

III  
*Produktivitetmätningar  
i ett stort  
anläggningsprojekt*

en fallstudie  
av  
Lars Jagrén

## *Innehåll*

- 1 Syfte och bakgrund 193**
  - Inledning 193
  - Det studerade projektet 194
- 2 Projektorganisationens styrning och effektivitet — ett principresonemang 196**
- 3 Produktivitetmätningar — metod och resultat 198**
  - Metod 198
  - Resultat av kostnads- och produktivitetmätningarna 200
  - Ränta och produktivitet 204
  - Investerings- och driftkostnader 206
- 4 Sammanfattning 208**

### **Litteratur 209**

#### **Tabeller**

- 1 O III-projektet, basdata 194
- 2 Direkt arbetsproduktivitet O II—O III 202

#### **Figurer**

- 1 O III-projektet, organisation 195
- 2 Oskarshamnsverket III, tidplan 203

# *1 Syfte och bakgrund*

## *Inledning*

Ett stort anläggningsprojekt skiljer sig vid en första anblick i hög grad från de företagsorganisationer av huvudsakligen tillverkande och försäljande typ som beskrivs i Eliassons och Fries studier i denna volym. Stora skillnader kan iakttagas vad gäller både organisation och styrning. Ett anläggningsprojekt kan således ses som ett företag som verkar under en begränsad tidsrymd, bestående av tiden för planering och uppförande av själva anläggningen. Därefter upplöses projektorganisationen. Denna olikhet gentemot de långlivade företagsorganisationerna gör det möjligt att närmare studera distinktionen mellan dynamisk och statisk effektivitet, dvs skillnaden i effektiviteten att utföra en viss uppgift i en given organisation respektive att anpassa organisationen till föränderliga förutsättningar (se även Eliassons studie). Som vi kommer att visa kan en projektorganisation ses som ett sätt att maximera den statiska effektiviteten, men med minskad dynamisk effektivitet som följd.

Det viktigaste skälet till att vi i denna studie finner det intressant att närmare beskriva ett stort anläggningsprojekt är dock det faktum att vi kunnat genomföra vissa produktivetsmätningar enligt den metod som beskrivs i Eliassons studie. Vi beskriver hur metoden i praktiken kan användas samt genomför beräkningar som visar hur produktiviteten förändrats i samband med ändrad intern (t ex ändringar i organisationen) och extern (ändringar i omvärlden som påverkar organisationen) miljö. Vi belyser också räntans och kapitalkostnadernas effekter på produktiviteten i det "kapitalunga" anläggningsprojektet.

Kapitlet har därmed två separata syften. För det första analyserar vi kortfattat projektorganisationen utifrån dess speciella typ av företagsform. Tonvikten ligger här på skillnaderna i effektivitet och styrsystem gentemot "traditionellt" verkande företag. På grund av databrist har vi dock inte kunnat belysa sambandet mellan organisationsform och effektivitet. För det andra (och detta är huvudsyftet) diskuterar och exemplifierar vi möjligheterna att mäta produktivetsförändringar utifrån den mätmodell som presenteras i Eliassons studie.

Kapitlets indelning följer de två syftena. Efter en kort beskrivning av det studerade projektet i följande avsnitt analyseras i avsnitt 2 projektorganisationens styrning och effektivitet principiellt sett. Avsnitt 3

diskuterar och exemplifierar metoden att mäta produktiviteten. Studien avslutas med en kort sammanfattning.<sup>1</sup>

## *Det studerade projektet*

Det projekt vi studerat är uppförandet av Oskarshamnsverkets tredje reaktor (O III). I produktivetsmätningarna studerar vi endast själva byggdelen, medan vi i den kortfattade diskussionen nedan om likheter och olikheter mellan projektorganisationer och "traditionella" företagsorganisationer granskar hela O IIIs projektorganisation.

O III-projektet omfattar planering, uppförande och idriftsättning av det tredje kärnkraftsaggregatet vid Simpevarp, Oskarshamn. Hela projektet har, vilket visas i tabell 1, en total planerad projektkostnad på ca 11 miljarder kronor i löpande priser. Därav svarar byggdelen, som vi särskilt studerar i avsnitt 3, för ca 20 % samt räntekostnaderna för ca 30 %. Det är viktigt för den fortsatta framställningen att observera att räntekostnaderna för totalprojektet är större än de totala byggkostnaderna. Resterande kostnader utgörs av maskin-, bränsle-

**Tabell 1 O III-projektet, basdata**

|  | O III               | O II                | Ökning |
|--|---------------------|---------------------|--------|
| Volym  | 835' m <sup>3</sup> | 351' m <sup>3</sup> | 138 %  |
| Effekt   | 1 060 MW            | 580 MW              | 83 %   |
| Bygganställda                                      | 1 250               | 350                 | 257 %  |
| Betong   | 185' m <sup>3</sup> | 59' m <sup>3</sup>  | 214 %  |
| Armering   | 18,5' t             | 4,4' t              | 320 %  |
| Totala projektkostnader<br>(Löpande penningvärde)  | 11 300 Mkr          | 715 Mkr             |        |
| (1981-01-01 penningvärde)                          | 8 400 Mkr           | 1 653 Mkr           |        |
| därav  |                     |                     |        |
| — Byggkostnader<br>(Löpande penningvärde)          | 2 000 Mkr           | 130 Mkr             |        |
| (1981-01-01 penningvärde)                          | 1 600 Mkr           | 296 Mkr             |        |
| — Finansieringskostnader<br>(Löpande penningvärde) | 3 650 Mkr           | 65 Mkr              |        |
| (1981-01-01 penningvärde)                          | 2 500 Mkr           | 148 Mkr             |        |

*Anm:* Med (') avses här och i fortsättningen 1000-tal enheter.

