Fastlæggelse af serviceniveauer for lagerførte komponenter.

Af MOGENS LINDHARD*)

Efterfølgende sammenligninger mellem forskellige metoder til fastlæggelse af serviceniveauer for lagerførte komponenter tager sit udgangspunkt i en til formålet valgt lagerplanlægningsmodel. Der er dog intet til hinder for, at lignende betragtninger kan gennemføres både ved simplere og ved mere komplicerede modeller.

1. Den anvendte lagermodel.

Vi betragter en statisk lagermodel,

hvor efterspørgslen af en bestemt vare nr. i er stokastisk med frekvensfunktionen $\varphi(R)$ og sumfunktionen $\Phi(R)$,
hvor lageromkostningerne pr. vareenhed pr. planlægningsperiode er C_1 kroner,
hvor mangelomkostningerne pr. vareenhed pr. planlægningsperiode er C_2 kroner og
hvor opstillingsomkostningerne er uden betydning, således at bestillinger om nødvendigt kan afgives hver gang lagerkartoteket à jourføres.

Vi forudsætter, at lagerbevægelserne for vare nr. i foregår på den måde, at man i begyndelsen af hver planlægningsperiode supplerer lagerbeholdningerne op til en maksimumsbeholdning Q_i, og at periodeudtrækkene (R) følger umiddelbart efter. (Sml. hosstående skitse). En sådan lagerbevægelse vil f. eks. forekomme, hvor ind- og udgange på lageret kun registreres i lagerbogholderiet på særlige kontroltidspunkter med tidsafstanden t. For

*) Civilingeniør og civiløkonom.

Fastlæggelse af serviceniveauer for lagerførte komponenter.

Af Mogens Lindhard*)

Efterfølgende sammenligninger mellem forskellige metoder til fastlæggelse af serviceniveauer for lagerførte komponenter tager sit udgangspunkt i en til formålet valgt lagerplanlægningsmodel. Der er dog intet til hinder for, at lignende betragtninger kan gennemføres både ved simplere og ved mere komplicerede modeller.

1. Den anvendte lagermodel.

Vi betragter en statisk lagermodel,

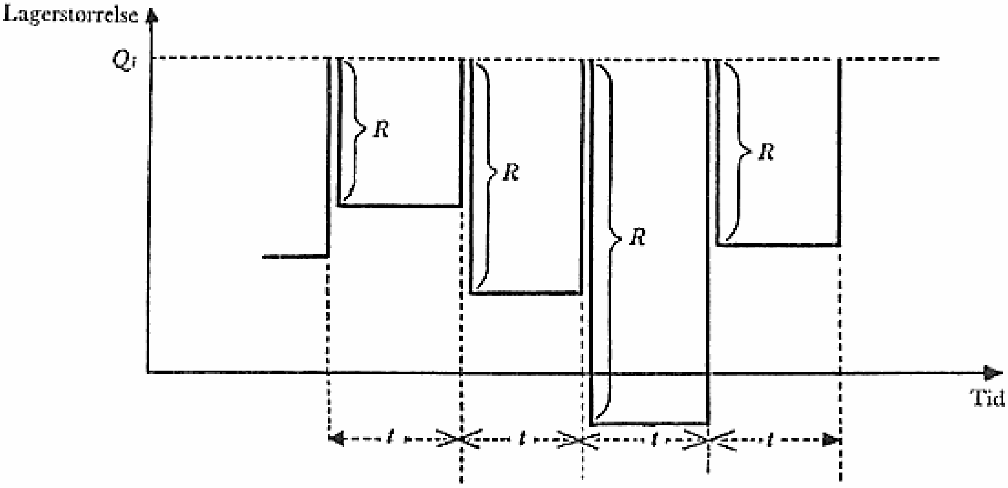
hvor efterspørgslen af en bestemt vare nr. i er stokastisk med frekvensfunktionen $\varphi(R)$ og sumfunktionen $\Phi(R)$,
hvor lageromkostningerne pr. vareenhed pr. planlægningsperiode er C_1 kroner,
hvor mangelomkostningerne pr. vareenhed pr. planlægningsperiode er C_2 kroner og
hvor opstillingsomkostningerne er uden betydning, således at bestillinger om nødvendigt kan afgives hver gang lagerkartoteket à jourføres.

