca 52 Mkr. Av detta beror ca 20 Mkr på den extra bergsprängning som blev följden av övergången till F III-ritningar. Totalt sprängdes ca 300 000 m³ extra berg bort. Totala byggnadskostnaden för en O III med O II standard kan således uppskattas till ca 1 382 - 530 - 52 = 800 Mkr. Omräknat till en enhetskostnad per MW innebär detta 800/1 060 = 0,75 Mkr/MW i penningvärde av 1981-01-01.

O II kostade (1968-1974 löpande penningvärde) 110 Mkr. En approximation ger vid handen att detta motsvarar ungefär samma belopp i 1972 års penningvärde. Uppindexerat med faktorprisindex för stomarbeten, förvaltningsbyggnader, som är det index som branschen själv utnyttjar, motsvarar detta i 1981-01-01 penning-

värde $2,25 \cdot 110 = 250$ Mkr. Till detta belopp skall läggas de tillläggsinvesteringar som gjorts över åren (30 Mkr 1976, 7 Mkr 1978, 10 Mkr 1979, 15 Mkr 1980). Uppräknat med index för motsvarande år blir totala byggkostnaden för O II $250 + 83 = 340$ Mkr (i 1981-01-01 penningvärde).

Per MW blir kostnaden hos O II = $340/580 = 0,59$ Mkr/MW.

• Skillnaden mellan O II och O III kan således beräknas till

$$\frac{0,59 - 0,75}{0,59} = -27 \%$$

Trots att denna siffra är avsevärt lägre än vad som skulle blivit fallet om vi inte korrigerat för nya krav, representerar den dock en betydande fördyring mellan O II och O III. Vi kommer nedan samt i avsnitt 3.4 och 3.5, närmare att diskutera möjliga förklaringsfaktorer.

På totalnivån kan redan nu några viktiga delförklaringar ges. En mer noggrann genomgång görs i avsnitt 3.5.

1) O IIIs storlek gör att kostnaderna för vägar och andra "inter-na" anläggningar ökat. Dessutom gör byggets storlek att det rent praktiskt blir svårare att leda och kontrollera arbetet. Detta leder till sänkt effektivitet och större tjänstemannainsatser. Fler byggnadsarbetare leder dessutom till en lägre genomsnittseffektivitet per arbetare då man hela tiden måste minska kraven alltefter-som man anställer fler. En stor skala kan alltså leda till skaldis-ekonomier på främst lednings- och styrområdet. Viktigt att obser-vera är att detta gäller endast för byggdelen. För projektet som helhet innebär den större skalan en högre total lönsamhet.

Projektstorlekens betydelse kan visas genom att jämföra den di-rekta arbetsproduktiviteten vid CLAB och O III. Justerat för de mest uppenbara byggnadsmässiga olikheterna (främst underjords-arbeten och reaktorinneslutningen) har CLAB en direkt arbetspro-duktivitet på ca $0,30 \text{ m}^3/\text{h}$ och O III ca $0,25 \text{ m}^3/\text{h}$. O IIIs och

CLABs byggt teknik är snarlika och borde således uppvisa snarlika produktivitetvärden. Den observerade produktivitetsskillnaden på drygt 15 % kan således till stor del hänföras till O IIIs ca tre gånger större byggvolym. Vi kan därför på analoga grunder anta att en del av den observerade skillnaden gentemot O II beror på O IIIs större byggvolym. Skillnaden i byggvolym mellan de två reaktorerna är, som nämnts, betydande; 835' m³ för O III och 351' m³ för O II.

Anledningen till att man inte kan göra byggarbetsplatsen mer utspridd och därmed mer optimal är att detta skulle ge upphov till stora nackdelar för elkraftsproduktionen. Det skulle dels ge större effektförluster, dels avsevärt större kostnader för maskiner och montage.

2) Kraven på extra armering, svetsplattor och andra nya krav har inneburit att byggandet försvårats rent tekniskt. Kostnaderna per producerad enhet stiger därför och produktiviteten sjunker. Lika så har kraven på QA - quality assurance - inneburit ökade kostnader främst på tjänstemannansidan, bl a genom ökad pappersexercis. (Se även avsnitt 3.5.)

Tjänstemannainsatsen har således ökat i betydande grad. Vid en jämförelse mellan budget och utfall, justerad för ändrad omfattning, visar det sig också att det främst är overheadkostnaderna som ökat. Detta gäller dels blockens allmänna kostnader, dels centralkontorets allmänna kostnader. De direkta arbetskostnaderna har i genomsnitt ökat med ca 5 %, overheadkostnaderna med ca 14 %. Speciellt kraftigt har overheadkostnaderna ökat, jämfört med budgeten, för reaktorinneslutningen, reaktorbyggnaden och vissa av dieselbyggnaderna. Dessa byggnader är i sin tur de som mest påverkats av de nya, hårdare säkerhetskraven. För reaktorinneslutningen kan en stor del av ökningen förklaras av att man använde en ny byggt teknik. Denna krävde större resurser såväl direkt som indirekt men innebar å andra sidan att tidsramen för hela projektet kunde förkortas och därmed att stora räntebesparingar gjordes.

Ökningen av overheadkostnaderna märks även i posten "blockens gemensamma kostnader", som ökat med 7 %. Hela denna ökning faller emellertid på reaktor- och turbinblocket. Deras blockoverheadkostnader ökar med ca 15 % respektive 16 % mellan prognos och budget.

En jämförelse mellan olika aggregerade kostnadsposter i rikt-kostnadsbudgeten och i prognosen över slutligt utfall visar följande siffror:

| | |
|--|-------|
| Direkta arbetskostnader | +5 % |
| Anläggningsblockens gemensamma kostnader | +7 % |
| Arbetsplatskontor, bodar, vägar och liknande | +7 % |
| Verktögsförråd, el, verktyg | -1 % |
| Bostäder, sjukvård, vakthållning m m | -10 % |
| Centralkontorsoverhead | +14 % |
| Kostnader för tjänster till sidoentreprenör | -17 % |
| Kostnader för tjänster till beställaren | -10 % |
| ----- | |
| Totalt | +4,1 |

Det är således huvudsakligen dels de "lägsta" mest direkta kostnaderna, dels de centrala tjänstemannakostnaderna som ökat, medan man lyckats spara både på mellannivån och på tjänster till utomstående grupper. Kostnaderna för flertalet lägre overheadkostnader kan delas upp i etablerings- och driftskostnader. Den genomgående tendensen synes vara att etableringskostnaderna blivit högre än prognosticerat medan driftskostnaderna å andra sidan blivit lägre. Ett bra exempel är de provisoriska vägarna som bl a som en följd av byggets komplexitet ökade med 31 % på etablerings-

sidan jämfört med budgeten fram till och med sommaren 1982, medan driftkostnaderna varit ca 35 % lägre än budgeten föranat.