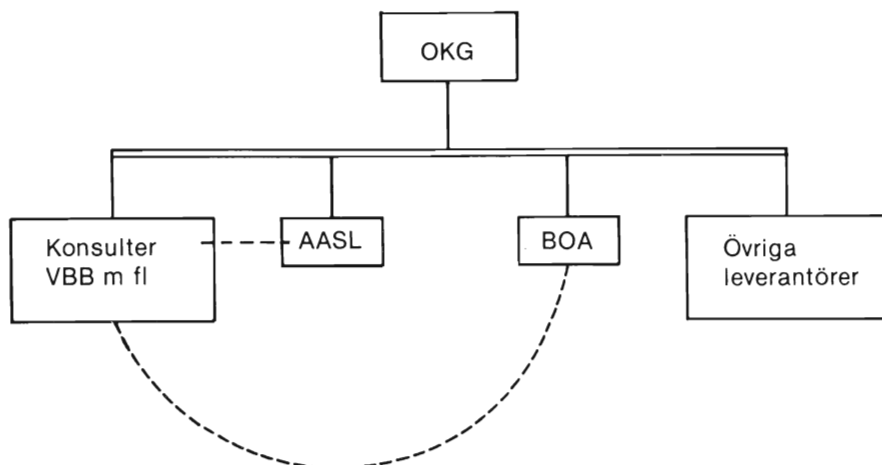
<sup>1</sup> Detta kapitel är en vidarebearbetning av boken "O III — Organisation, kostnader och säkerhet. En studie av produktivetsutvecklingen i ett stort anläggningsprojekt", IUI Forskningsrapport nr 23, Stockholm 1983, och behandlar vissa delfrågor, som där togs upp, ur en något annorlunda synvinkel.

och administrativa kostnader. I tabellen visas också motsvarande data för Oskarshamnsverkets andra reaktor (O II), som uppfördes åren 1969-74. Som framgår av tabellen är O III på alla punkter avsevärt större och dyrare än sin föregångare.

Speciellt värt att notera är byggnadskostnadernas och finansieringskostnadernas kraftiga ökning mellan de två reaktorerna.

O III-projektet är, översiktligt sett, organiserat enligt figur 1. OKG (Oskarshamnsverkets Kraftgrupp AB) står för samordning och totalkontroll, BOA (ett byggkonsortium bestående av ABV, Skånska Cementgjuteriet och WP-system) för byggnads- och markarbetena, AASL (Asea Atom och Stal Laval) för den maskinella utrustningen och monteringen samt VBB och andra konsulter för ritningar, konstruktioner och andra underlagshandlingar.

**Figur 1 O III-projektet, organisation**



De mycket höga kostnaderna för finansiering av projektet gör att ett övergripande mål för organisationen blivit att snabbt få i gång elproduktionen vid aggregatet. Genom att få i gång produktionen tidigare kan organisationen dels spara avsevärda ränteutgifter, dels tidigare få i gång en inkomstström. Vi kommer nedan (avsnitt 3) att närmare diskutera hur dessa förhållanden påverkat val av byggnadsteknik och därmed produktiviteten.

## 2 *Projektorganisationens styrning och effektivitet — ett principresonemang*

En projektorganisationens korta verksamhetsperiod ställer andra krav på både organisationens utformning och styrmedel än de som gäller ett "normalt" företag.<sup>1</sup> Dessa olikheter kan grovt sammanfattas under två huvudpunkter:

1) *Avsaknad av tradition.* Projektorganisationen har till skillnad från det "traditionella" företaget ingen "dödvikt" i form av historiska hänsynstaganden att utgå ifrån vid uppbyggnaden av organisationen. Detta gör att man kan utforma organisationen exakt utifrån produktens och uppgiftens krav, till skillnad mot fallet i flertalet företag där man utgår från en redan befintlig organisation, något som leder till trögheter vid omorganisationer. Ett företags organisation är därför sällan den bästa utifrån ett "ohistoriskt" objektiva perspektiv. Man kan helt enkelt inte ändra organisationen i den takt som omständigheterna kräver. Det är inte ens säkert att detta hade varit att föredra. Genom den tröghet som finns, möjliggörs att ackumulerade kunskaper överförs till nya bärare under företagets livstid.

Ett exempel på denna olikhet är att projektorganisationens styr- och informationssystem lättare kan byggas upp utifrån organisationens krav, medan det i traditionella företag oftast har kvar vissa kvarlevor från tidigare år. Detta kan gälla såväl valet av informationsvariabler som hur och för vem de presenteras. Glappen mellan verkligt och avsett besluts- och informationsansvar blir därför mindre inom projektorganisationen.