Vi forudsætter, at lagerbevægelserne for vare nr. i foregår på den måde, at man i begyndelsen af hver planlægningsperiode supplerer lagerbeholdningerne op til en maksimumsbeholdning Q_i, og at periodeudtrækkene (R) følger umiddelbart efter. (Sml. hosstående skitse). En sådan lagerbevægelse vil f. eks. forekomme, hvor ind- og udgange på lageret kun registreres i lagerbogholderiet på særlige kontroltidspunkter med tidsafstanden t. For

*) Civilingeniør og civiløkonom.

den betragtede model vil de totale lager- og mangelomkostninger i løbet af en planlægningsperiode kunne udtrykkes som summen af lageromkostninger og mangelomkostninger:

$$E(C) = C_1 \int_0^{Q_i} (Q_i \div R)\, \varphi(R)\, dR + C_2 \int_{Q_i}^{\infty} (R \div Q_i)\, \varphi(R)\, dR$$



Den økonomisk optimale størrelse af Q_i kan bestemmes ved hjælp af udtrykket

$$\int_0^{Q_i} \varphi(R) = \Phi(Q_i) = \frac{C_2}{C_1 + C_2} \qquad (1)$$

For den skitserede model er $\int_0^{Q_i} \varphi(R)\, dR$ sandsynligheden for at forbruget i en planlægningsperiode er mindre end Q_i.

$\Phi(Q_i)$ svarer altså til den brøkdel af planlægningsperioderne, hvor forbruget kan opfanges 100 %. Kalder vi denne brøkdel for serviceniveauet (β), er serviceniveauet under optimale lagerforhold lig med forholdet mellem C_2 og $C_1 + C_2$.

Ønsker vi derfor et serviceniveau på 0,95 for den pågældende vare (og der kan her såvel være tale om en færdigvare som en komponent), kan dette opnås ved at regne med mangelomkostninger, der er 19 gange så store som lageromkostningerne.

2. *Komponenternes betydning for leveringsevnen for færdigvaren.*

I ovenstående betragtninger har vi udelukkende beskæftiget os med lagerproblemerne for en enkeltvare.

Vi forestiller os nu, at denne enkeltvare er en færdigvare, som består af n komponenter, der er specielle for den pågældende vare. Vi forestiller os endvidere, at montagetiden er 0 og montageomkostningerne uden betydning, således at vi kan nøjes med at lagerføre de n komponenter hver for sig.

Sålænge lagerbevægelserne for disse n komponenter er fuldt korrelerede, d. v. s. sålænge samtlige komponenter fremskaffes og forbruges samtidigt og i samme ordrestørrelser som gjaldt for færdigvaren, vil serviceniveauerne såvel for de enkelte komponenter som for færdigvaren være bestemt ved

$$\beta = \frac{C_2}{C_1 + C_2} \text{ eller } \beta = 1 \div \frac{C_1}{C_1 + C_2}$$

idet C_1 nu er lageromkostninger for et helt sæt komponenter, og C_2 er mangelomkostninger, hvis et helt sæt komponenter ikke kan leveres.

Da det rent praktisk i mange tilfælde ikke vil være muligt at få samtlige lagerbevægelser til at foregå ensartet (lagrene vil komme ud af takt bl. a. på grund af brok, reservedelssalg og forskelle i forbrug og i de økonomiske ordrestørrelser), vil det oprindelige serviceniveau for færdigvaren ikke kunne opretholdes, med mindre der sker en forøgelse af lagerstørrelserne. Forøgelsen vil afhænge af, hvorledes serviceniveauerne for de enkelte komponenter fastlægges.