Vi kan också dela upp de direkta arbetskostnaderna på arbetslön och övrigt, dvs huvudsakligen insatsvaror av olika slag. Av de till mitten av sommaren 1982 nedlagda kostnaderna, då ca 45 % av byggnadsarbetena var klara, svarade arbetslöner för ca 30 % och övrigt för resterande 70 %. Generellt för de olika anläggningsdelarna och blocken gäller att arbetslönerna ökat kraftigare än övrigposten, 8 % jämfört med 4 %. För de olika delarna är emellertid skillnaderna stora. Det är främst reaktorblocket och även i viss mån turbinblocket vars arbetslöner stigit jämfört med budgeten. Detta kan till stor del förklaras med att man i stor utsträckning utnyttjat tvåskift vid byggandet av dessa delar samt att komplexiteten i byggnadsarbetenas organisation ökat. Då dessa byggnader ligger på den kritiska linjen (se ovan) lönar det sig att ta forceringskostnaderna för att i stället spara räntekostnader. (Till viss del beror ökningarna på ändrade specificeringar i kontraktbudgeten som BOA äskat men inte OKG hunnit godkänna ännu.)¹

3.4 Byggekostnader kontra byggtid

Som visades i avsnitt 3.3 beror merparten av kostnadsökningen på nya regler och krav från främst statsmakternas sida. Även korriberat för detta uppvisar byggekostnaden per megawatt en ökning. En del av denna kvarstående ökning har sannolikt berott på att man i O III konsekvent forcerat byggandet och därmed dragit på sig ökade kostnader, t ex i form av lägre produktivitet vid skiftgång.

Valet mellan kortare byggnadstid med högre kostnader och längre tid med lägre kostnader är således en trade-off där de ökade

¹ Se avsnitt 2.4 för en mer noggrann beskrivning.

byggnadskostnaderna vid en forcering av tidsplanen måste vägas mot de räntebesparingar som ett tidigare färdigställande innebär.

Som nämnts tidigare uppgår räntebetalningarna för de sista åren i projektet till över en miljard kr per år (1984-85). Nuvärdet av denna kostnad uppskattades 1980 till ca 500 Mkr per år (ca 15 % kalkylränta). Nuvärdet av ett års extra kraftproduktion (1986) kan skattas till drygt 500 Mkr. Detta innebär att det är lönsamt att forcera bygget för att få ett års tidigare start, om de extra kostnaderna är lägre än den resultatförbättring på 500 Mkr som tidigare produktion ger.

I tabell 3 nedan syns tidsprofilen för projektets investeringar i både löpande penningvärde och i fasta priser (1981-01-01). I tabellen framgår också de antaganden om prisutvecklingen som gjorts. I figur 10 är de ackumulerade investeringarna framtagna i löpande priser.

Vi har på basis av dessa siffror räknat på två teoretiska "alternativa" strategier vad gäller byggandets tidplan. Vi söker därigenom belysa under vilka förhållanden projektets forceringssträvanden är lönsamma. Vi jämför därvidlag nuvärdet av projektets totalkostnader under dels den faktiska kostnadsprofilen, dels de två "alternativa" profilerna.

1) I det första fallet antar vi att tidplanen (utan BOAs forcering) inneburit ca 1 år längre byggtid (halva skillnaden jämfört med amerikanska verk) men 30 % billigare byggande i fasta priser (skillnaden gentemot O II). Vi antar dessutom att ingen forcering sker på montagesidan samt att OKG kan låna upp pengar i en takt som motsvarar det långsammare finansieringsbehovet.¹ I tabell 4 ses tidsprofilen i löpande priser för denna, alternativa, strategi.

¹ Vi har på grund av bristande tillgång på data inte kunnat belysa betydelsen av en forcering på montagesidan.

Det visar sig att relativt detta fall är O IIIs strategi och faktiska forcering lönsam endast om den interna kalkylräntan är högst 12 %. Vid räntor överstigande 12 % blir nuvärdet av kostnaderna i fall 1 lägre än OKGs faktiska kostnader. Räntan skulle med andra ord behöva vara lägre än den låneränta som framgår av tabell 3. Det är således vid gällande räntestruktur olönsamt att forcera relativt de alternativa antaganden vi gjort i fall 1.

2) I det andra fallet har vi antagit att tidplanen (utan forceringarna) givit ca 15 % kostnadsminskning under i övrigt samma förhållanden som i fall 1. Denna siffra baseras på våra beräkningar av de extrakostnader forceringen faktiskt medfört för BOA. Detta innebär att vi antar att även de andra faktorer som diskuterades ovan, spelar in för att förklara den totala kostnadsökningen relativt O II. Investeringsprofilen i löpande priser för detta alternativa fall med 15 % billigare byggande och 1 år längre byggtid framgår av tabell 6.

Jämfört med dessa rimligare antaganden visar sig O IIIs valda strategi vara lönsam för kalkylräntor på högst 17 %, dvs också för de kalkylräntor som faktiskt används inom projektet. Sammantaget kan vi därför dra slutsatsen att den beslutade forceringen vid nuvarande kostnads-, ränte- och inflationsstruktur är en lönsam strategi vid upp till ca 20 % högre byggkostnader under våra övriga antaganden.

Det kan också visas att forcering blir mer lönsam ju högre låneräntorna är. Skulle således vårt antagande om 14-15 % låneränta vara för lågt, blir forceringen lönsam även vid större byggkostnadsökningar.