2) *Väldefinierad uppgift.* Den andra stora skillnaden hänger samman med projektorganisationens inriktning mot *en* konkret och klart definierad uppgift. Man kan härigenom formulera målet mer stringent och kan koncentrera systemet mot ett fåtal nyckelvariabler.

En enkel måldefinition är svårare att åstadkomma i traditionella företag. Det beror på att dessa företag för sin målformulering — t ex maximal lönsamhet över livstiden — behöver en rad olika variabler som var och en, eller tillsammans, kan analyseras i enlighet med företagets långsiktiga strategi. Den komplexa målformuleringen ger i sin tur upphov till ett stort och invecklat styr- och informationssystem för att täcka de olika möjligheter som målformuleringen öppnar. Det kan

---

<sup>1</sup> Se även Reve (1983).

t o m i vissa fall bli för stort, dvs befattningshavarna "drunknar" i producerad information (se Fries och Eliassons studier).

Den enklare formuleringen av målen medför för det första att kännedomen om dem blir större. Detta innebär att alla koncentrerar sig på samma mål och att riskerna minskar för att olika individer skall dra åt olika håll.

För det andra kan enklare centrala styr- och informationssystem konstrueras då de viktigaste variablerna är lättare att urskilja. Såväl analys som beslutsfattande på basis av målvariablerna blir enklare. I Eliassons uppsats visas att renodlade vinstmått inom större företag tjänar samma funktion som förenklade "tumregler". Detta innebär dock att den tillgängliga informationen om andra variabler av vikt för företaget blir mindre.

Dessa två olikheter tillsammans pekar på att projektorganisationen har en mycket stor statisk effektivitet inom det område den är avsedd för. Detta område är dock betydligt smalare, mer specialiserat, än de traditionella företagens. Tvingas man bortom den definierade uppgiften är däremot i många fall varken organisationen eller informationssystemet särskilt användbara. Viktig information tas inte fram, därför att personal eller kunskaper saknas. En projektorganisation kan således beskrivas som ett sätt att optimera effektiviteten för *en* uppgift begränsad i tiden. Organisationen kan bara vidta snabba åtgärder och omstruktureringar så länge den verkar inom sitt definierade område.

Om uppgifterna eller förutsättningarna är oklara eller om kraven och omständigheterna snabbt förändras på radikala sätt är denna organisationsform mindre lämplig. Den specialisering som annars är projektorganisationens styrka kan bli en nackdel vid en helt ny situation. Projektorganisationens svårigheter därvidlag kan liknas vid dem ett specialiserat enproduktföretag möter om efterfrågan på dess produkt plötsligt sviktar. En "traditionell" företagsorganisation kan ha fördelar genom sitt mer omfattande informationssystem. Man behärskar ett bredare produkt- och produktionsområde och klarar därmed av större förändringar inom företagets ramar utan att från grunden behöva lära sig något nytt.

## 3 Produktivitetmätningar — metod och resultat

I det följande avsnittet kommer vi dels att presentera den mätmetod vi använt, dels att redovisa vissa slutsatser från vår analys av vad några väl avgränsade förändringar mellan byggandet av O III och O II betytt för kostnads- och produktivitetens utveckling. Vi har således definierat de viktigaste "systemförändringar" som ägt rum mellan byggandet av de två reaktorerna och försöker uppskatta deras effekter på produktiviteten.

### *Metod*

Svårigheterna att mäta kostnads- och produktivitetens utveckling är stora.<sup>1</sup> Mätproblem finns såväl på input- som outputsidan. Hur värderar man t ex de resurser som stoppas in, respektive de produkter som kommer ut? Hur värderar man prestanda och kvalitet? Hur värderar man produkten när tidsfaktorn spelar en betydelsefull roll, dvs när produkten ur tillverkarens synpunkt, men inte ur marknadens, är värd olika mycket beroende på när den är klar?

Den metod som valts baseras på Eliassons (1980) IBM-studie. Vi definierar produktiviteten på basis av standardkostnader per megawatt. Detta mått innebär att vi kan studera totalproduktivitetens utveckling mellan O III och O II. Vi undviker problemet att värdera kvalitetsförändringen i slutprodukten genom att bryta ned den till ett för de båda reaktorerna identiskt mått. Totalproduktivitetens och totalkostnadernas utveckling följer i detta mått varandra exakt (se supplementet till Eliassons uppsats).

På insatssidan värderas resurserna genom att företagens egna standardkostnader ur kontoplanerna används. Fördelen med att använda standardkostnader är dels att de utgör ett konsekvent och jämförbart mått på de olika resursinsatserna, dels att måttet överensstämmer med företagens egna mått och sätt att tänka. Metoden ger dessutom stora möjligheter till nedbrytning på enskilda resurser och arbetsarter, dvs vi kan utläsa huruvida teknik, organisation och/eller annat ändrats.

Uppbyggnaden av kontosystemen medför i idealfallet att det är möjligt att på lägsta nivå (olika arbetsarter) jämföra kostnadsutveck-

---

<sup>1</sup> Se även supplementet till Eliassons studie i denna volym.



lingen. Från den allra ”finaste” mikronivån och uppåt kan kostnader-  
na aggregeras till önskad nivå och totalkostnadsstrukturen jämföras. I  
praktiken ställer dock förändringar i kontoplanen ofta till problem  
som försvårar jämförelserna. Vi har därför i denna studie inte kunnat  
studera förändringarna på detaljnivå.

