

Afledte Kvalitetsomkostninger: Et Modelperspektiv med Empirisk Udgangspunkt

Resumé

I traditionel økonomistyring og internt regnskabsvæsen registreres normalt kun hvad man kunne kalde de direkte målbare kvalitetsomkostninger. Disse bygger på, at kun synlige effekter fra kvalitetsproblemer indgår i virksomhedens beslutningsgrundlag. På grund af øget fokus på kvalitet - og dermed på kvalitetsomkostningernes voksende betydning, specielt i relation til virksomhedens forøgede anvendelse af avanceret og fleksibelt produktionsudstyr, hvor flere produkter ofte produceres sammen og dermed påvirker prioritetsrækkefølgen - bør en virksomhed gøre sig tanker om hvordan de forskellige produktvarianter og ordrer påvirker ressourcer og kvalitetsomkostninger. For at tage højde for dette, betragtes en beregningsmodel til at visualisere defektprocenternes betydning rent omkostningsmæssigt i sammenhæng med de traditionelle produktionsparametre, som kapacitetsudnyttelse, ordrestørrelse, teknologi etc. Størrelsen af disse afledte omkostninger bør - så vidt der ikke er mulighed for eliminering - også indgå i virksomhedens langsigtede beslutningsgrundlag og formål.

Indledning¹

Kvalitetsomkostninger (KVO) er, ofte sammen med omkostninger til fleksibilitet i litteraturen, kaldt for »dårligt-strukture-

Af Steen Nielsen* og Esben Høg**

Afledte Kvalitetsomkostninger: Et Modelperspektiv med Empirisk Udgangspunkt

Resumé

I traditionel økonomistyring og internt regnskabsvæsen registreres normalt kun hvad man kunne kalde de direkte målbare kvalitetsomkostninger. Disse bygger på, at kun synlige effekter fra kvalitetsproblemer indgår i virksomhedens beslutningsgrundlag. På grund af øget fokus på kvalitet - og dermed på kvalitetsomkostningernes voksende betydning, specielt i relation til virksomhedens forøgede anvendelse af avanceret og fleksibelt produktionsudstyr, hvor flere produkter ofte produceres sammen og dermed påvirker prioritetsrækkefølgen - bør en virksomhed gøre sig tanker om hvordan de forskellige produktvarianter og ordrer påvirker ressourcer og kvalitetsomkostninger. For at tage højde for dette, betragtes en beregningsmodel til at visualisere defektprocenternes betydning rent omkostningsmæssigt i sammenhæng med de traditionelle produktionsparametre, som kapacitetsudnyttelse, ordrestørrelse, teknologi etc. Størrelsen af disse afledte omkostninger bør - så vidt der ikke er mulighed for eliminering - også indgå i virksomhedens langsigtede beslutningsgrundlag og formål.

Indledning¹

Kvalitetsomkostninger (KVO) er, ofte sammen med omkostninger til fleksibilitet i litteraturen, kaldt for »dårligt-strukture-

Af Steen Nielsen* og Esben Høg**

rede omkostninger», jvf. Simon (1960). Dette skyldes, at disse omkostninger er vanskelige at identificere, måle og registrere efter de klassiske registreringsprincipper i et internt regnskabssystem, f.eks. på art, sted og formål. Et stort antal case-studier og undersøgelser har vist, at virksomhederne er tvunget til anvende et andet princip end det klassiske kausalitetsprincip, hvis sådanne omkostninger skal findes, beregnes og indgå i en given beslutningsmodel, jvf. også Son (1991). Det traditionelle interne regnskab har som forudsætning kun registreret, hvad man kunne kalde virksomhedens direkte og udgiftsrelaterede kvalitetsomkostninger. Det gælder for alle fire typer af kvalitetsomkostninger; interne og eksterne fejlomkostninger, overvågning- og inspektionsomkostninger samt forebyggelsesomkostninger.

Specielt i udenlandske tidsskrifter og bøger har de fire typer af omkostninger været diskuteret i relation til virksomhedens forskellige kvalitetsfilosofier og kvalitetsledelsesmodeller, f.eks. som TQM (Total Quality Management), TQC (Total Quality Control), samt SQM (Strategic Quality Management). Se også Deming (1991), Crosby (1979), og Juran & Gryna (1993). Også i Danmark har kvalitetsbegrebet haft en stigende interesse, dette gælder på ledelsesområdet, f.eks. Dahlgaard & Kristensen (1994), på den mere tekniske og målemæssige side, f.eks. Dahlgaard (1989), og i den såkaldte Business Excellence model, jf. også Kristensen & Møller (1997). Sidstnævnte model danner også udgangspunkt for uddelingen af Den Danske Kvalitetspris. Også de registreringsmæssige problemer og identifikatio-

nen af kvalitetsomkostninger har været diskuteret i Danmark, f.eks. hos Friss (1996/97).

Kun få artikler har indtil dato inddraget diskussionen om kvalitetsomkostninger i forhold til de forskellige produktionsparametre, som f.eks. leadtider, setuptider og variationen heri. Dette gælder specielt for virksomheder med mange og forskellige produktvarianter og i relation til planlægningssiden. Et eksempel herpå er Nandakumar *et al.* (1993). Der kan f.eks. være tale om specielle problemer vedrørende kø eller trængsel i produktionssystemet, forøgelse i varer i arbejde, prioritets/routing-planlægning, spildtid, forsinkelse etc. Dette har medført, at man ofte ikke har fået taget højde for disse estimerede - ofte uhåndgribelige omkostninger - i relation til virksomhedens forskellige formål, f.eks. i kapacitetsplanlægningen eller i omkostningsformålet.

Størrelsen, beregningen og registreringen af kvalitetsomkostninger afhænger af virksomhedstype, kundeportefølje, produktportefølje, produktionens kompleksitet, valg af produktionsteknologi og produktionsform, f.eks. om der er tale et FMS-system (Flexible Manufacturing System) eller blot enkeltstående styrede maskiner, om der er skabt dataintegration via CIM (Computer Integrated Manufacturing), eller om man anvender en Just-in-time filosofi eller ikke. Specielt data- og registreringssiden er vigtig, når man ønsker at få registeret ressourcer og omkostninger on-line og direkte ved de forskellige ressource-forbrugssteder i produktionsområdet. High-tech virksomheder producerer ofte mange forskellige produktvarianter i samme produktionsområde eller

produktionssystem. Dette skaber også problemer af mere traditionel karakter, f.eks. i forbindelse med tilregningen af ressourcer og omkostninger i forbindelse med virksomhedens kalkulationsfilosofi, jvf. Nielsen & Høg(1994).