Det må her huskes, at serviceniveauet (henholdsvis leveringssandsynligheden for en færdigvare, der baseres på tilstedeværelsen af n ikke-korrelerede komponenter – under hensyn til de almindelige principper for pålidelighed – vil kunne beregnes som et produkt af de enkelte komponenters servicegrad (henholdsvis leveringssandsynlighed), altså:

$$\beta_f = \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3 \; . \; . \; . \; . \; \beta_n$$

I det følgende skal størrelsen af lagerforøgelserne ved forskellige metoder til fastlæggelse af de enkelte komponenters servicegrad gennemgås.

2.1. Nødvendige lagerforøgelser ved ensartet β. (I det følgende kaldet serviceniveaumetoden ud fra den betragtning, at man anvender ensartet serviceniveau for samtlige komponenter uden videreførelse af den mangelomkostningsberegningsmetode, der anvendtes ved fastlæggelsen af serviceniveauet for færdigvaren).

Giver man samtlige n komponenter en ensartet lagerservicegrad β, vil den forøgelse af lagerbeholdningerne, der vil være nødvendig, for at færdigvarens serviceniveau β_f kan opretholdes, kunne beregnes på grundlag af udtrykkene

$$\beta = \sqrt[n]{\beta_f}$$
$$\beta = \Phi(Q)$$

Den relative lagerforøgelse kan herefter beregnes som

$$\frac{\Sigma\, Q_i\, P_i}{Q_f\, P_f}$$

hvor P_i er lagerprisen for komponent nr. i og
P_f er lagerprisen for færdigvaren.

2.2. *Nødvendige lagerforøgelser, hvor de relativt billige komponenter tildeles et højt serviceniveau, og relativt dyre komponenter tildeles et lavere serviceniveau.* (I det følgende kaldet Mangelomkostningsmetoden ud fra den betragtning, at serviceniveauerne for samtlige komponenter fastlægges ud fra den samme mangelomkostnings-beregningsmetode, der anvendtes ved fastlæggelsen af serviceniveauet for færdigvaren).

Kalder vi lageromkostningerne pr. planlægningsperiode for de enkelte komponenter under optimale betingelser for

$$c_1', c_1'', c_1''', \ldots\ldots c_1^{(n)}$$

og de tilsvarende mangelomkostninger for

$c_2', c_2'', c_2''', \ldots\ldots c_2^{(n)}$ har man ifølge ligning (1):

$$\beta_1 = 1 \div \frac{c_1'}{c_1' + c_2'}$$

$$\beta_2 = 1 \div \frac{c_1''}{c_1'' + c_2''} \text{ o. s. v.}$$

Da $\beta_f = \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3 \ldots\ldots \beta_n$

har man herefter

$$\beta_f = \left(1 \div \frac{c_1'}{c_1' + c_2'}\right) \left(1 \div \frac{c_1''}{c_1'' + c_2''}\right) \ldots\ldots \left(1 \div \frac{c_1^{(n)}}{c_1^{(n)} + c_2^{(n)}}\right) \qquad (2)$$

Sætter vi

$$c_2' + c_2'' + \ldots\ldots c_2^{n} = n a_2 \text{ *)}$$

får vi

$$\beta_f = \Phi(Q_f) = \frac{a_2}{C_1' + a_2} \cdot \frac{a_2}{C_1 + a_2} \cdot \frac{a_2}{C_1''' + a_2} \cdots \quad \frac{a_2}{C_1^{n} + a_2}$$

*) Som omtalt i appendix a fører denne fremgangsmåde (selv om den ikke er økonomisk optimal) til et resultat, der ligger meget nær det optimale.

Heraf fås, når der ses bort fra alle led af højere end 2. grad,

$$a_2 = \frac{-\Sigma C_1^i \pm \sqrt{(\Sigma C_1^i)^2 - 2\left(1 - \frac{1}{\Phi(Q_f)}\right)\left[(\Sigma C_1^i)^2 - \Sigma(C_1^i)^2\right]}}{2\left(1 - \frac{1}{\Phi(Q_f)}\right)} \qquad (3)$$

Dette udtryk bruges til fastlæggelse af den værdi af a_2, der svarer til et bestemt serviceniveau β_f.