Metodens mikroinriktning innebär också att det i stor utsträckning  
är möjligt att förklara vad förändringarna berott på. Den traditionellt  
så viktiga restposten<sup>1</sup> kan därmed förklaras av olika tekniska och orga-  
nisoriska förändringar (Carlsson, 1979).

Metoden har ett speciellt intresse genom sin allmängiltighet. För alla  
typer av företag och produkter inom industrin är det således möjligt  
att mäta och identifiera effekten av förändringar i produktionens or-  
ganisation genom att använda företagets egna kontoplaner. Det vikti-  
gaste och svåraste är naturligtvis att erhålla en någorlunda standardise-  
rad produktdefinition. Förklaringar av hur produktivetsföränd-  
ringarna uppstått beror sedan på tillgången på data. På lägre nivåer  
kan mått som antal producerade enheter eller antal producerade  
”funktioner” (om enheternas prestanda ändras) vara rätt måttenhet,  
medan det på högre nivå ofta är bättre att studera förädlingsvärdets  
förändring. Man kan också, om inte kontoplanerna ändras, jämföra  
kostnader och produktivitet före och efter det att vissa förändringar  
ägt rum inom företagen.

Output-problematiken löses i vårt fall genom att vi ser reaktorerna  
som producenter av en homogen vara — megawatt (eller snarare ”ka-  
pacitet att producera en megawatt”). Vi förutsätter här att megawatt-  
kvaliteten är densamma för de två reaktorerna. Det ideala jämförelse-  
måttet hade egentligen varit megawatttimmar (MWh). Detta mått för-  
utsätter emellertid att vi känner till de två reaktorernas tillgänglig-  
hetsgrad (kvoten mellan timmar tillgängliga för produktion och totala  
antalet timmar) och utnyttjandefaktor (kvoten mellan faktisk produktion  
och reaktorns nominella topp effekt). Dessa faktorer tillsammans  
kommer här att kallas kapacitetsutnyttjande. För O II kan dessa va-  
riabler skattas på basis av tidigare års erfarenheter. För O III blir  
emellertid prognoserna mer osäkra, vilket påverkar resultatet.

Om de två reaktorerna har samma tillgänglighets- och utnyttjande-  
tal 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 kapacitetsutnyttjande blir lägre än kalkylerna för O II. I  
Jagrén (1983) görs bedömningen att kapacitetsutnyttjandet kommer  
att ligga på ungefär samma nivå för O III som för O II.

---

<sup>1</sup> Med restposten avses den del av produktivetsförändringen som inte kan hänföras  
direkt till kapital eller arbete. Den uppkommer bl a på grund av teknisk utveckling,  
organisations- och strukturförändringar.

Byggkostnaderna för att installera kapacitet att producera en megawatt kan således jämföras på totalnivån och blir det mått kring vilket våra analyser av produktiviteten vid byggandet av de två reaktorerna byggs upp, med hänsyn tagen till de ändrade förutsättningarna.

Ett annat mått på produktiviteten, som vi också kommer att utnyttja, är den direkta arbetsproduktiviteten. Detta mått, som är det vanligaste produktivetsmåttet, belyser endast hur *en* av produktionsfaktorernas (arbete) effektivitet förändras, till skillnad från det totalproduktivetsmått vi hittills diskuterat. Arbetsproduktiviteten är dock, trots sin partiella natur, ett intressant komplement till den totala faktorproduktiviteten. Vi belyser därför också sambandet mellan "systemförändringarna" och den direkta arbetsproduktiviteten.

Att endast granska byggkostnadernas utveckling är dock ett tveksamt mått på produktivetsutvecklingen för projektet som helhet. Byggnadens värde, dvs produktens "volym", beror även på när den kommer till användning. Likaså drar ett endast delvis färdigt projekt finansieringskostnader. Allt byggande har därför en "trade-off" mellan byggkostnader och byggtid. En högre kostnadsnivå kan vara förknippad med både ett större projektvärde och en lägre total projektkostnad om projektet kommer i drift snabbare och om stora räntebesparingar kan göras tack vare kortare projekttid. Detta är, som nämnts ovan, fallet vid O III-projektet.

En annan felkälla kan vara avvägningen mellan byggkostnader och service- och avställningskostnader. Högre byggkostnader, t ex bättre kvalitet, kan kanske innebära lägre serviceutgifter. Att i detta fall använda enbart byggnadskostnaderna som mått på byggets effektivitet kan ge felaktiga resultat.

Generellt vid produktivetsmätningar av endast *en* del i ett större projekt gäller alltså att en total optimering av hela projektet kan innebära "suboptimering" vid de ingående delarna. Som visas i Jagrén (1983) har för O III-projektet den totala lönsamheten genomgående prioriterats över strävandena att bygga billigt. De höga räntekostnaderna gör det lönsamt att sänka byggandets produktivitet för att i stället höja totalprojektets. Samma principiella resonemang gäller även för avvägningen mellan drift- och byggproduktionskostnader. Det kan således för projektet som helhet löna sig att ta högre byggkostnader mot sänkta driftkostnader. Vi återkommer till detta nedan.