Meget tyder imidlertid på, at under moderne produktionsformer vil der være afhængighed mellem produkter når disse produceres i samme produktionssystem. Dette betyder bl.a., at fejlprocenten for visse typer af produkter og med visse variationer i processen, kan have en relativ stor effekt på produkternes produktionsomkostninger. Dermed undervurderes fejlomkostningernes betydning, hvorved beslutningsgrundlaget også bliver misvisende. Dette kan f.eks. betyde, at produkter med relativt høje procestider synes at generere de største benefits, selvom disse produkter har lave defektprocenter og lave produktionsomkostninger.

Formålet med denne artikel er dels at påvise, at et traditionelt Ledelses Informations System (LIS) ikke altid giver tilstrækkelig med information om kvalitetsomkostninger, dels at vise at det ikke altid er de produkter som har de højeste defektprocenter og dermed de største direkte omkostninger, man i første omgang skal sætte fokus på. I stedet bør virksomheden gå efter de produkter som har de største leadtider og som skaber de største variationer i produktionsprocessen². En relativ stor andel af de totale kvalitetsomkostninger vil ofte være skjult eller ikke beregnet for beslutningstageren. Disse kan kun beregnes via nogle eksplicite sammenhænge mellem produktionens parametre og en given omkostningsmodel, f.eks. ABC eller Target Costing.

Problemstillingen med kvalitetsomkostninger

I litteraturen eksisterer der forskellige indfaldsvinkler til kvalitetsproblemet. I den interne regnskabslitteratur, f.eks. i et traditionelt standardregnskab, er en stor del af de interne fejlomkostninger ofte blot inkluderet via de enkelte standarder, i materialer, løn og indirekte produktionsomkostninger uden anden bemærkning end et »forventet spild«.

For at kunne reducere kvalitetsomkostningerne, må man således kunne måle, kontrollere og styre de enkelte kategorier af kvalitetsomkostninger i forhold til nogle udvalgte styringsvariable og gøre de usynlige kvalitetsomkostninger til synlige.

F.eks. rapporterer Westinghouse Electric Corporation, at de skjulte fejlomkostninger hos dem udgør 3 til 4 gange størrelsen af de synlige og direkte fejlomkostninger, jf. Atkinson *et al.* (1991, p 13). Det er også disse omkostninger som i værste fald får det til at kollapse på omkostningssiden.

Skal kvalitetsomkostninger indregnes til forskellige formål, gælder samme procedure som for andre typer af omkostninger, f.eks. kapacitetsomkostninger, dvs. oprettelse af homogene cost pools, valg af en relevant cost driver og derefter beregning af trækket på aktiviteten. Dette på grund af at omkostningsstrukturen for en virksomheds forskellige cost centre, ordrer og produkter ofte er forskellige. Ofte eksisterer der ingen klar registreringsprocedure for virksomhedens kvalitetsomkostninger. Betegnelsen kvalitetsomkostninger mangler ofte både i virksomhedens kontoplan og i diverse konteringsvejledninger. Dette medfører at man intet skøn har over størrelsen af disse, hvilket igen gør det

umuligt at afrapportere eller foretage sig handlinger for at reducere disse.

Nedenfor er nævnt nogle få - men centrale områder og opfattelser - som har været diskuteret i teorien for behandlingen af kvalitetsomkostninger:

- muligheden for opdeling af kvalitetsomkostninger i relation til kvalitetstransaktioner, jvf. Miller & Vollmann (1985),
- afrapporteringen samt opdeling i faste, variable og semivariable kvalitetsomkostninger, jvf. Roth & Morse (1983), Clark (1985), samt Ponemon (1990),
- opdelingen af kvalitetsomkostninger i value-added-activities (VAA) og non-value-added-activities (NAA), samt muligheden for reduktion af de samlede kvalitetsomkostninger, hvor forebyggelsesomkostninger er den eneste gruppe af kvalitetsomkostninger som kan karakteriseres som VAA efter ABC-princippet, jf. også Ostrenga (1991),
- muligheden for at operationalisere begrebet kvalitetsomkostninger, samt at inddrage dette i en simuleringsmodel for såvel investeringsbeslutninger som produktkalkylen, jvf. Son & Park (1990) samt Son (1991),
- anvendelsen af en statistisk model for opgørelse af kvalitetsomkostninger, som også kan have ledelsesmæssig interesse, jvf. Son & Hsu (1991),
- betydningen af kvalitetsomkostninger i et ABC-system, samt i en »Target Costing« model, jvf. Kandaouroff (1994),
- bestemmelsen af en trade-off funktion mellem forebyggelse og fejlomkostninger via regression. Denne kan igen anvendes i f.b.m. med budgetlægningen og prognoser for produktomkostninger

ne for kvalitetsomkostninger, jvf. Krishnamoorthi (1989),

- muligheden for minimering af de samlede kvalitetsomkostninger via beregning af forebyggelses- og inspektionsomkostninger jf. også Fargher & Morse (1998),
- beregningen af mistet goodwill i forbindelse med eksterne fejl, se f.eks. Taguchi & Clausing (1990).

Kømæssige og

produktionsmæssige overvejelser

Det teoretiske udgangspunkt for eksemplet i denne artikel er Gross & Harris (1998), Nandakumar *et al.* (1993) samt Son & Hsu (1991). Eksemplet er bl.a. baseret på en konkret virksomhed, hvor produktionsfilosofien er baseret på et FMS-system, indeholdende flere typer af processer og teknologier samt et transportsystem. Under sådanne produktionsforudsætninger er det specielt leadtiden og stokastikken i denne, der betragtes som vigtige strategiske konkurrence- og beslutningsparametre, jvf. også Foster & Horngren (1988), samt Jaikumar (1986). Samtidig har disse variationer i proces og leadtid stor betydning, ikke alene for det enkelte produkt, men også for den synergieffekt, der ofte skabes for resten af de produktvarianter, som anvender et integreret produktionsystem, jf. også Banker *et al.* (1988). Synergieffekten vil - såfremt omkostningsmodellen også er tilknyttet de faktiske produktionsforudsætninger - få betydning for varianternes stykomkostninger, jvf. også Nielsen (1996).