Tabell 3 Investeringarnas tidsprofil
(Mkr, löpande priser)

| | 1980 | 1981 | 1982 | 1983 | 1984 | 1985 | 1986 |
|--|-----------|------------|------------|------------|--------------|--------------|-------------------------|
| Byggnads- investeringar i O III à la O II ^a | 200 | 425 | 455 | 350 | 125 | | |
| Övriga byggnader | 50 | 100 | 135 | 100 | 40 | | |
| Maskiner, bränsle, m m | 200 | 700 | 480 | 1 370 | 1 400 | 500 | 420 |
| Räntor - produk- tionsintäkter | <u>80</u> | <u>235</u> | <u>450</u> | <u>730</u> | <u>1 100</u> | <u>1 200</u> | <u>-20</u> |
| | 530 | 1 450 | 1 520 | 2 550 | 2 665 | 1 750 | 400 10 865 ^b |

(Mkr, 1981-01-01 priser)

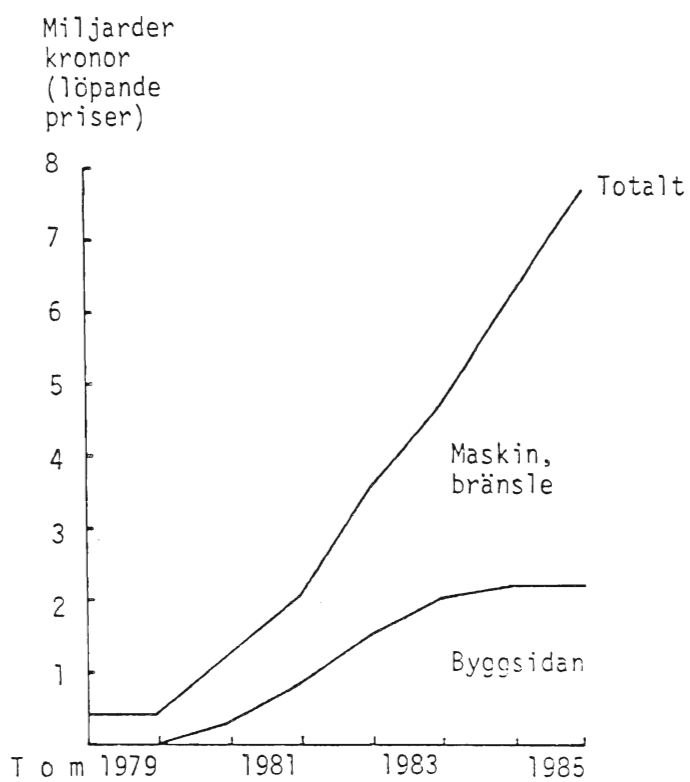
| | 1980 | 1981 | 1982 | 1983 | 1984 | 1985 | 1986 |
|--|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Byggnads- investeringar i O III à la O II ^a | 215 | 390 | 360 | 260 | 80 | | |
| Övriga byggnader | 40 | 95 | 110 | 75 | 25 | | |
| Maskiner, bränsle, m m | 220 | 685 | 440 | 1 090 | 1 020 | 360 | 250 |
| Räntor - produk- tionsintäkter | <u>80</u> | <u>220</u> | <u>365</u> | <u>515</u> | <u>675</u> | <u>640</u> | <u>-10</u> |
| | 555 | 1 390 | 1 275 | 1 940 | 1 800 | 1 000 | 240 8 200 |

Antaganden: byggkostnader +12 % per år
maskiner +10 % per år
räntor 1980 14 % per år
fr o m 1981 15 % per år

^a Med detta avses de byggnader vid O III som har motsvarigheter vid O II.

^b Skillnaden gentemot tabell 1 beror på att vi ej har kunnat ta hänsyn till vissa investeringar gjorda före 1980.

Figur 10 O III-projektets ackumulerade investeringsprofil
(exklusive räntebetalningar)



Källa: OKG.

Tabell 4 Fall 1. Investeringsprofil vid ett år längre men 30 % billigare byggande
(Löpande priser)

| | 1980 | 1981 | 1982 | 1983 | 1984 | 1985 | 1986 | 1987 | |
|---|-----------|------------|------------|------------|--------------|--------------|--------------|------------|--------|
| Investeringar i O III à la O II ^a | 120 | 220 | 280 | 265 | 190 | 90 | | | |
| Övriga byggnader | 30 | 55 | 70 | 75 | 60 | 25 | | | |
| Maskiner, bränsle, m m | 165 | 500 | 500 | 725 | 1 245 | 1 290 | 610 | 465 | |
| Räntor - produ- tionsintäkter | <u>75</u> | <u>190</u> | <u>400</u> | <u>650</u> | <u>1 000</u> | <u>1 200</u> | <u>1 350</u> | <u>-25</u> | |
| | 390 | 965 | 1 250 | 1 715 | 2 495 | 2 605 | 1 960 | 440 | 11 820 |
| Nuvärde (jan 81) under gällande ränteantaganden | | | | | | | | | 8 100 |

Tabell 5 Fall 2. Investeringsprofil vid ett år längre med 15 % billigare byggande
(Löpande priser)

| | 1980 | 1981 | 1982 | 1983 | 1984 | 1985 | 1986 | 1987 | |
|---|-----------|------------|------------|------------|--------------|--------------|--------------|------------|--------|
| Investeringar i O III à la O II ^a | 135 | 260 | 310 | 290 | 240 | 100 | | | |
| Övriga byggnader | 35 | 60 | 85 | 90 | 65 | 25 | | | |
| Maskiner, bränsle, m m | 165 | 500 | 500 | 725 | 1 245 | 1 290 | 610 | 465 | |
| Räntor - produ- tionsintäkter | <u>75</u> | <u>200</u> | <u>400</u> | <u>650</u> | <u>1 000</u> | <u>1 200</u> | <u>1 350</u> | <u>-25</u> | |
| | 410 | 1 020 | 1 295 | 1 755 | 2 550 | 2 615 | 1 960 | 440 | 12 045 |
| Nuvärde (jan 81) under gällande ränteantaganden | | | | | | | | | 8 400 |

^a Med detta avses de byggnader vid O III som har motsvarigheter vid O II.