## ***Resultat av kostnads- och produktivetsmätningarna<sup>1</sup>***

För att belysa produktivitetseffekterna av vissa förändrade förutsättningar granskar vi byggandet av O III och O II. Vi baserar beräk-

---

<sup>1</sup> Se Jagrén (1983) för en fylligare och mer detaljerad beskrivning.

ningarna på den metod som redogjordes för ovan. Detta innebär således i princip att vi ser byggandet av både O III och O II som uppförandet av "megawattkapacitet".

Som framgår av tabell 1 ovan skiljer sig O III och O II från varandra i många avseenden. O III är i alla avseenden betydligt större än O II. Kostnadmässigt uppvisar de två reaktorerna ännu större skillnader. Räknat i fast penningvärde (1981-01-01) per installerad megawatt, korrigerat för extraarbeten på O III och tilläggsinvesteringar i O II, kan kostnaden per installerad megawatt-kapacitet beräknas till 1,25 Mkr för O III och 0,59 Mkr för O II, således en ökning med drygt 110 %.

Våra analyser har visat att denna skillnad huvudsakligen kan förklaras av tre olika "systemförändringar" mellan de två reaktorerna. Dessa förändringar kan ses som motsvarigheten till de "systemförändringar" som nämns i Eliassons studie.<sup>1</sup> De studerade förändringarna är

- a) Nya krav
- b) Storlek
- c) Tidsprioritering

a) *Nya krav.* Som en följd av de avsevärt strängare regler för kärnkraften som kommit till stånd under 70-talet, bl a som en följd av olyckan i Harrisburg, har säkerhetskraven blivit betydligt hårdare. Detta har kommit att påverka byggdelen av O III så kraftigt att det kan karakteriseras som en "systemförändring".

De nya kraven kännetecknas av att de har både direkta och indirekta effekter på byggandet. De direkta effekterna är att fler hus, tjockare väggar m m har byggts som en följd av främst krav på fysisk separering. De indirekta effekterna innefattar att byggandet blivit svårare rent tekniskt, att det krävs större ingenjörsinsatser för att klara planeringen och kontrollen samt att det åtgår större direkta arbetsinsatser per volymenhet.

De direkta effekterna av de nya kraven kan beräknas på basis av totalkostnaden för de extra volymer och material som tillkommit. Denna extra kostnad kan totalt skattas till ca 550 Mkr (i 1981-01-01 penningvärde). Detta motsvarar, enligt tabell 1, drygt 35 % av den totala byggkostnaden. Korrigerat för detta blir kostnaden per megawatt för O III 0,75 Mkr. Skillnaden mellan O III och O II är efter denna korrektion drygt 25 %. Byggets totala kostnader per megawatt har således ökat med ca 85 % (110 % - 25 %) på grund av de direkta systemeffekterna av nya krav, främst den större volymen.

De indirekta effekternas primära verkan har varit att sänka den direkta arbetsproduktiviteten. Detta har främst slagit mot armeringsar-

---

<sup>1</sup> Motsvarande beräkningar för ett "traditionellt" företag kan göras före och efter t ex introduktionen av styr- och informationssystem i stället för före och efter de faktorer som vi här analyserat.

betena, vilket är det arbetsmoment som mest påverkats av de nya kraven. Detta visades även i tabell 1, i vilken framgick att ökningen av armeringstätheten varit betydligt större än ökningen för övriga insatsvaror. Den större armeringstätheten har medfört att det blivit avsevärt svårare rent tekniskt att klara armeringen. I tabell 2 nedan framgår att "armeringsproduktiviteten" sjunkit betydligt mer än genomsnittet.

**Tabell 2 Direkt arbetsproduktivitet O II—O III**

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

På grund av olikheten i kontoplanerna är det dessvärre förknippat med stor osäkerhet att mer exakt skatta hur effekterna på total produktivitet uppstått och de extra kostnader som de indirekta effekterna medfört. Uppskattningsvis ligger de i storleksordningen 5—10 procentenheter av den totala kostnadsökningen på 25 % per megawatt enligt ovan.

b) *Storlek*. Denna faktor hänger delvis ihop med de nya kraven men förtjänar att diskuteras närmare. Analyserna av byggdelen visar att O III rent byggmässigt blivit för stor för att möjliggöra ett effektivt byggande med existerande teknik. Man kan konstatera flera exempel på skalnackdelar. Bygget har varit för stort och för komplext för den existerande organisationstekniken. Det är svårt och dyrt att leda, fördela och kontrollera arbetet samtidigt som kostnaden för vägar och andra interna anläggningar ökat starkt. Detta har lett till betydligt större tjänstemannainsatser än vad som tidigare varit normalt och en sänkt effektivitet. En större byggplats innebär större arbetsstyrkor, vilket leder till att genomsnittseffektiviteten per byggnadsarbetare blir lägre, då man måste minska kraven och ambitionerna allt efter det