Her anvendes en klassisk M/M/1/∞/∞ kø-model. Det betyder, at ankomsterne for produkttype *i* er Poisson-fordelte med

intensiteten λ_i og servicetiderne for produkttype i er eksponential fordelte med intensiteten μ_i . Endvidere forudsættes ubegrænset køkapacitet og en uendelig stor population af mulige kunder til systemet, her udtrykt ved virksomhedens produkter. Det vil sige, at μ_i udtrykker den samlede procestid for produkt i i FMS-systemet bestående af forskellige operationer, som fx boring, fræsning, afgratning etc.

Notationen i det følgende ligger tæt op ad Nandakumar *et al.* (1993). Følgende eksakte forudsætninger eksisterer i virksomheden. Der produceres m produkttyper. Ankomstprocessen for den enkelte ordre og for det enkelte produkt i ($i=A, B, C, \dots$) [m ialt] hver med q_i antal enheder, betragtes som Poisson-fordelt med n_i antal ordrer pr. år af produkt i . Ved modtagelsen af en given ordre, fastsættes den optimale leveringstermin til kunden som t_i^d ($i=A, B, C, \dots$). Leveres ikke i henhold til leveringsterminen, påløber en afledt forsinkelsesomkostning på c_i^f pr. ordre pr. tidsenhed for produktet i form af enten et afslag i prisen eller en ekstra omkostning. Størrelsen på c_i^f afhænger af længden på forsinkelsen. Herudover tilkommer en afledt variationsomkostning (tardiness cost) c_i^v pr. ordre pr. tidsenhed for den usikkerhed der hører til leadtiden i FMS-systemet ofte via længere leadtid. Dette er en afledt effekt af usikkerhed og stokastik i processen. Overskrides den fastlagte leveringstermin til kunden, bliver det således et spørgsmål om at afveje c_i^f og c_i^v mod hinanden. Den optimale leveringstermin er således en trade-off mellem forsinkelsesomkostningen til kunden c_i^f , som er stigende med stigende overskridelse af leveringsterminen, og c_i^v

som er de afledte omkostninger for variation i leadtiden ved forskellige produkter. Hvis f.eks. produkt A bliver afsat på et marked med relativ mere intensiv konkurrence (og derfor mulighed for store tab) end produkt B, så vil c_i^f være større end c_j^f . Begge størrelser betragtes som en offeromkostning beregnet med udgangspunkt i inputsiden.

Det forudsættes at c_i^v falder med stigende overskridelse af afleveringsterminen til kunden, idet det er muligt at anvende den tid og de ressourcer som er nødvendige for at omkostningerne mindskes på længere sigt. En afgørende beslutningsvariabel i modellen bliver derfor optimal leverings-termin t_i^d . I det følgende er kun medtaget et minimum af udledninger. For en mere detaljeret gennemgang kan henvises til Nielsen & Høg (1999). Modellen som beskrevet (se også Nandakumar *et al.* (1993)) leder frem til følgende relation for optimal leveringstermin for produkt i :

$$t_i^d = \frac{\ln c_i^f - \ln c_i^v}{\mu_i - \lambda_i} \text{ givet at } c_i^f > c_i^v \text{ og at } \mu_i > \lambda_i.$$

Den totale leadtid, w_i^t , for en ordre består af summen af samtlige enkelttider, dvs. tid i kø, w_i^k , og transport samt servicetiderne for en ordre, w_i^s , i systemet³. Det forudsættes endvidere, at hver enhed, der produceres af produktet har en konformitets-defektsandsynlighed (conformance quality) d_i for ikke at opfylde kvalitetskravene i relation til designspecifikationen⁴. For at sikre stabilitet i systemet forudsættes endvidere, at kapacitetsudnyttelsen er mindre end den maksimale teoretiske kapacitet, ρ , for produktionssystemet set under et.

Under anvendelse af standard forudsætninger, kan forventning og varians for den

samlede leadtid (køtid, ventetid og proces-tid) for en ordre af givne produkter i FMS-systemet beregnes som, hhv.

$$E(w_i^j) = \frac{1}{\mu_i} + \frac{\lambda_i}{\mu_i(\mu_i - \lambda_i)}$$

$$\sigma^2(w_i^j) = \frac{1}{\mu_i^2} + \frac{(2\mu_i - \lambda_i)\lambda_i}{\mu_i^2(\mu_i - \lambda_i)^2}$$

Det forudsættes for steady-state-betingelsen, at $\mu_i > \lambda_i$, dvs. at ankomstintensiteterne er mindre end bearbejdningsintensiteterne. Beviserne for ovenstående fås dels af Poisson- og Erlangfordelingernes egenskaber, dels af den såkaldte Pollaczek-Khintchine formel (se f.eks. Nandakumar *et al.* 1993 samt Gross & Harris 1998).

Omkostningsmæssige overvejelser

Formålet er at bestemme det, eller de produkter, hvor en forbedret kvalitetsindsats eller en reduktion i defektprocenten, giver den største omkostningsmæssige effekt. For at bestemme fordelene ved en given kvalitetsforbedring, forudsættes det, at gennemløbstiden også er afhængig af defektprocentens størrelse, idet høje fejlprocenter ofte skaber længere leveringstid og forsinkelse og dermed et yderligere forbrug af meromkostninger i form af alternativomkostninger for virksomheden.

I modellen opgøres de totalt afledte forsinkelses-omkostninger for kunder, som en multiplikation af antallet af ordrer og omkostninger pr. ordre i forhold til den optimale leveringstid. Omkostninger, benævnt C_i^f , ved variation og usikkerhed i leadtid, setup mv. for de forskellige produkter, er derimod en funktion af den optimale leveringstid t_i^j og kan, jf. Nandakumar *et al.* (1993) med diverse tilpasninger, bereg-

nes som $C_i^f = n_i c_i^f t_i^j e^{\mu_i - \lambda_i}$.