3.5 Jämförelser på delnivå¹

Vid valet av studieobjekt är det viktigt att välja delar som dels är jämförbara, dels möjliggör att skillnadernas orsaker kan särskiljas. Således skall helst inte såväl skala och teknik som organisation ha förändrats samtidigt mellan de två tidpunkterna. Detta är på grund av kontoplanernas och reaktorernas olikheter självklart ej möjligt. Vi tvingas i första hand utgå från de delar som över huvud taget går att jämföra med hjälp av kontoplanernas nomenklatur.

Ett första exempel är turbinbyggnaden.² För att få jämförbarhet måste emellertid även avgas- och kondensatreningsbyggnaden ingå för O III. Mängden byggvolym per arbetad timme var för O II ca 0,58 m³, för O III ca 0,47 m³. Även om funktionen är någorlunda jämförbar så har storlek, teknik och arbetsorganisationen förändrats. Vi ser att den nyare tekniken inte förmått uppväga de negativt verkande faktorerna av typen trängre och svårare byggande, minskad effektivitet på grund av skiftgång m m. Det "svårare" byggandet beror till stor del på den ökade mängden armering. Detta avspeglas i att ton armering per arbetad timme sjunkit från ca 0,053 t till 0,033 t. Samtidigt har emellertid produktionstekniken förbättrats. Således har kubikmeter betong per arbetstimme ökat från 0,60 m³ till 0,86 m³, och kvadratmeter form per arbetstimme från 0,47 m² till 0,59 m².

Siffror för samtliga byggnadsdelar redovisas i tabell 6 nedan. Som framgår där har arbetsproduktiviteten generellt sett blivit lägre mellan de två reaktorerna. Skillnaderna mellan olika byggnader är emellertid betydande. För såväl elbyggnaden som reaktorinneslutningen har den ökat. Även "armeringsproduktiviteten" per timme

¹ Även dessa beräkningar grundar sig på prognoser baserade på kostnadsbilden när knappt 70 % av byggnadsarbetena slutförts.

² Viktigt att notera är att O IIIs turbin har ett varvtal på 1 500 varv per minut, medan O IIs hade 3 000. Detta innebär att storleken ökar, vilket leder till att byggnaden blir större.

har minskat, medan såväl kubikmeter betong och kvadratmeter form per arbetstimme ökat för så gott som samtliga byggnader.

Anledningen till att "armeringsproduktiviteten" sjunkit förklaras dels av att mängden armering ökat kraftigt (50 % per kubikmeter volym), dels av att komplexitetsgraden ökat i betydande utsträckning. Båda dessa faktorer gör att enhetstiderna blir längre på grund av "trängsel" och strängare normer.

"Betong"produktivitets förbättring synes i hög grad bero på bättre teknik, främst de nya betongpumparna.

Förklaringen bakom den förbättrade "formsättningsproduktiviteten" hänger nära samman med det ökade användandet av glidformar som är tidsbesparande. I O II utnyttjades glidformsgjutning till

Tabell 6 Jämförelse av direkt arbetsproduktivitet vid O II och O III

| Byggnadsdel | Totalt m^3/timme | | Armering ton/timme | | Betong m^3/timme | | Formsättning m^2/timme | |
|--|-------------------------------------|-------|---------------------------------------|---------|-------------------------------------|-------|---|-------|
| | O II | O III | O II | O III | O II | O III | O II | O III |
| <u>Reaktorinneslutning</u> | 0,17 | 0,18 | 0,055 | 0,045 | 0,48 | 0,66 | 0,35 | 0,29 |
| <u>Rensverk + reservkraft</u> (kylvatten, hjälpsystem, dieselbyggnad, gasförråd) | 0,50 | 0,33 | 0,043 | 0,038 | 0,86 | 0,87 | 0,54 | 0,71 |
| <u>Elbyggnad</u> (kontroll- byggnad, högspännings- byggnad) | 0,33 | 0,49 | 0,049 | 0,038 | 0,63 | 1,27 | 0,59 | 0,90 |
| <u>Turbinbyggnad + avgas- och kondensatrening</u> | 0,58 | 0,47 | 0,053 | 0,033 | 0,60 | 0,86 | 0,47 | 0,59 |
| <u>Reaktorbyggnaden</u> | 0,40 | 0,26 | 0,045 | 0,035 | 0,65 | 0,80 | 0,54 | 0,54 |
| Totalt: | 0,31 | 0,24 | | | | | | |
| Efter korrigering för olikheter i omfattning: | | 0,26 | | (-17 %) | | | | |

24 % av den totala mängden formsättning. I O III steg andelen till drygt 50 %. För de två fall där formsättningsproduktiviteten sjunkit eller varit oförändrad, reaktorbyggnaden och reaktorinneslutningen, har procentandelen ökat från 30 % till 72 %, respektive minskat från 64 % till 40 %. Reaktordelarna är den byggnadsenhet där de nya kraven slagit hårdast, och reaktorinneslutningen skiljer sig avsevärt även byggteknikmässigt gentemot O II. Den slutsats som kan dras av detta är att den ökade användningen av glidformsgjutning till största delen kunnat uppväga den lägre direkta arbetsproduktiviteten inom formsättningsområdet. Det är således bytet av teknik som skapat förbättringen. Inom de respektive teknikområdena har emellertid den direkta arbetsproduktiviteten sjunkit, främst på grund av den ökade svårighetsgraden.