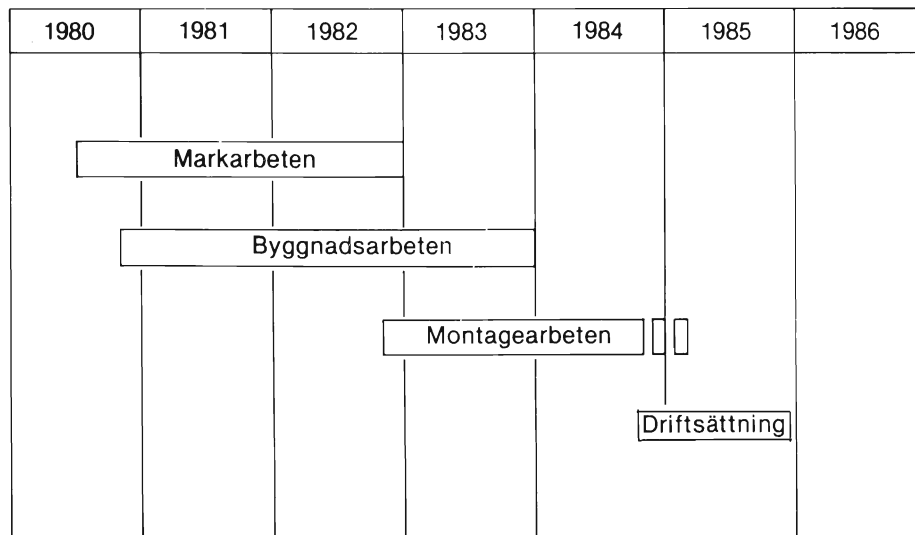
man anställer fler arbetare från ett begränsat upptagningsområde. Det visar sig således att den "gamla" regel som säger att en större skala eller längre serier medför lägre kostnader per producerad enhet inte gäller generellt vid stora engångsprojekt av denna typ.

Storleken som fördyrande faktor är svår att kvantifiera och belägga i kontoplanerna. De uppskattningar som gjorts pekar på att denna faktor kan förklara endast en mindre del av den totala ökningen i kostnad per megawatt mellan O III och O II.

Anledningen till att man valt att ha ett inoptimalt bygge ligger således i projektorganisationens strävan till totaloptimering. Det visar sig att dessa skalnackdelar på byggsidan mer än väl uppvägs av skalfördelar (tekniska fördelar) på maskin-, montage- och senare även produktionssidan. Man har alltså strävat efter att optimera hela projektet snarare än varje ingående del för sig.

c) *Tidsprioriteringen.* Den tredje huvudförklaringen till den sänkta produktiviteten vid O III skall sökas i projektets tidsdimension. Två olika effekter bör härvid beaktas: A) De höga ränteutgifterna, relativt byggkostnaderna (se tabell 1), gör det lönsamt att förkorta projektets tidplan (se figur 2) för att tidigare få i gång produktionen och därmed få intäkter att betala räntorna med. (För en mer noggrann analys och kalkyl se Jagrén (1983).) B) Det finns ett val mellan högre investeringskostnader och lägre driftkostnader i framtiden.<sup>1</sup> Dessa två delar disku-

**Figur 2 Oskarshamnsverket III, tidplan**



Källa: OKG.

<sup>1</sup> För att tidsfunktionens betydelse för produktiviteten i O III skall kunna uppskattas på ett meningsfullt sätt måste en helt annan metodik än den traditionella tillämpas. Produkten blir inte längre en färdig, installerad megawattkapacitet utan kapitalkostnaden per producerad megawattimme över projektets totala livslängd. (Se Supplement till Eliassons studie denna volym.)

teras i avsnitten om ränta och produktivitet och investerings- och driftkostnader.

Som framgår av O IIIs tidplan är de tidsmässigt tunga bitarna i projektet bygget samt montagearbetena. Det är således inom dessa delar som tidsvinster till godo för hela projektet kan göras. Vi har i vår studie endast granskat insatserna vid byggnadsdelen. Vi gör nedan en förhållandevis grundlig genomgång av den genomförda tidsprioriteringen.

### ***Ränta och produktivitet***

Alla tidsbesparingar jämfört med den ursprungliga planen kräver ändrade resursinsatser och i vissa fall även ändrad teknologi för att möjliggöras. Vi kan därmed se ett samband mellan orsak (den höga räntenivån) och verkan (annan förläggning i tiden av aktiviteter, ändrade resursinsatser och ändrad produktivitet). I princip är alla förkortningar av byggnadstidplanen positiva för projektet i dess helhet om extrakostnaderna underskrider extraintäkterna av den tidigarelagda elkraftproduktionen.

De insatser som primärt är av intresse är de som berör den sk kritiska linjen, dvs de aktiviteter som, om de förkortades, innebär att hela projekt kan förkortas i motsvarande grad. I dessa "flaskhalsar" kan små insatser av kapital och arbete ge avsevärda totaleffekter.

Några exempel på åtgärder:

1) *Byggandet av tätplåten* för reaktorinneslutningen (stålvaggan), 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 stålvaggan utanför och sköt sedan in den på plats. Detta gjorde att man samtidigt kunde arbeta med andra arbeten i reaktorbyggnaden, vilket påskyndade det totala färdigställandet och den kritiska linjen. Man frigjorde sig därvidlag från tidsmässiga beroenden i tidplanen. Tidplanen för hela anläggningen kunde kortas med knappt 2 månader. Förändringen i teknik medförde vissa extra löne- och materialkostnader (ca 15 Mkr), dock avsevärt mindre än motsvarande intäktsvinst (ca 60 Mkr).