Den del af de afledte interne fejlomkostninger, som er målelige og konstaterbare, registreres allerede i virksomhedens ledelsesinformationssystem, jf. senere i eksemplet. Den afledte effekt af de interne fejlomkostninger skal imidlertid også inkluderes i det samlede omkostningsbillede for at få et mere præcist billede af det konkrete ressourceforbrug, der påløber ved givne fejlprocenter. Da virksomheden anvender ABC tankegangen for de eksisterende og målelige indirekte produktionsomkostninger, har fejlprocenterne også betydning for tilregningen af disse omkostninger for det enkelte produkt.

Som for C_i^f , kan formeludtryk for de direkte omkostninger, C_i^p , de afledte interne omkostninger, C_i^i , de afledte forsinkelsesomkostninger, C_i^s , og de variable kvalitetssomkostninger, C_i^k , opstilles, jf. Nandakumar *et al.* (1993) og Nielsen og Høg (1999).

Ud over LIS-omkostningerne er variationen for hele det valgte produktionsprogram en vigtig information, idet denne også vil påvirke de samlede omkostninger. Omkostningsbesparelsen kommer ikke blot fra produkt i men fra samtlige andre produkter i systemet.

Case virksomheden

Vi betragter en virksomhed med et FMS-system, en Just-in-time filosofi og en TQM ledelsesfilosofi. Dette betyder kort fortalt, at man søger at producere flere varianter i samme produktionssystem for at udnytte fleksibiliteten (Foster & Horn-gren 1988), at man søger et kontinuerligt flow uden lagre og med så lave fejlprocenter på de forskellige varianter som muligt

(Horngren *et al.* 1999, p 733ff), og at man søger efter nulfejl produktion med tilstrækkeligt lave totale stykomkostninger, som kan tilfredsstille kunderne (Dale & Plunkett 1995). Et vigtigt performance-mål ved FMS-systemer er deres evne til at tilpasse kapacitet og produktmuligheder, jf. Banker *et al.* (1988) samt Nagarur (1992). Disse muligheder vil også påvirke omkostningerne.

Nedenfor i Tabel 1 er vist omkostnings-effekten for de 4 produkttyper pr. år beregnet på baggrund af de ovennævnte betragtninger. For udgangsdata, se Nielsen & Høg 1999.

Af Tabel 1 ses det, at såfremt virksomheden udelukkende fokuserer på de traditionelle deterministiske omkostninger, som p.t. registreres i ledelsesinformationssystemet, fås ingen information om, hvad de forskellige produkters afledte ressourceforbrug koster. Selvom disse omkostninger relativt set i eksemplet ikke udgør nogen væsentlig størrelse, vil de dog kunne være med til at bestemme om en ordre accepteres eller ej. Specielt bør det bemær-

kes, at selvom de omkostninger som registreres i ledelsesinformationssystemet for produkt C og D stort set er de samme, fås ganske andre resultater, når der tages hensyn til de afledte omkostninger. Dette skyldes, at der i modellen er anvendt realtidsbaserede og intensitetsmæssige cost drivers, som gør, at det ressourceforbrug, der relateres til leadtiden, er mere nøjagtigt i forhold til det faktiske forbrug, samtidig med at denne er stokastisk. Dette gør at modellen fanger ressourceforbruget op meget præcist⁵.

Beregnes den samlede standardafvigelse for de afledte interne fejlomkostninger fås (se Nielsen og Høg, 1999):

$$\sigma(C_A + C_B + C_C + C_D) = 3.449 \text{ kr.}$$

svarende til omkostningen ved den nuværende spredning i produktionssystemet med 4 produkttyper. De samlede produktionsomkostninger, som det fremstår i ledelsesinformationssystemet, beløber sig til ca. 3.5 mio. kr. De 3.449 kr er et mål fra produktionsprocessen og bør derfor ind-

Tabel 1. Totalstørrelser for de 4 typer af produkter.

	Produkt A	Produkt B	Produkt C	Produkt D
Leadtid pr. Ordre (w_i^l)	184,6	33,2	72,2	104,2
Standardafv. (Timer) ($\sigma(w_i^l)$)	37,6	6,8	3,6	21,3
Optimal Leveringstermin (t_i^o)	15,1	2,9	2,9	4,2
Direkte Omkostninger (C_i^p)	1.358.000	849.399	84.433	85.714
Samtlige V. KVO (C_i^k)	329.000	671.913	66.804	67.169
Registrerede omk. i LIS	1.687.000	1.521.312	151.237	152.883
Afled. Int. Fejlomk (C_i^f)	16.034	635	4.206	3.308
Afled. Omk. Kunder (C_i^o)	51.154	14.456	2.528	19.540
Afled. Omk. Leadtid (C_i^l)	101.243	30.997	2.455	18.972
Totalt Afledte Omk.	168.431	46.088	9.189	41.820
Totale forventede Omk.	1.855.431	1.567.400	160.426	194.703

Tabel 2. Ændring i omkostninger ved en reduktion på 1% i A, B, C og D's fejlprocenter

	Produkt A	Produkt B	Produkt C	Produkt D
Totale Registrerede omk. LIS	-19.063	-16.447	-1.543	-1.155
Afled.omk. Kunder (C_i^k)	-622	-123	-30	-243
Afled. Int. Fejlomk (C_i^f)	-413	-14	-81	-76
Afled.omk. Leadtid (C_i^l)	-2.069	-613	-26	-226
Totale forventede Omk. (C_i^{fo})	-22.167	-17.197	-1.680	-1.700

drages i beslutningsprocessen, ligesom dette på længere sigt bør søges minimeret. Årsagen til denne relativt store spredning skyldes dels, at specielt produkt A og C har relativt høje varianser på grund af forskellen i ankomst- og bearbejdningsintensiteten, dels at disse produkter har høje totale variable omkostninger.

Hvilken betydning, fejlprocenten har omkostningsmæssigt, er beregnet i Tabel 2 for de 4 produkter. Her er virksomhedens fejlprocenter reduceret med ét point for alle produkter.

I Tabel 2 ses bl.a., at fokuseres der udelukkende på informationer fra ledelsesinformationssystemet, fås den samlede besparelse ved at reducere fejlprocenten til ca. 38.208 med den største effekt for A. Ses derimod på de totale forventede omkostninger er den totale besparelse på ca. 42.744 kr. Dette skyldes det forhold, at når fejlprocenten reduceres, forøges bearbejdningsintensiteten, hvorved flere produkter kan komme igennem systemet.