Herefter kan den relative lagerforøgelse beregnes på samme måde som ovenfor.

3. *Eksempel.*

Vi tænker os et eksempel, hvor en færdigvare består af 20 komponenter, hvor lageromkostningerne pr. færdigvare $C_1 = 1000$ kr./leveringsperiode, og hvor mangelomkostningerne pr. færdigvare $C_2 = 19.000$ kr./leveringsperiode.

Ifølge ligning (1) bliver serviceniveauet for færdigvaren

$$\beta_f = \frac{19.000}{1000 - 19.000} = 0.95$$

Vi ønsker at beregne, hvor stor en relativ forskel i lagerinvesteringerne, der vil blive tale om, dersom vi på basis af lagerførte komponenter skal opretholde samme servicegrad for færdigvaren ved de to beskrevne planlægningsmetoder.

3.1. *Mangelomkostningsmetoden.*

Vi forestiller os, at vi kender fordelingen af lageromkostningerne pr. komponent pr. leveringsperiode for de 20 komponenter, der indgår i færligvaren

	Lageromkostninger i kr. pr. periode. pr. komponent	ialt
14 komponenter	20	280
3 –	40	120
3 –	200	600
Ialt		1000

På basis af ligning (3) bestemmes a_2, og vi kan herefter ved hjælp af ligning (2) fastlægge serviceniveauerne for de enkelte komponenter, ligesom vi kan kontrollere, at produktet af komponenternes serviceniveauer bliver 0,95.

$$\beta_l = (1 \div \frac{20}{20420})^{14} (1 \div \frac{40}{20440})^{3} (1 \div \frac{200}{20600})^{3}$$

$$\beta_l = 0{,}9990_2^{14} \cdot 0{,}9980_4^{3} \cdot 0{,}9903^{3} = 0{,}95$$

På grundlag af sumfunktionskurven får man herefter de til β-værdierne svarende sikkerhedsfaktorer:

$$Q_1 = 3{,}100$$
$$Q_2 = 2{,}885$$
$$Q_3 = 2{,}340$$

Idet vi herefter antager, at det gennemsnitlige antal komponenter, der ligger på lager, er proportionalt med den tilsvarende sikkerhedsfaktor (dette vil være tilfældet, hvis man som i det foreliggende tilfælde til stadighed supplerer op til bestillingspunktet), og at komponenternes værdi er proportional med de tilsvarende lageromkostninger pr. leveringsperiode, kan vi beregne os til følgende relative udtryk for lageromkostningerne (LO):

$$LO = 3{,}100 \cdot 280 + 2{,}885 \cdot 120 + 2{,}340 \cdot 600 = 2616.$$

3.2. *Serviceniveaumetoden.*

Ønskede vi i stedet for den beskrevne metode at anvende en serviceniveaumetode, hvor de 20 komponenter hver især havde en servicegrad på

$$\beta = \sqrt[20]{0{,}95} = 0{,}9974$$

måtte de ovenfor angivne relative lagerstørrelser ændres på følgende måde:

Lagerværdi ved mangelomkostningsmetode	Ændring i β		Ændring i Q		Lagerværdi ved serviceniveaumetode
	fra	til	fra	til	
870	0,9990	0,9974	3,10	2,80	780
346	0,9980	0,9974	2,88	2,80	340
1400	0,9903	0,9974	2,34	2,80	1680
Ialt 2616					2800

Som det vil ses, kræver servicemetoden et lager, der er 8 % større end mangelomkostningsmetoden. Der må dog samtidig mindes om, at det i det betragtede eksempel er forudsat, at samtlige 20 komponenter er specielle for den pågældende færdigvare. I praksis vil man imidlertid hyppigt komme ud for, at et stort antal komponenter er fælles for en hel produktrække.

Den omtalte mangelomkostningsmetode vil i sådanne tilfælde – bl. a. fordi der ret billigt kan opnås meget høje servicegrader for de tværgående komponenter – føre til lagerbeholdninger, der efter erfaringer fra praksis er 20–50 % lavere end ved servicemetoden.