Att studera kostnadernas utveckling per anläggningsdel är mycket vanskligt då det är svårt att på den lägre nivån fördela effekterna av de nya kraven. I tabell 7 visas de direkta byggnadsarbets-

Tabell 7 Jämförelse av direkta byggnadskostnader vid O II och O III per m³ och MW

| 1981-01-01 penningvärde | O II kr/m ³ | O III kr/m ³ | % ökning | O II kr/MW | O III kr/MW | % ökning | Volym- ökning (m ³) |
|---|---------------------------|----------------------------|-------------|---------------|----------------|-------------|---------------------------------------|
| <u>Reaktorinneslutning</u> | 1 434 | 3 600 | 151 | 39 550 | 106 670 | 170 | 100 % |
| <u>Rensverk + reservkraft = kylvatten + hjälpsystem + dieselbyggnad + gasförråd</u> | 348 | 897 | 158 | 17 000 | 45 700 | 151 | 450 % |
| <u>Elbyggnad = kontroll + högspänningsbyggnad</u> | 620 | 750 | 21 | 26 750 | 19 458 | -28 | 132 % |
| <u>Turbinbyggnad + avgas- och kondensatrenings- byggnad</u> | 340 | 680 | 100 | 92 000 | 180 000 | 96 | 83 % |
| <u>Reaktorbyggnad</u> | 552 | 1 130 | 105 | 89 500 | 120 740 | 35 | 17 % |

kostnadernas utveckling mellan O II och O III. Inga centrala, allmänna kostnader har tagits med, utan tabellen omfattar endast direkt arbete och material. Beroende på olikheter i kontoplanerna kan detta ge viss skevhet i resultaten, men en jämförelse mellan kostnads- och produktivitetsförändringen mellan olika delar är ändå intressant. För t ex turbinbyggnaden har kostnaden per m^3 i fast penningvärde ökat från 340 kr till 680 kr, dvs en fördubbling. Räknar vi i stället per megawatt och exkluderar de volymökningar som direkt kan hänföras till de nya kraven får vi en ökning från 92 000 kr/MW till 180 000 kr/MW. Kostnadsutvecklingen blir således likartad i de bägge fallen.

Motsvarande siffror för samtliga urskiljbara anläggningsdelar syns i tabellen. De kostnadsökningar som är direkt hänförliga till nya krav är borträknade.¹ (Detta gäller bara för MW-prisjämförelsen. Eftersom det implicit i kr/m^3 ligger att varje m^3 kostar lika mycket per anläggningsdel går det ej att räkna fram andra mått.)

Det är svårt att dra några säkra slutsatser av dessa siffror. Därtill är beräkningsgrunderna alltför grova. Särskilt gäller att svagheterna vid elimineringen av kostnader på grund av krav- och standardökning är stora. Detta medför att det inte är två likadana reaktorer som jämförs, utan kostnaderna för O III blir alltför höga. Dessutom har det i siffrorna för O II inte varit möjligt att ta hänsyn till de tilläggsinvesteringar som gjorts över åren (de går ej att fördela på de olika byggnadsdelarna). Felkällorna kan vara av fem slag:

- 1) Det går ej att rensa för svårare byggande på grund av nya krav.
- 2) Anläggningsdelarna på O II och O III är olika. Som framgår av tabell 6 och 7 motsvaras en "del" vid O II av flera "delar" vid O III. Detta skapar problem vid klassificeringen av de olika

¹ För krav som "ligger spridda" över hela verket har dock detta inte varit möjligt att göra. Detta är ytterligare en felkälla.

byggnaderna vid O III.

3) Uppgifter om tilläggsinvesteringarna till O II 1974-80, fördelat på delnivå, saknas.

4) Ökade kostnader för en enskild byggnad kan ha lett till en totalt sett lägre kostnadsnivå för hela projektet, om man genom att ta på sig extra byggnadskostnader för att förkorta byggtiden sparar in större räntebelopp. Hänsyn har emellertid inte kunnat tas till detta i den ovanstående tabellen. (Se diskussionen ovan om nuvärdesberäkningar.)

5) Högre investeringskostnader kan ha valts för att få lägre underhållskostnader i framtiden.

Med dessa inskränkningar i minnet kan vi emellertid våga oss på vissa slutsatser. För det första observerar vi betydligt större skillnader på delnivån än vi kunde på totalnivån. Analysen visar att det är svårt att dra säkra slutsatser om hur mycket byggnadskostnaderna höjts. Däremot kan vi med större säkerhet uttala oss om orsakerna, och då främst peka på att:

1) Arbetsproduktiviteten har sänkts på grund av svårare produktionsteknik, framtvungad av de nya hårdare kraven. Det gäller speciellt på armeringssidan.

2) Stora kostnadsökningar kan påvisas vad gäller de byggnader som befunnit sig på den "kritiska linjen", dvs i första hand reaktorinneslutningen. I dessa fall är emellertid de högre byggnadskostnaderna en följd av en prioritering av tidplanen.

3) Hypotesen att de högre kostnaderna främst orsakats av det svårare byggandet stöds av det faktum att den byggnad som minst påverkats av de nya säkerhetskraven - elbyggnaden - också är den som haft den lägsta kostnadsökningen.¹

¹ Elbyggnaden har dock förändrats ganska kraftigt mellan O II och O III; bl a har en del system flyttats till andra byggnader.

4) Som framgått av tabellerna har O III uppdelats i fler huskroppar än O II. Detta verkar fördyrande. bl a därför att fler hörn, väggar, golv, tak m m måste byggas, fler ledningar och andra anslutningar måste dras, vilket tenderar att öka enhetskostnaderna. Detta har speciellt varit fallet i jämförelsen med "rensverk och reservkraftsbyggnaderna" vid O II. Även detta är en effekt av de nya kraven.

5) Ytterligare en förklaring till att produktivets- och kostnadsutvecklingen skiljer sig så väsentligt är att vissa materialgrupper avsevärt ökat i pris på grund av de strängare krav och säkerhetskontroller de nu måste uppfylla. Mängden material (t ex armeringsjärn) har dessutom ökat kraftigt, vilket också verkar fördyrande.

6) En sjätte förklaringsfaktor är att tvåskift nyttjats vid forceringen av de olika byggnaderna. Detta ger en totalt sett kortare tidplan, men innebär både sänkt produktivitet och högre kostnader. Det beror dels på "förluster" vid skiftbyten, dels på OB-tilllägg. Treskift nyttjas bl a vid glidformsgjutning och vid all forcering. Den ökade användningen av skiftgång medför därför att kostnaderna stiger. För O III synes dessa kostnadsökningar för direkt arbete ligga i storleksordningen 20-30 % per skift-timme (ej vid glidformsgjutning).

7) Bytet av teknik - främst införandet av glidformsgjutning och betongpumpning - har gett en (ceteris paribus) högre produktivitet och kortare tidplan men högre kostnader. Detta visar sig bl a i jämförelser mellan de två tabellerna. Som framgår där är således produktivetsförändringen mellan reaktorerna betydligt mindre än motsvarande kostnadsförändring.