Ændringerne ville sandsynligvis være væsentligt større, for større produktionsmængder og for flere produktvarianter. Det er samtidig vigtigt at påpege, at en reduktion i fejlprocenten eller i variansen på ét produkt kan skabe en tilsvarende mulighed for en forøgelse i kapaciteten for de andre produkter, idet de 4 produkter deles

om et samlet produktionssystem.

En vigtig faktor i ethvert integreret produktionssystem er at få et kontinuerligt flow, som på den ene side kan forbedre kapacitetsudnyttelsen, men på den anden side heller ikke begrænser fleksibiliteten i systemet, dvs. nødvendiggør en vis slæck i produktionsplanlægningen. Dette kan her gøres ved en bedre tilpasning af ankomst- og bearbejdningsintensiteten, dvs. større sammenfald mellem λ og μ . Dette kan på den anden side også medføre kø i systemet med deraf afledte forøgelser i alternativomkostningerne.

Resultatet viser også, at der ved udformningen af et givet kvalitetsforbedringsprogram ikke alene bør tages hensyn til fejlprocenterne, men at man også bør sætte fokus på de produkter, som har de højeste leadtider og den største varians på leadtiden. Det sidste gælder, selvom den forventede fejlprocent d_i på et givet produkt er relativ lav. Beslutninger som udelukkende hviler på LIS-omkostninger er derfor fejlbehæftet og undervurderer derfor ofte effekter. Dette kan i sidste ende vise sig ved at være en væsentlig årsag til, at virksomheden forkaster et givet kvalitetsprogram.

Som påpeget ovenfor er variation en vigtig information. For at få et indtryk af standardafvigelsen for de samlede interne

fejlkostningers effekt i det samlede produktionssystem, er nedenfor i Figur 1 simuleret forskellige værdier af ankomst- og bearbejdningsintensiteter for produkt A ud fra den valgte omkostningsmodel. De tilsvarende forløb for produkt B, C, og D adskiller sig ikke væsentligt i formen, idet det kun er et spørgsmål om hvor den samme kurve befinder sig i 3-D diagrammet. I Figur 1 er de fastholdte værdier af de øvrige parametre, herunder defektprocenten, angivet i Nielsen og Høg (1999), Tabel 1.

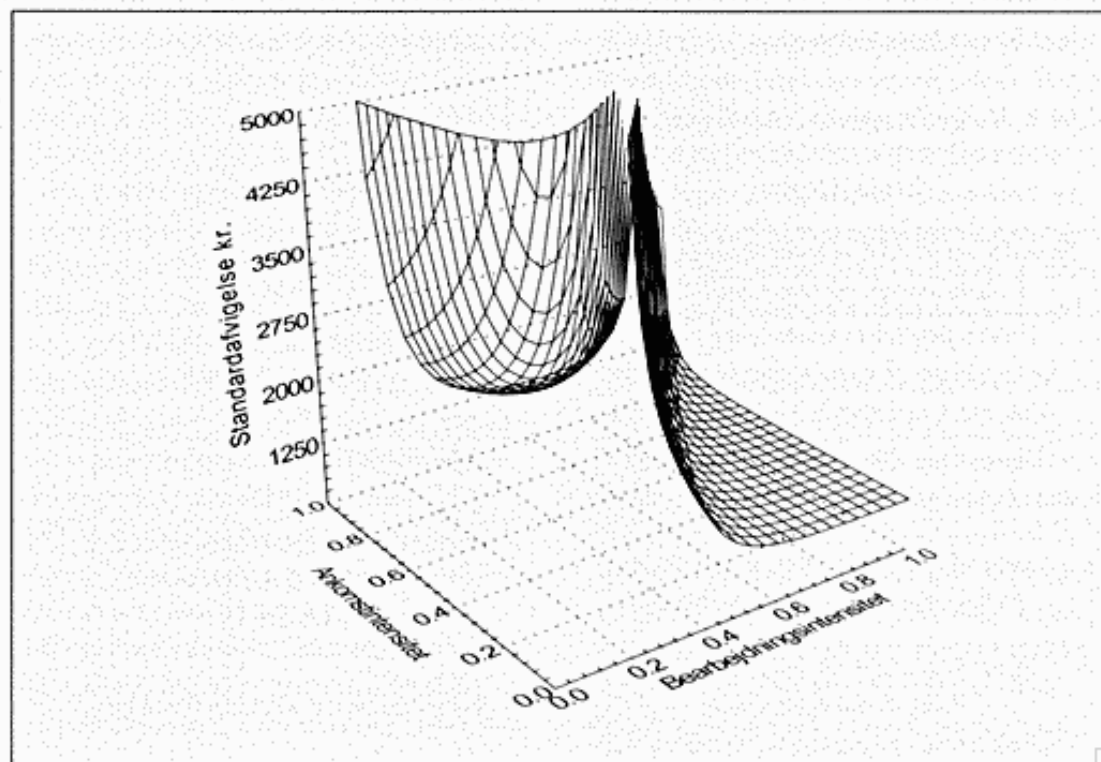
Som det kan bemærkes, eksploderer standardafvigelsen i diagonalen, når bearbejdnings- og ankomstintensiteten nærmer sig hinanden. Dette skyldes, at der i FMS-systemet vil opstå kø. Standardafvigelsen på leadtiden kan derfor siges at ha-

ve større informationsværdi end blot de forventede gennemsnitlige stykomsætninger, når der ses på et sammenhængende produktionssystem, hvor flere produkter og varianter produceres.

Løsningsmuligheder og afsluttende bemærkninger

Når omkostningsmodellen er udformet og konsekvenserne beregnet, bør næste skridt være, at virksomheden gør sig tanker om, hvordan evt. problemer kan løses eller måske helt elimineres. Nedenfor i Tabel 3 er med udgangspunkt i modellen kort angivet mulige løsningsstrategier, dvs. nogle af de moderne cost management værktøjer som kunne være en mulighed til løsning af ovennævnte problemer.

Figur 1. Det principielle forløb for standardafvigelsen via ankomst- og bearbejdningsintensitet.