3.3. Fuldt korrelerede bevægelser.

Dersom lagerbevægelserne for samtlige komponenter var fuldt korrelerede, ville man kunne nøjes med et serviceniveau for samtlige komponenter på 0,95.

Dette ville svare til en samlet lagerbeholdning på $1000 \cdot 1{,}64 = 1.640$, altså en lagerbeholdning, der er langt mindre end ved de to beskrevne metoder, hvor lagerbevægelserne foregik uafhængigt af hinanden.

Der må dog her huskes, at det i praksis normalt vil være i begrænset omfang, at komponenterne i en bestemt færdigvare er specielle for denne færdigvare og har nogenlunde samme økonomiske ordrestørrelse. Selv med denne begrænsning er det dog af væsentlig betydning for lagerøkonomien, at man har opmærksomheden henvendt på fordele, der kan opnås ved korrelerede lagerbevægelser. Der kan her blive tale om en særlig art »familiefremstilling«.

3.4. Konklusion.

Som det fremgår af det skitserede eksempel, vil man for en typisk færdigvare, der monteres op på basis af 20 lagerførte komponenter, kunne opretholde en bestemt leveringsevne ved hjælp af et lager, der under anvendelsen af mangelomkostningsmetoden er væsentlig lavere, end det ville være ved anvendelsen af en serviceniveaumetode, hvor man tildeler samtlige komponenter samme servicegrad.

På basis af de observerede resultater kunne man måske fristes til at tro, at man uden større vanskeligheder kunne forbedre den anvendte serviceniveaumetode ved rent skønsmæssigt at hæve serviceniveauet for særlig billige lagervarer og tilsvarende sænke niveauet for særlig dyre varer (omtrent på samme måde som det gøres ved mangelomkostningsmetoden).

Der skal derfor gøres opmærksom på visse vanskeligheder ved en sådan skønsmæssig ændring af serviceniveauerne. Hvorledes skal man f. eks. afgøre, om en billig vare skal have et serviceniveau på 0,99 eller på 0,9999?

Kan man rent skønsmæssigt afgøre, om den lagerforøgelse for den billige vare, der kan blive aktuel, kan retfærdiggøres ved en tilsvarende større lagerreduktion for de dyrere varer?

Appendix.

Ønsker vi at fordele den til rådighed stående lagerkapital (K) på en sådan måde, at vi opnår en maksimal reliability ved montagen af færdigvaren, skal følgende betingelser være opfyldt:

$$K = \sum_{x=1}^{n} k_x \quad \text{skal være konstant} \tag{1}$$

hvor k_x er den i lageret af komponent x bundne lagerkapital

$$\beta_f = \prod_{x=1}^{n} \beta_x \quad \text{skal være max.} \tag{2}$$

Bestemmelsen af lagerservicegraden for de enkelte komponenter svarer principielt til bestemmelsen af den maksimale pålidelighed, der med en given kapital kan nås i et system med n serieforbundne trin hver omfattende en eller flere parallelforbundne upålidelige komponenter af en bestemt type. En anvendelig løsning kan derfor opnås gennem en videreudvikling af den af M. J. Di Toro i ITE' Transactions 1956, Vol. 8 angivne metode.

Af (2) ses, at

$$\log \beta_f = \sum_{x=1}^{n} \log \beta_x$$

$$d (\log \beta) = \sum_{x=1}^{n} \frac{d (\log \beta_x)}{dk_x} dk_x = 0 \tag{3}$$

Af (1) følger endvidere

$$dk = \sum_{x=1}^{n} dk_x = 0 \tag{4}$$

Da $d (\log \beta) = \dfrac{d\beta}{\beta}$ har man

$$\frac{d (\log \beta_x)}{dk_x} = \frac{1}{\beta_x} \frac{d\beta_x}{dk_x}$$

Der skal derfor gøres opmærksom på visse vanskeligheder ved en sådan skønsmæssig ændring af serviceniveauerne. Hvorledes skal man f. eks. afgøre, om en billig vare skal have et serviceniveau på 0,99 eller på 0,9999?