8) Nya lättare ställningsmaterial och vissa datorinsatser har också haft en positiv produktivitetshöjande effekt på vissa arbetsområden. Dessa kan dock enligt intervjuerna, på totalnivån, skattas till mindre än 5 % relativt O II.

3.6 Byggprisutredningen

Det är intressant att jämföra vår analys av O IIIs kostnadsutveckling med de kostnadsberäkningar som den statliga byggprisutredningen gjort vad gäller utvecklingen inom bostadsområdet.¹ En genomsnittlig flerbostadshuslägenhet kostade 1974 ca 86 000 att bygga. Uppräknat med faktorprisindex för flerbostadshus till 1979 års prisnivå motsvarar detta 154 000 kronor.

1979 års lägenhet hade emellertid en byggnadskostnad av 213 500. Ökningen, som inte kan förklaras av indexuppskrivningen, är således 59 500. Utredningen försöker fördela denna skillnad med hänsyn till att en rad förhållanden förändrats mellan de två tidpunkterna. De viktigaste förändringarna anser utredningen vara

1) Projektstorleken. Den genomsnittliga storleken per projekt minskade mellan åren med knappt 50 %. Detta kan synas strida mot resultatet ovan att bygget av O III är för stort för att vara helt effektivt. Projektstorleken vid lägenhetsbyggen har dock blivit för liten, bl a med tanke på de fördelar som ligger i att bygga en rad likadana enheter, något som inte alls är tillämpligt vid O III.

2) Husens utseende har ändrats. Den långt drivna standardiseringen under miljonprogrammets dagar har ersatts av betydligt mer individuella hustyper.

3) Lägenheternas yta har ökats, de raka linjerna brutits upp och ersatts av fler "oregelbundenheter" och hörn.

4) Standarden har höjts, främst på grund av nya krav och normer.

Mellan 25 000 och 35 000 av skillnaden kan enligt utredningens kalkyler förklaras av faktorerna 2 och 3, dvs att lägenheternas

¹ Prisutvecklingen inom bostadsbyggandet och dess orsaker (SOU 1982:34).

storlek och form förändrats. Ytterligare 10 000-25 000 förklaras av de nya statliga normerna (4). Kvar såsom oförklarat finns då kostnader i storleksordningen 10 000-25 000, dvs mellan 5 % och 12 % av den totala byggnadskostnaden. Utredningen anser sig inte närmare kunna analysera denna residual men antyder att en betydande del av förklaringen sannolikt ligger i det faktum att produktförändringarna, t ex ökad variation i bebyggelsen, har medfört en sänkning av produktiviteten jämfört med vad som gällde under den högre standardiseringsgraden 1974.¹

Detta räkneexempel från byggprisutredningen uppvisar flera likheter med de beräkningar som vi utfört på O III och O II. Likaså synes de faktorer som "förklarar" residualen till stor del bero på den svårare och därmed dyrare byggnadsteknik som följt av nya krav och större variation. Även skalan synes ha verkat negativt i båda fallen. Vad gäller bostadshusen har projektstorleken minskat. Vad gäller O III blev projektet så stort att viss effektivitet försvann på grund av långa avstånd, svårigheter att ha kontroll över hela arbetsplatsen, trängsel, m m.

3.7 Sammanfattning och avslutning

I denna del av uppsatsen har produktivets- och kostnadsutvecklingen mellan byggandet av O II och O III belysts. Den helt dominerande delen av kostnadsökningen visade sig bero på nya krav och normer, främst från statsmakterna. Totalt har de nya kraven kostat ca 550 Mkr i 1981-01-01 penningvärde, eller drygt 35 % av den beräknade totala byggkostnaden. Samhällsekonomiskt är de nya kraven "effektiva" om vi värderar den ökade säkerhet de ger till ett belopp som motsvarar eller överstiger detta. Korrigerat för de nya kraven är O III per megawatt ca 30 % dyrare än O II.

¹ Viktigt att observera är att om det är fråga om ökad kvalitet som kunderna är beredda att betala för är det snarare vår värdering av produkten som är felaktig än produktiviteten som sjunkit.

Några olika, relativt O II, negativt verkande faktorer kan särskiljas, som förklarar denna skillnad:

- 1) O IIIs storlek och uppdelning i betydligt fler huskroppar än O II gör det svårare att leda och kontrollera arbetet. Detta leder dels till större tjänstemannainsatser, dels till sänkt effektivitet.
- 2) De nya kraven har rent tekniskt försvårat byggandet. Även detta gör större tjänstemannainsatser nödvändiga. Speciellt den ökade armeringen har inneburit en sänkt produktivitet och högre materialkostnader.
- 3) Strategin med forcering och därmed användandet av tvåskift och viss ny teknik, t ex betongpumpar, ökar kostnaderna och sänker produktiviteten men ger en kortare tidplan. Användandet av tvåskift visar sig således som en fördyring, när man endast tittar på byggnadskostnaderna. Speciellt för byggnadsdelar som ligger på den "kritiska linjen" blir byggnadskostnaderna lägre prioriterade än byggtiden. Det är där lönsamt att ta högre byggkostnader i utbyte mot ett tidigare färdigställande och tidigare produktionsintäkter.

Som visats ovan innebär även avsevärda fördyringar, som ger tidsvinster, stora kostnadsbesparingar totalt. Detta kan ses som ett medvetet val mellan bygg- och räntekostnader. En sänkning av totalproduktiviteten för BOA är således optimal för projektet som helhet. Det finns alltså en motsättning mellan lönsamheten för projektet totalt och produktiviteten i byggdelen.

Mot dessa kostnadshöjande faktorer står två, som verkar positivt:

- 4) Den ökade användningen av glidformsgjutning ger kortare byggtider och därmed lägre räntekostnader för verket som helhet. Glidformsgjutning är dessutom den enda skiftaktiviteten där flerskift inte leder till sänkt produktivitet.

5) Ny teknik och bättre redskap (t ex lättare ställningsmaterial) har tillsammans med bättre planering och produktionsstyrning ökat totalproduktiviteten. På grund av att de organisatoriska skillnaderna mellan O II och O III är så stora är det emellertid svårt att kvantifiera vad varje enskild åtgärd betytt. Vi får i stället behandla dessa faktorer som en enhet.