Første mulighed kunne være blot at reducere alle de indirekte omkostninger som p.t. registreres i ledelsesinformationssystemet. Hertil kunne virksomheden anvende Activity Mapping (AM), som er et hjælpeværktøj til ABC i relation til at identificere flaskehalse, jf. også Salfatinos (1995). AM går ud på at kortlægge alle aktiviteter i produktionsområdet, horisontalt som vertikalt på procesniveauet. Dette gøres ved at opstille et flow-chart som viser følgende forhold: det vertikale syn mellem aktiviteter i en afdeling, det horisontale syn af aktiviteter mellem afdelinger, samt et cycle tidsperspektiv som viser tidsforbruget til hver aktivitet. Ved at AM grafisk viser interrelationerne af aktiviteter, fremstår evt. manglende koordination mellem virksomhedens indirekte omkostninger og de direkte produktionsaktiviteter, således at centerlederen får et mere komplet overblik af flowet i produktionen.

Næste mulighed kunne være at synkronisere designmuligheder med produktionsmuligheder, f.eks. ved at gå fra produktionsmuligheder tilbage til design-stadiet for at vurdere om de produkter man ønsker at designe, også er de produkter som bedst udnytter den tekniske side af den eksisterende produktionsmulighed. Dette kaldes også for Design For Manufacturability (DFM), jf. Cooper & Kaplan (1991, p. 396f). DFM fokuserer på at reducere variationen i produktionsprocessen og dermed på at reducere de stokastiske omkostninger som de fremstår i modellen ovenfor. Variansen ($\sigma^2(\omega_i')$) i modellen kunne tolkes som et mål for, hvor god virksomheden er til opfylde DFM. Løsningen er ofte, at man ikke anvender lavvolumen og unikke komponenter, idet disse ofte udløser mange indirekte omkostninger i virksomhedens hjælpe- og supportafdelinger og megen indirekte arbejde. En vide-

Tabel 3. Mulige strategier til eliminering af variation og forbedret rentabilitet.

Mulig Ønsker	Tilpasset Strategi/Værktøj
Reduktion af ABC-Omkostninger i LIS Fokus sættes på reg. Omk. C_i^{LIS}	Activity Mapping (AM)
Færre produktvarianter og større Anvendelse af standardkomponenter Fokus på standardafvigelsen $\sigma(\omega_i')$	Anvendelse for Design for Manufacturability (DFM)
Tilpasning af kundeønsker i design Fokus sættes på optimal leveringstermin t_i'	Quality Function Deployment (QFD)
Løbende forbedringer af processer Fokus sættes på leadtiderne ω_i'	Business Process Reengineering/ Continuous Improvement BPR/CI
Mere kapacitet og mere moderne Produktionsteknologi Fokus sættes på ny Omk. Struktur C_i^{TD}	Kvantitativ og Mutant tilpasning

re løsning i eksemplet kunne også være at integrere leverandørerne i virksomhedens designteam, også kaldet *Keiretsu* jf. Kaplan & Atkinson (1998, p. 226). Dette skulle sikre en større vægt på anvendelse af standardkomponenter hos virksomhedens mest tilknyttede, bedste og billigste leverandører.

En tredje måde at forbedre rentabiliteten på kunne være at undersøge kundernes krav og ønsker, for her igennem at afdekke hvad og hvilke egenskaber kunderne ønsker, også kaldet Quality Function Deployment (QFD). Filosofien går ud på i alle delplaner – fra produkt-, komponent-, proces-, og produktionsplanlægningen – at sætte fokus på kundekritiske forhold og egenskaber, hvorved fokus også sættes på evt. knappe ressourcer, jf. Flik *et al.* (1998). I eksemplet kunne dette gøres ved at sætte større fokus på begrebet optimal leveringstermin t_i^o , idet der i denne beregning indgår en afvejning mellem de kundeflede omkostninger c_i^f mod de leadtidsorienterede omkostninger c_i^l .

En fjerde overvejelse kunne være at anvende Business Process Reengineering (BPR) og Continuous Improvement (CI). BPR og CI ville være hensigtsmæssige som detailinstrumenter, ofte udformet som teams i virksomheden. Her ønsker man at sættes fokus på løbende forbedringer af processer med dertil hørende forbedring i leadtid, setuptid, reduktion i buffers og lageromkostninger. Dermed forbedres lønsomheden. I eksemplet kunne det være en mulighed at se på leadtidernes (w_i) størrelser, idet disse også indgår i beregningen af de interne afledte fejlomkostninger. I tilknytning hertil kunne Kaizen Costing også være en mulighed.

Her er det et spørgsmål om hvad produktionslederen eller operatørerne kan gøre, når produktionen er sat i gang for at forbedre og strømline produktionsflowet og dermed reducere de direkte produktionsomkostninger. I eksemplet kunne – ud over de forholdsvise lange setuptider og lange leadtider – fokus sættes på de relativt store defektprocenter.

Som det femte – en mere strategisk og langsigtet mulighed – kunne virksomheden overveje at anskaffe flere maskiner evt. opsplitning af en given proces i flere delprocesser med dertil hørende forventning og varians. Dette *per se* ville medføre et mere kontinuert flow og mindre risiko for kø. Set i lyset af konkurrencesituationen, kunne virksomheden også overveje at investere i ny og mere moderne produktionsteknologi, også kaldet en mutant tilpasning, jf. også Gutenberg (1983). Dvs. en total udskiftning af den eksisterende produktionsteknologi. Begge disse muligheder vil dog ofte være at betragte som det absolut sidste alternativ. Begge typer af tilpasning vil medføre et skift i virksomhedens omkostningsstruktur, som igen vil påvirke de totale stykomkostninger afhængig af den konkrete udnyttelse.

Med de moderne administrative økonomistyringssystemer som f.eks. SAP/R3, er det i dag muligt at simulere integrationen mellem produktion, produktionsplanlægning og økonomiside. Tilsvarende vil det også være muligt i et dynamisk perspektiv at følge virksomhedens forskellige præstationsnøgletal over tiden, f.eks. som tilfældet er ved et Balanced Scorecard (BSC). Et output-mål i BSC kunne derfor være variansen på de forskellige processer i pro-

duktionssystemet. Omkostningsbesparelser muligheden ville dermed fremtræde eksplicit.