Kan man rent skønsmæssigt afgøre, om den lagerforøgelse for den billige vare, der kan blive aktuel, kan retfærdiggøres ved en tilsvarende større lagerreduktion for de dyrere varer?

Appendix.

Ønsker vi at fordele den til rådighed stående lagerkapital (K) på en sådan måde, at vi opnår en maksimal reliability ved montagen af færdigvaren, skal følgende betingelser være opfyldt:

$$K = \sum_{x=1}^{n} k_x \quad \text{skal være konstant} \tag{1}$$

hvor k_x er den i lageret af komponent x bundne lagerkapital

$$\beta_f = \prod_{x=1}^{n} \beta_x \quad \text{skal være max.} \tag{2}$$

Bestemmelsen af lagerservicegraden for de enkelte komponenter svarer principielt til bestemmelsen af den maksimale pålidelighed, der med en given kapital kan nås i et system med n serieforbundne trin hver omfattende en eller flere parallelforbundne upålidelige komponenter af en bestemt type. En anvendelig løsning kan derfor opnås gennem en videreudvikling af den af M. J. Di Toro i ITE' Transactions 1956, Vol. 8 angivne metode.

Af (2) ses, at

$$\log \beta_f = \sum_{x=1}^{n} \log \beta_x$$

$$d\,(\log \beta) = \sum_{x=1}^{n} \frac{d\,(\log \beta_x)}{dk_x}\, dk_x = 0 \tag{3}$$

Af (1) følger endvidere

$$dk = \sum_{x=1}^{n} dk_x = 0 \tag{4}$$

Da $d\,(\log \beta) = \dfrac{d\beta}{\beta}$ har man

$$\frac{d\,(\log \beta_x)}{dk_x} = \frac{1}{\beta_x}\,\frac{d\beta_x}{dk_x}$$

Af (3) og (4) følger ud fra La Granges metode

$$\frac{d\,(\log\ \beta_x)}{dk_x} = \text{konstant}$$

Den maksimale reliability nås altså, når $\frac{1}{\beta_x}\,\frac{d\beta_x}{dk_x} = \text{konstant}$

for $x = 1,2\ldots n$ (5)

Ved det foreliggende lagerproblem kan $\frac{d\beta_x}{dk_x}$ bestemmes på følgende måde:

$$\frac{d\beta_x}{dk_x} = \frac{d\beta_x}{dQ_x}\cdot\frac{dQ_x}{dk_x} = \frac{d\Phi(Q_x)}{dQ_x}\cdot\frac{dQ_x}{dk_x} = \varphi(Q_x)\cdot\frac{dQ_x}{dk_x}$$

Yderligere er sammenhængen mellem Q_x og k_x givet ved

$$\beta_x = \Phi(Q_x) = \frac{C_2^x}{C_1^x - C_2^x} \text{ og } C_1^x\,(Q_x \div \mu) = k_x$$

Med $\mu = 0$ får vi

$$\Phi(Q_x)\,(k_x - Q_x\,C_2^x) = Q_x\,C_2^x \text{ eller}$$

$$k_x = \frac{C_2^x\,(Q_x \div Q_x\,\Phi\,(Q_x))}{\Phi\,(Q_x)}$$

Da C_2^x og Q_x er funktionsmæssigt forbundne, har vi et udtryk af formen

$$y = f\,(u, v) \text{ hvor}$$

$$\frac{dy}{dx} = \frac{\partial y}{\partial u}\,\frac{du}{dx} + \frac{\partial y}{\partial v}\,\frac{dv}{dx}$$