I detta fall ser vi alltså att de höga räntekostnaderna initierat en helt ny teknik, som tidigare varit för dyrbar för att vara attraktiv.

2) *Två- och treskift*: Vid uppförandet av O III har forcering via två- och treskift skett vid flertalet av byggnaderna på den kritiska linjen. Forceringen har medfört extrakostnader i form av 1) OB-tillägg för arbetare, 2) mer omfattande planering och uppföljning på tjänstemansidan och 3) tidsförluster vid byte av skiftlag. Den direkta arbetsproduktiviteten kan erfarenhetsmässigt beräknas till att vara ca 20 % lägre på andra skiftet. Detta beror främst på tidsförluster vid skiftbyten. De totala extrakostnaderna per timme blir dock, bl a på grund av OB-tillägg, högre.

Utan att ta hänsyn till intäktssidan är det svårt att se detta som en optimal strategi. De möjliggjorda tidigare intäkterna uppväger dock mer än väl dessa extrakostnader. Ett exempel kan ges från reaktorblocket som tog extra skiftkostnader på ca 10 Mkr för att vinna ca 1 månads totaltid (värd ca 30 Mkr).

3) *Intensivt utnyttjande av betongpumpning*. Betongpumpning är ett dyrt och kapitalintensivt sätt att flytta betong, men ger betydligt kortare byggnadstider än den traditionella flyttmetoden. Den direkta arbetsproduktiviteten blir således hög. Vid byggnadsarbetena i Oskarshamn har denna pumptyp utnyttjats mycket intensivt på flertalet byggnader, främst beroende på att byggområdet är så trångt att andra betongflyttningsmetoder blivit avsevärt mer tidsödande.

Dessa tre exempel visar att strävandena att förkorta byggtiderna, orsakade av det höga ränteläget, fått effekter såväl på graden av utnyttjande av och insatserna av kapital och arbetskraft som på valet av teknik. I fallen (2) och (3) förskjuts således den punkt som utgör den bästa utnyttjandegraden bortåt (blir högre), medan det i fall (1) blir aktuellt att även tillgripa en helt ny teknik.

Det står således klart att låneräntan direkt påverkar både resursinsatsernas storlek och till viss del även deras utformning. Även organisationens utseende kommer därmed att påverkas. Dessutom ser vi klart att "the activity timing", dvs tidsplanering av bygget, påverkas via satsningarna på den s k kritiska linjen.

Gemensamt för de tre exemplen på åtgärder är att de innebär höjda kostnader och kortare tidplan. Detta medför också att byggandets totalproduktivitet, mätt som totala byggnadskostnader per outputenhet, kommer att sjunka. Risken finns således att vi tolkar en totalprojektförbättring via kortare tidplan som en försämring om vi enbart ser till byggnadsproduktiviteten mätt på traditionellt sätt.<sup>1</sup>

Byggandets totalproduktivitet kommer således att minska. Däremot går det — a priori — inte att säga något om hur den direkta arbetsproduktiviteten kommer att förändras. I *exempel ett* medförde den nya tekniken att arbetsproduktiviteten blev högre än den skulle ha blivit i alternativfallet, tack vare att byggandet blev mindre kompakt. I *exempel två* sjunker produktiviteten som nämndes ovan erfarenhetsmässigt med ca 10 % totalt vid skiftgång (2 skift). I *exempel tre* slutligen ökar som syns i tabell 1 betongproduktiviteten generellt. Totaleffekten blir en sammanvägning av de tre olika delarna. Att direkt mäta upp hur stora de direkta produktivitetseffekterna är totalt sett är dessvärre så gott som omöjligt, då det är svårt att finna jämförelseobjekt. Relativt O II har nämligen en rad andra faktorer också ändrats, vilket gör alla jämförelser mycket osäkra. Som visas i Jagrén (1983) har ny teknik

<sup>1</sup> Med tanke på att megawatten i O III är av "högre kvalitet" säkerhetsmässigt är det möjligt att även vårt outputmått borde korrigeras.

generellt verkat produktivitetshöjande, forceringar av byggnadsdelen svagt produktivitetssänkande och de indirekta effekterna av nya krav kraftigt produktivitetssänkande.

Sammanfattningsvis kan vi konstatera att BOA genom prioriteringen av tidplanen fått en sänkning av den totala produktiviteten. Att tolka detta som en försämring är dock felaktigt eftersom den mer än väl uppvägs av vinster på andra håll i organisationen. Detta understryker också faran av en alltför stel behandling av produktivetsmättet och visar att vi måste sätta in det i ett större sammanhang för att det skall vara meningsfullt. Produktivetsmättet i sig är statiskt och partiellt, vilket i flera fall gör det förrädiskt att använda.

### ***Investerings- och driftkostnader***

Samma invändning som gäller avvägningen mellan produktions- och räntekostnader kan också gälla balansen mellan drift- och investeringskostnader. Högre kvalitet på maskinell utrustning ger givetvis lägre underhållskostnader. Större skala än tidigare på den maskinella utrustningen, vilket gäller för O III, gör risken för oförutsedda driftavbrott större än för utrustning som redan utprovats och körts in. Vid driftstopp spelar tillgängligheten för reparationer en avgörande roll för hur stora kostnaderna blir och hur lång tid det tar att reparera. Tillgängligheten har nära samband med dimensioneringen av anläggningen. Lägre framtida underhållskostnader står därför i direkt (omvänd) proportion till anläggningskostnadernas storlek. Genom att ta högre investeringskostnader kan det, generellt sett, i vissa fall vara möjligt att sänka kommande driftkostnader. Även detta visar sig vid en produktivetsanalys av traditionell art som en sänkning av effektiviteten, trots att det mycket väl, i likhet med det ovan diskuterade fallet, kan vara optimalt för projektet som helhet.