Det afgørende for samtlige alternativer er, at virksomheden er i stand til at gen-

nemregne effekten af disse forbedringsmuligheder i sin helhed, dvs. på tværs af traditionelle funktioner. Derfor bør virksomhedens økonomistyringsfilosofi også være gearret til dette.

Summary

Normally, traditional financial management and internal accountancy register only what could be called directly measurable quality costs, as visible effects caused by quality problems are the only ones included in a firm's decisional process. A firm should consider how the various product variables and orders influence resources and quality costs, as a consequence of the still greater focus on quality and the importance of quality costs, particularly in relation to the firm's increased use of advanced

and flexible production equipment where many products are often produced jointly, influencing the sequence of priority. Therefore, a calculation model is considered to visualise the impact of defect percentages as to costs in connection with traditional production parameters such as utilisation of capacity, size of orders, technology, etc. As far as no elimination is possible, the size of these induced costs should also be included in the firm's long-term decision basis and object.

Noter

* Institut for Regnskab, Handelshøjskolen i Århus

** Institut for Informationsbehandling, Handelshøjskolen i Århus.

¹ Vi ønsker at takke professor Bent Præstgaard, Handelshøjskolen Århus, for konstruktive kommentarer. Ansvar for eventuelle fejl og mangler samt artiklens synspunkter er naturligvis alene forfatterens.

² I nyere økonomistyringsprogrammer som SAP/R3, Baan, PeopleSoft, Financial Oracle, etc. er kvalitetsomkostninger ikke defineret nærmere. Det er derfor op til brugerne at definere disse est. placere visse omkostningsarter som hørende til en af de fire typer af kvalitetsomkostninger.

³ Den totale leadtid kan opgøres som: proces tid + inspektions tid + flytte/transporttid + ventelagertid, jf. Cooper & Kaplan (1991, p. 203).

⁴ Anthony & Gorvairandajan (1998, pp. 637ff) opererer man for TQM med Responsibility for Quality, Product Design samt Relation with Suppliers.

⁵ Kaplan & Atkinson skelner mellem transaktions-, tidsmæssige-, og intensitetsmæssige cost drivers, hvor sidstnævnte er cost drivers som er baseret på faktiske størrelser. Til gengæld anses disse også for at være de dyreste at anvende, jf. Kaplan & Atkinson (1998, p. 108ff).

Litteratur

Anthony N. R. & V. Govindarajan: *Management Control Systems*, Irwin McGraw-Hill, USA, 1998.

Atkinson J.H. Jr., G. Hohner, B. Mundt, R. B. Troxel W. Winchell: *Current Trends in Cost of Quality: Linking the Cost of Quality and Continuous Improvement*, AAA Montvale USA, 1991.

Banker R. D., S. M. Datar, S. Kehre: Relevant Costs, Congestion and Stochasticity in Production Environments, *Journal of Accounting and Economics*, Vol. 10, pp 171-197, 1988.

Clark J.: *Costing for Quality at Celanese*, Management Accounting, March, pp 42-46, 1985.

Cooper R. & R. S. Kaplan: *The Design of Cost Management Systems. Text, Cases, and Readings*, Prentice-Hall International Editions, 1991.

Crosby P.B.: *Quality is Free*, McGraw Hill, 1979.

Dale B.G. & J.J. Plunkett: *Quality Costing*, Chapman & Hall, 1995.

Dahlgård J. J.: Om Konstruktion og Vurdering af

duktionssystemet. Omkostningsbesparelser muligheden ville dermed fremtræde eksplicit.

Det afgørende for samtlige alternativer er, at virksomheden er i stand til at gen-

nemregne effekten af disse forbedringsmuligheder i sin helhed, dvs. på tværs af traditionelle funktioner. Derfor bør virksomhedens økonomistyringsfilosofi også være gearret til dette.

Summary

Normally, traditional financial management and internal accountancy register only what could be called directly measurable quality costs, as visible effects caused by quality problems are the only ones included in a firm's decisional process. A firm should consider how the various product variables and orders influence resources and quality costs, as a consequence of the still greater focus on quality and the importance of quality costs, particularly in relation to the firm's increased use of advanced

and flexible production equipment where many products are often produced jointly, influencing the sequence of priority. Therefore, a calculation model is considered to visualise the impact of defect percentages as to costs in connection with traditional production parameters such as utilisation of capacity, size of orders, technology, etc. As far as no elimination is possible, the size of these induced costs should also be included in the firm's long-term decision basis and object.

Noter

* Institut for Regnskab, Handelshøjskolen i Århus

** Institut for Informationsbehandling, Handelshøjskolen i Århus.

¹ Vi ønsker at takke professor Bent Præstgaard, Handelshøjskolen Århus, for konstruktive kommentarer. Ansvar for eventuelle fejl og mangler samt artiklens synspunkter er naturligvis alene forfatterens.

² I nyere økonomistyringsprogrammer som SAP/R3, Baan, PeopleSoft, Financial Oracle, etc. er kvalitetsomkostninger ikke defineret nærmere. Det er derfor op til brugerne at definere disse est. placere visse omkostningsarter som hørende til en af de fire typer af kvalitetsomkostninger.

³ Den totale leadtid kan opgøres som: proces tid + inspektions tid + flytte/transporttid + ventelagertid, jf. Cooper & Kaplan (1991, p. 203).

⁴ Anthony & Govindarajan (1998, pp. 637ff) opererer man for TQM med Responsibility for Quality, Product Design samt Relation with Suppliers.

⁵ Kaplan & Atkinson skelner mellem transaktions-, tidsmæssige-, og intensitetsmæssige cost drivers, hvor sidstnævnte er cost drivers som er baseret på faktiske størrelser. Til gengæld anses disse også for at være de dyreste at anvende, jf. Kaplan & Atkinson (1998, p. 108ff).

Litteratur

Anthony N. R. & V. Govindarajan: *Management Control Systems*, Irwin McGraw-Hill, USA, 1998.

Atkinson J.H. Jr., G. Hohner, B. Mundt, R. B. Troxel W. Winchell: *Current Trends in Cost of Quality: Linking the Cost of Quality and Continuous Improvement*, AAA Montvale USA, 1991.

Banker R. D., S. M. Datar, S. Kehre: Relevant Costs, Congestion and Stochasticity in Production Environments, *Journal of Accounting and Economics*, Vol. 10, pp 171-197, 1988.