Sammantaget kan vi således finna tre kategorier av faktorer som (förutom de nya kraven) förändrats mellan reaktorerna:

a) Indirekta effekter av nya krav och andra rent kostnadshöjande faktorerer. Hit kan föras orsaker enligt punkt 1 och 2 ovan, dvs dels faktorer som orsakats direkt och indirekt av de nya kraven, dels faktorer som beror av helt fristående omständigheter, t ex kraftiga prishöjningar på material, vissa overheadkostnader m m.

b) Tidsbesparande kostnadshöjande faktorer. Hit räknar vi faktor 3 ovan, dvs kostnadshöjningar som har sin grund i en strävan att förkorta tidplanen för att därigenom i slutändan minska räntekostnaderna. Trots att det i flera fall kan röra sig om avsevärda fördyringar, upp till 20 %, lönar det sig ändå, enligt nuvärdesberäkningarna ovan, med tanke på det totala projektets räntekostnader.

c) Ny teknik och andra kostnadsänkande faktorer. Hit hör faktorerna 4 och 5 ovan. De bästa exemplen på detta är introduktionen av ny teknik, liksom utnyttjandet av datorinsatser vid planering, styrning och uppföljning.

Den totala kostnadsökningen om ca 30 % skulle således mycket grovt kunna delas upp i tre olika delar. Denna approximativa kalkyl visar att kostnaderna mellan O III och O II stigit med 15-20 % på grund av de indirekta effekterna av nya krav och andra rent kostnadshöjande faktorer, med 10-15 % på grund av de tidsbesparande kostnadshöjande faktorerna, samt sjunkit med 2-5 % tack vare ny teknik och andra kostnadsänkande faktorer.

I kapitlet redogörs även kortfattat för byggprisutredningens resultat vad gäller lägenheternas kostnadsutveckling. Vissa likheter med de resultat som framtagits här, visar sig, främst vad gäller kostnadsstegringens orsaker.

Stora svårigheter vad gäller produkternas standardisering och kanske speciellt värderingen av dessa olika egenskaper gör det besvärligt att korrekt uppskatta produktionsvolymen och därför även att jämföra kostnads- och produktivitetens utveckling. En klart synlig trend på aggregerad nivå splittras på mikronivå upp i ett flertal olika trender, som kan verka åt motsatta håll. Den mätmetod vi använt bygger på att totalproduktiviteten med fördel kan mätas utifrån företagets kontoplaner, relativt ett standardiserat outputmått. Värderingsproblemen såväl på input- som outputsidan kan därigenom reduceras avsevärt.

Ett viktigt resultat av studien är de exempel den givit på att produktivitetsskattningar i många fall kan ge upphov till skeva resultat. Ett dylikt fall är just om det föreligger ett medvetet val mellan produktions- och räntekostnader alternativt mellan produktions- och driftskostnader. Höjda kostnader (sänkt produktivitet) för byggdelen kan således vara väl förenligt med en intäktsökning (produktivitetshöjning) för projektet som helhet. Den "försämring" som verkar vara vid handen för byggdelen är alltså i högsta grad fiktiv. Dessa typer av totala lönsamhetsöverbäganden är mycket viktiga att göra vid alla typer av produktivetsmätningar för att bättre förstå vad som döljer sig bakom siffrorna. Produktivetsmåtten är till sin natur statiska och partiella, vilket i flera fall gör dem relativt ointressanta.

När detta skrives är byggnationen av de två verken (O III och F III) ännu i gång. Våra kalkyler har därför delvis måst byggas upp kring uppskattade värden. Säkrare ex post-kalkyler, genomförda efter färdigställandet, borde kunna möjliggöra en mer djuplodande jämförelse mellan O III och F III samt kanske ge mer definitiva besked om hur och varför olika tekniska, ekonomiska och organisatoriska lösningar på en arbetsplats leder till ändrad produktivitet

BILAGA 1

Jämförelse mellan O IIs och O IIIs byggnadsvolymer, tillkomna p g a större effekt och nya krav

| O II | Volym faktisk | Extra volymer 580 MW - 1 060 MW | NYA KRAV | | |
|-------------------------------|---------------------------|---------------------------------|---|------------|---|
| | | | A Fler kontor, servicepersonal-utrymmen etc, verkstäder | B Kundkrav | C Myndighetskrav |
| Reaktorbyggnad + inneslutning | 110 000 | 40 000 | | | Separering 96 000 |
| Turbinbyggnad | 160 000 | 90 000 | | 9 900 | |
| Kontrollbyggnad | 25 000 | 5 000 | 16 000 | 1 500 | Brand-separering 26 000 |
| Avfallsbyggnad | 5 000 | 20 000 | | | |
| Hjälpssystembyggnad | 7 000 | 6 000 | | | |
| Kylvattenpumpbyggnad | 21 000 | 17 000 | | 2 800 | Jordbävning 20 000 |
| Dieselbyggnad | Med i hjälp-systembyggnad | | | 500 | |
| Avgasbyggnad | Med i turbinbyggnad | | | | Service- ytor 15 000 |
| Aktiv verkstad | 9 800 | 5 200 | 14 000 | | Större gångar och korridorer totalt 27 100 |
| Entrébyggnad | 7 800 | 2 200 | 53 000 | | |
| Servicebyggnad | | | | | |
| Transformatorbyggnad | 4 000 | 8 000 | | | |

(forts)

(forts)

| O II | Volym faktisk | Extra volym 580 MW - 1 060 MW | NYA KRAV | | |
|--------------------------|---|--|---|-----------------|-----------------------|
| | | | A Fler kontor, servicepersonal- utrymmen etc, verkstäder | B Kund- krav | C Myndig- hetskrav |
| Gasförråd | 1 000 | | | | |
| Högspännings- byggnad | Med i kontroll- byggnad | | | 1 600 | |
| Kondensator- byggnad | Med i turbin- byggnad | | | 1 600 | |
| Övrigt | 4 400 | 1 600 | | | |
| Totalt | 355 000 | 195 000 | 83 000 | 45 000 | 157 000 |
| | 550 000 | | 285 000 | | |
| | 835 000 (dvs O IIIs faktiska byggnadsvolym) | | | | |

Källa: ASEA-Atom.