Avvägningen mellan produktions- och driftkostnader görs huvudsakligen under planeringsfasen. När väl kraftverket projekterats kan endast marginella förändringar göras. Detta medför att det är svårt att empiriskt visa att den ena eller den andra åtgärden orsakats av just denna faktor. Oftast har flera olika avvägningar och skäl verkat i motsatta riktningar vid konstruktionen. När väl konstruktionen är klar kan dessutom denna avvägning knappast påverkas. Byggaren får således en "färdig" ritning i sin hand och bygger i enlighet med denna. Denna oförmåga att vid senare tidpunkter påverka balansen mellan drift- och produktionskostnader skiljer denna avvägning från den som görs mellan ränte- och produktionskostnaderna. Ett ytterligare empiriskt problem är att många förändringar som påverkat driftkostnaderna direkt beror på nya regler vad gäller strålsäkerhet, personalutrymmen m m. Det går inte att särbehandla de åtgärder i detta avseende som är orsakade av framtida lägre driftkostnader från dem som har sin grund i statliga bestämmelser då de påverkar samma byggnadsenheter. Merparten av förbättringarna i driftkostnadsledet ligger dess-



utom på maskinsidan som vi inte analyserat inom ramen för detta projekt. Vi har därför inte kunnat göra några beräkningar av vad denna avvägning betytt för byggsidans observerade produktivitet utan nöjer oss med att uppmärksamma frågan.

## 4 *Sammanfattning*

Denna studie har för det första kortfattat diskuterat projektorganisationens karaktäristika jämfört med en "traditionell" företagsorganisation. Vi har därvidlag konstaterat att en projektorganisation kan ses som ett sätt att optimera effektiviteten för en uppgift som är begränsad i tiden. Den kortare livslängden och det mer avgränsade problemområdet gör att organisationen kan ges en enklare och mer lättfattligt styr- och informationssystem. Projektorganisationens specialisering mot ett visst kompetensområde gör dock att den dynamiska effektiviteten, dvs möjligheterna att anpassa organisationen och verksamheten till en snabbt föränderlig omvärld, blir låg.

Uppsatsen har för det andra diskuterat möjligheterna att mäta produktiviteten och även gett exempel på några olika "systemförändringars" kostnads- och produktivitetseffekter. Den mätmetod vi använt bygger på att totalproduktiviteten med fördel på insatssidan kan mätas utifrån företagets kontoplaner. Detta relateras sedan till ett standardiserat output-mått. Värderingsproblemen såväl på input- som outputsidan kan därigenom reduceras avsevärt.

Resultaten av jämförelsen mellan O III och O II i byggnadshänseende visar att O III blivit avsevärt dyrare per megawatt. Detta beror främst på nya krav, annan skala samt på en medveten tidsprioritering som ger lägre kostnader för projektet som helhet.

Resultaten av mätningarna visar emellertid också att produktivitetsuppskattningar i många fall kan ge upphov till skeva resultat. Ett dylikt fall är om det föreligger ett medvetet val mellan produktions- och räntekostnader alternativt mellan produktions- och driftkostnader. Höjda kostnader (sänkt produktivitet) för byggdelen kan således vara väl förenliga med en intäktsökning (produktivitetshöjning) för projektet som helhet. Den "försämring" som verkar vara vid handen för byggdelen är alltså i högsta grad skenbar. Dessa typer av totala lönsamhetsöversväganden är mycket viktiga att göra vid alla typer av produktivetsmätningar för att man bättre ska förstå vad som döljer sig bakom siffrorna. Produktivetsmått är till sin natur statiska och partiella, vilket gör att de i flera fall kan vara vilseledande.

## *Litteratur*

- Atomic Industrial Forum, 1983. *Positive Experience in Designing and Constructing Nuclear Power Plants*. AIF, Maryland.
- Carlsson, B, m fl, 1979. *Teknik och industristruktur — 70-talets ekonomiska kris i historisk belysning*. IUI-IVA, Stockholm.
- 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.
- Jagrén, L, 1983. *O-III — Organisation, kostnader och säkerhet. En studie av produktivitetens utvecklingen i ett stort anläggningsprojekt*. IUI Forskningsrapport 23, Stockholm.
- Reve, T, 1983. *Interface management in Megaorganizations*. IÖI Work report. Bergen.
- Segelod, E, 1982. *Kostnadsuppföljning med analys för Genastorp Vattenkraftstation, Karlshamnsværkets första oljekraftverk samt för Barsebäcksværkets båda kärnkrafttaggregat*. FE-rapport 187. Göteborgs Universitet.
- Walfridsson, B, 1983. *Lönsamhetskalkyler för kärnkraftverken Oskarshamn 3 och Forsmark 3*. Göteborgs Universitet.