Clark J.: *Costing for Quality at Celanese*. Management Accounting, March, pp 42-46, 1985.

Cooper R. & R. S. Kaplan: *The Design of Cost Management Systems. Text, Cases, and Readings*. Prentice-Hall International Editions, 1991.

Crosby P.B.: *Quality is Free*, McGraw Hill, 1979.

Dale B.G. & J.J. Plunkett: *Quality Costing*, Chapman & Hall, 1995.

Dahlgard J. J.: Om Konstruktion og Vurdering af

- Kvalitetsstyringssystemer. *Ledelse & Erhvervsøkonomi*, Nr. 4, pp 169-175, 1989).
- Dahlgard J.J. & K. Kristensen: TQM Total Kvalitetsledelse. I: *Ledelse nu - 10 Danske Professorers bud på Aktuel Ledelse*, red. S. Hildebrandt & E. Johnsen, Børsens Forlag, 1994.
- Deming W. E.: *Out of the Crisis, Quality, Productivity and Competitive Position*, Cambridge University Press, 1991.
- Fargher N. D. M. & W. J. Morse: Quality Costs: Planning the Trade-off Between Prevention and Appraisal Activities. *Journal of Cost Management*, January/February, pp 14-22, 1998.
- Flik M., C. H. H. Kampf, D. Staengel: Neugestaltung des Entwicklungsprozesses bei einem Automobilzulieferer: Prozeborientierte Reorganisation. *Quality Function Deployment und Target Costing*, zfbf No. 3, pp 289-304, 1998.
- Foster G. & C. T. Horngren: Flexible Manufacturing Systems: Cost Management and Cost Accounting Implications. *Journal of Cost Management*, Fall, pp 16-24, 1988.
- Friss I.: Kvalitet og Kvalitetsomkostninger: Definitioner, Registreringsmuligheder og Organisering. *Økonomistyring & Informatik*, Nr. 4, pp 211-240, 1996/97.
- Gross D. & C.H. Harris: *Fundamentals of Queuing Theory*, John Wiley and Sons, New York, 1998.
- Gutenberg E.: *Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre*, Erster Band. Aufl., Berlin, Heidelberg, New York, 1983.
- Holbrock W. G.: Experiences in a JIT Environment. I: *Cost Accounting Robotics, and the New Manufacturing Environment*, American Accounting Associations & NAA, 1988.
- Horngren C.T., A. Bhimani, G. Foster, S.M. Datar.: *Management and Cost Accounting*, Prentice-Hall Europe, 1999.
- Jaikumar R.: Postindustrial Manufacturing. *Harvard Business Review*, Nov-Dec, pp. 69-76, 1986.
- Juran J.M., F.M. Gryna: *Quality Planning and Analysis: From Product Development through Use*, McGraw-Hill, Inc, 1993.
- Kandaouroff A.: *Qualitätskosten. Eine Theoretisch-Empirische Analyse*. ZfB Vol. 64, Heft 6, pp 765-786, 1994.
- Kaplan R.S. & A. A. Atkinson: *Advanced Management Accounting*, Prentice-Hall, 1998.
- Kaplan R. S.: In Defense of Activity-Based Cost Management. *Management Accounting, USA*, November, pp 58-63, 1992.
- Krishnamoorthi K. S.: Predict Quality Cost Changes Using Regression. *Quality Progress*, Vol 22, December, pp 52-55, 1989.
- Kristensen K. & C. Møller: *Regnskab for Fremtiden*, INSP1 Nr. 11, pp 19-23, 1997.
- Miller J. G. & T. E. Vollmann: The Hidden Factory. *Harvard Business Review*, Sep-Oct, pp 142-150, 1985.
- Nagarur N.: Some Performance Measures of Flexible Manufacturing Systems. *International Journal of Production Research*, Vol. 30, No. 4, pp 799-809, 1992.
- Nandakumar P., S. M. Datar, R. Akella: Models for Measuring and Accounting for Cost of Conformance Quality. *Management Science*, Vol 39, No. 1, pp 1-16, 1993.
- Nelson B. L.: *Stochastic Modeling: Analysis & Simulation*, McGraw-Hill Int. Ed., 1995.
- Nielsen S.: Omkostningskalkulation for Avancerede Produktionsomgivelser – En Sammenligning af Stokastiske og Deterministiske Omkostningskalkulationsmodeller. *EFI, Økonomiske Forskningsinstitutet ved Handelshøjskolen i Stockholm*, 1996.
- Nielsen S. & E. Høg: En Ressourcefordelingsmodel i Kalkulationsmæssig Belysning. *Ledelse & Erhvervsøkonomi*, Nr. 2, pp 103-115, 1994.
- Nielsen S. & E. Høg: Afledte Kvalitetsomkostninger: Et Modelperspektiv med Empirisk Udgangspunkt. *Working Paper*, Institut for Regnskab, Handelshøjskolen Århus, 1999.
- Ostrenga M. R.: Return on Investment Through the Cost of Quality. *Journal of Cost Management*, Summer, pp 37-44, 1991.

Ponemon L. A.: Accounting For Quality Costs, *Journal of Cost Management*, Fall, pp 44-48, 1990.

Roth H. & W. J. Morse: Let's Help Measure and Report Quality Costs. *Management Accounting*, August, pp 50-53, 1983.

Salafatinos C.: Integrating The Theory of Constraints and Activity-Based Costing, *Journal of Cost Management*, Fall, pp 58-67, 1995.

Simon H. A.: *The New Science of Management Decision*. Harper and Row. New York, 1960.

Son Y. K. & C.S. Park: Quantifying Opportunity

Costs Associated with Adding Manufacturing Flexibility, *International Journal of Production Research*, Vol 28, pp 1183-1194, 1990

Son Young K. : A Framework for Modern Manufacturing Economics, *International Journal of Production Research*, Vol. 29, No. 12, pp 2483-2499, 1991.

Son Young K, & Lie-Fern Hsu.: A Method of Measuring Quality Costs. *International Journal of Production Research*, Vol. 29, No. 9, pp 1785-1794, 1991.

Taguchi G. & D. Clausing: Robust Quality. *Harvard Business Review*, January-February, pp 65-75, 1990.