BILAGA 2

O IIIs byggkostnader och byggvolym

| <u>Byggnadsdel</u> (1981-01-01 penningvärde) | <u>Kostnad</u> 1 000 kr | <u>Volym</u> m ³ | <u>Kostnad/m³</u> |
|---|----------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| Kontrollbyggnad | 49 412 | 36 400 | 1 357 |
| Turbinbyggnad | 320 753 | 274 500 | 1 169 |
| Kylvattenpumpbyggnad | 23 094 | 27 400 | 843 |
| Hjälpssystem + dieselbyggnaderna | 220 587 | 136 000 | 1 622 |
| Aktiv verkstad | 35 672 | 29 500 | 1 209 |
| Entrébyggnad | 106 419 | 62 100 | 1 704 |
| Högspänningsbyggnad | 24 277 | 16 600 | 1 463 |
| Reaktorbyggnad | 217 056 | 115 000 | 1 887 |
| Reaktorinneslutning | 191 758 | 32 000 | 5 992 |
| Övriga delar | 92 452 | 79 000 | 1 170 |
| Markarbeten | 90 520 | | |
| <hr/> | | | |
| Totalt "kraftverket" | 1 382 000 | 808 500 | 1 598 |
| Totala O III-projektet | 1 603 812 | 835 000 | 1 920 |

BILAGA 3

Kostnader för O II och O III

| | <u>O II (löpande penning- värde 1968-74)</u> | <u>O III (löpande penning- värde) prognos 1983-01-01</u> |
|------------------------------|--|--|
| Gemensamt | 32 | 350 |
| Maskinutrustning | 400 | 4 100 |
| Byggnader och markarbeten | 130 | 2 000 |
| Nukleärt bränsle | 98 | 900 |
| Reservmedel | <u>-</u> | <u>300</u> |
| | 660 | 7 650 |
| Finansiella kost- nader | 65 | 3 650 |

Av totala kostnaderna för O II svarade byggnadskostnaderna för

$$130/660 = 20 \%$$

(Obs exklusive finansiella kostnader,
dvs räntor och liknande) och exklusive
tilläggsinvesteringar.

Av totalkostnaderna för O III väntas byggnadskostnaderna svara för

$$2\ 000/7\ 650 = 26 \%$$

(Exklusive finansiella kostnader)

BILAGA 4

Intervjuade personer

| | | |
|------------|--------------------|-------------------------|
| OKG | Lennart Fogelström | VD |
| | Ronald Hagberth | projektledare O III |
| | Jan Dahlberg | stf projektledare O III |
| BOA | Bengt Tenghag | projektchef |
| | Göran Owesson | platschef |
| | Robert Berggren | kameral chef |
| | Göran Roos | blockchef service |
| | Percy Ottosson | chef utsättning |
| | Jan Erik Larsson | budget |
| AASL | Sture Gavlefors | projektledare |
| | Hans Norman | stations lay-out |
| | Klas Rendel | konstruktionschef |
| VBB | Bo Hättestrand | projektledare |
| | Alf Engelbretsson | O III-projektet |
| Vattenfall | Arnold Härmark | bitr projektledare |
| | Ingvar Spanne | platschef Forsmark |

LITTERATUR

- Atomic Industrial Forum, 1983. Positive Experience in Designing and Constructing Nuclear Power Plants. AIF, Maryland.
- Burgess, R A, 1979. Management in the Construction Industry. London.
- Byggförbundet. Arbetsproduktiviteten på byggplatserna, diverse år.
- Carlsson, B, m fl, 1979. Teknik och Industristruktur - 70-talets ekonomiska kris i historisk belysning. IUI-IVA, Stockholm.
- Carlsson, B, 1983. The development and use of machine tools in historical perspective. IUI working paper 97.
- Cohen, L, och Noll, R G, 1983. Uncertainty and the cost of nuclear power: the separate effects of safety regulation, utility regulation and soft demand. Stencil.
- Eliasson, G, 1980. Elektronik, teknisk förändring och ekonomisk utveckling. IUI småtryck 110, Stockholm.
- Eliasson, G, 1983. Det moderna företaget. Stencil IUI, Stockholm.
- Gimstedt, O G, 1982. Introducing nuclear power in an electric power system - the Swedish approach. Stockholm.
- Grufman, A, 1978. Teknisk utveckling och produktivitet i energiomvandlingssektorn. IUI, Stockholm.
- Hägg, I, och Johanson, J, 1982. Företag i nätverk - ny syn på konkurrenskraft. SNS, Kristianstad.
- Kaiser Engineers, 1982. Report on management consulting services for Oskarshamnsvärdens Kraftgrupp AB.
- Keijer, V, m fl, 1982. Om datorer i arkitektarbete. KTH projekteringsmetodik. Stockholm.
- Nilsson, S, 1981. Förändrad tillverkningsorganisation och dess återverkningar på kapitalbindningen. En studie vid ASEA. IUI småtryck 115. Stockholm.
- Rasmussen, P, och Wählström, O, 1982. Datorstödd planering och projektering inom byggandet. KTH projekteringsmetodik.
- Reve, T, 1983. Interface management in Megaorganizations. IÖI Work report. Bergen.

- Segelod, E, 1982. Kostnadsuppföljning med analys för Genastorp Vattenkraftstation, Karlshamnsverkets första oljekraftverk samt för Barsebäcksverkets båda kärnkraftaggregat. FE-rapport 187. Göteborgs Universitet.
- Simon, H A, 1952-53. A comparison of organisational theories, Review of economic studies, vol 20, nr 1.
- SOU 1979:83. Om vi avvecklar kärnkraften. Stockholm.
- SOU 1982:34. Prisutvecklingen inom bostadsbyggandet och dess orsaker. Stockholm.
- Walfridsson, B, 1983. Lönsamhetskalkyler för kärnkraftverken Oskarshamn 3 och Forsmark 3. Göteborgs Universitet.
- Årsredovisningar, annan företags- och branschorganisation.
- Tidskrifter.
- Tidningar.