Huskes det endvidere, at

$$\frac{dz}{dx} = \frac{v\dfrac{du}{dk} \div u\dfrac{dv}{dx}}{v^2}$$

når $z = \frac{u}{v}$ og at

$$\frac{dz}{dx} = u\frac{dv}{dx} + v\frac{du}{dx} \text{ når } z = u\cdot v$$

får vi

$$\frac{dk_x}{dQ_x} = \frac{Q_x \div Q_x\,\Phi\,(Q_x)}{\Phi\,(Q_x)}\cdot\frac{dC_2}{dQ_x} + C_2^x\,\frac{\Phi\,(Q_x) \div \Phi\,(Q_x)^2 \div Q_x\,\varphi\,(Q_x)}{\Phi\,(Q_x)^2}$$

Da

$$\frac{1}{\Phi(Q_x)} \varphi(Q_x) \frac{dQ_x}{dk_x} = K \quad \text{kan skrives}$$

$$\frac{\Phi(Q_x)}{\varphi(Q_x)} \frac{dk_x}{dQ_x} = K_1 \quad \text{får vi ved indsættelse}$$

$$\frac{Q_x(1 \div \Phi(Q_x))}{\varphi(Q_x)} \frac{dC_2}{dQ_x} + C_2^x \frac{\Phi(Q_x)(1 \div \Phi(Q_x)) \div Q_x \varphi(Q_x)}{\varphi(Q_x) \cdot \Phi(Q_x)} = K_1$$

Vi har her et udtryk for sammenhængen mellem Q_x, C_2^x og konstanten K_1.

Vi har yderligere følgende sammenhæng mellem Q_x og C_2^x

$$\Phi(Q_x) = \frac{C_2^x}{C_1^x + C_2^x}$$

eller

$$\Phi(Q_x)\, C_1^x = C_2^x (1 \div \Phi(Q_x))$$

$$C_2^x = \frac{\Phi(Q_x)\, C_1^x}{1 \div \Phi(Q_x)}$$

Her er C_{1x} uafhængig af C_2^x, og vi får

$$\frac{dC_2^x}{dQ} = \frac{(1 \div \Phi(Q_x))\, C_{1x} \cdot \varphi(Q_x) + \Phi(Q_x)\, C_{1x}\, \varphi(Q_x)}{(1 \div \Phi(Q_x))^2}$$

eller

$$\frac{dC_2^x}{dQ} = \frac{C_1^x\, \varphi(Q_x)}{(1 \div \Phi(Q_x))^2}$$

Herefter har vi ved indsættelse

$$\frac{Q_x(1 \div \Phi(Q_x))\, C_{1x}\, \varphi(Q_x)}{\varphi(Q_x)(1 \div (Q_x))^2} + \frac{\Phi(Q_x)\, C_{1x}}{1 \div \Phi(Q_x)} \cdot \left| \frac{\Phi(Q_x)(1 \div \Phi(Q_x)) \div Q_x\, \varphi\, Q_x}{\varphi(Q_x)\, \Phi(Q_x)} \right| = K$$

eller

$$C_{1x} \frac{\Phi(Q_x)}{\varphi(Q_x)} = K_1 \qquad (7)$$

Af (7) og (2) kan Q bestemmes for de enkelte komponenter, når C_{1x} værdierne er kendt.

Går vi ud fra det foran anførte talcksempel, får vi følgende Q-værdier for $K_1 = 5.700$

$$
\begin{array}{lll}
C_1' = 20 & Q' = 3{,}14 & \beta_1 = 0{,}9992 \\
C_1'' = 40 & Q'' = 2{,}91 & \beta_2 = 0{,}9982 \\
C_1''' = 200 & Q''' = 2{,}30 & \beta_3 = 0{,}9893
\end{array}
$$

Herefter kan den samlede servicegrad bestemmes som

$$\beta_t = 0{,}992^{11} \quad 0{,}9982^{3} \quad 0{,}9893^{3} = 0{,}95$$

Lagerstørrelsen bliver $3{,}14 \cdot 280 + 2{,}91 \cdot 120 + 2{,}30 \cdot 600 = 2605$ kr.

Den økonomisk optimale løsning ligger altså kun 11 kr. ($= 2616 - 2605$) under den ved hjælp af mangelomkostningsmetoden fundne løsning.