

# Ventetid på behandling skal beregnes korrekt

Jørgen Ejler Pedersen

## STATUSARTIKEL

Lean-staben, OUH – Odense Universitetsshospital og Svendborg Sygehus

Ethvert system er perfekt designet til at give de resultater, som det giver [1], og det danske behandlingssystem giver ventetid [2].

Skal ventetiden være kortere, skal noget i systemet ændres. Men inden man gør det, skal man forstå systemet, fordi enhver ændring kan resultere i længere ventetid, hvis ikke den finder sted på et oplyst grundlag.

Formålet med denne artikel er derfor at belyse »ventetidens anatomi og fysiologi« med henblik på at bringe yderligere viden ind i planlægningen af vagtberedskab, sengekapacitet, sygehusbyggerier m.m.

Størst sandsynlighed for succes opnås på et oplyst grundlag.

## VENTETID

Ligesom sygdomme kan diagnosticeres, kan ventetid det også.

I sin simpleste form er ventetid til behandling et udtryk for, at behovet for behandling er større end udbuddet af behandling, og at et udækket behov kan placeres på en venteliste (behov > udbud → venteliste).

Hvis det modsatte er tilfældet, opstår der en situation med uudnyttet kapacitet (behov < udbud → uudnyttet kapacitet).

Ventelister og uudnyttet kapacitet er således hinandens modsætninger, og de vil begge være lig med nul, hvis behovet er lig med udbuddet (behov = udbud → venteliste = 0 = uudnyttet kapacitet).

I et system, hvor behovet ikke kendes på forhånd, imens udbuddet skal fastlægges på forhånd, fører denne forståelse typisk til, at udbuddet sættes lig med

det gennemsnitlige behov i en tidligere periode med en forventning om, at det vil minimere såvel ventelisten som den uudnyttede kapacitet.

En sådan dimensionering fører imidlertid ikke til en minimering af ventelisten, men til en maksimering!

Her følger et eksempel: Hvis antallet af patienter, der visiteres til forundersøgelse, varierer mellem 5 og 15 pr. dag, er det gennemsnitlige behov på 10 forundersøgelser pr. dag. Sættes udbuddet af forundersøgelser lig med det gennemsnitlige behov på 10, kan der imidlertid opstå en markant venteliste på blot én uge (Tabel 1).

Ventelisten opstår, fordi behovet og udbuddet ikke varierer i præcist samme takt, og ventelisten bliver markant, fordi den uudnyttede kapacitet ikke kan overføres fra den ene periode til den næste, men det kan ventelisten!

## VENTETIDENS ANATOMI

Den danske statistiker *A.K. Erlang*, der betragtes som grundlæggeren af moderne »køteori«, udviklede i begyndelsen af forrige århundrede den basale metode til beregning af sandsynligheden for kø ved en given kapacitet [3, 4]. Kort fortalt går metoden ud på at sætte behovet for behandling i forhold til udbuddet af behandling, hvorved det – ved hjælp af sandsynlighedsregning – er muligt at bestemme, hvor ofte behandlingsskapaciteten er optaget, og hvilke »kømasse« konsekvenser det resulterer i.

Med afsæt i *Erlang* og videreudviklingen af hans metode (*Khinchine* [5], *Kolmogorov* [6], *Little* [7] og *Markow* [8]) kan et »køsystem« som det danske sundhedssystem beskrives ved tre parametre:

- 1) Antallet af patienter, der ankommer til systemet (ankomsthastigheden) =  $\lambda$ .
- 2) Tiden, som det tager at behandle én patient (behandlingstiden) =  $\mu$ .
- 3) Antallet af patienter, der kan behandles ad gangen (behandlingsskapaciteten) =  $K$ .

Hvis såvel »ankomsthastigheden« som »behandlingstiden« kan betragtes som statistisk uafhængige af hinanden og af systemets tilstand (Poissonfordelt), kan systemets øvrige anatomi beskrives på følgende måde:



TABEL 1

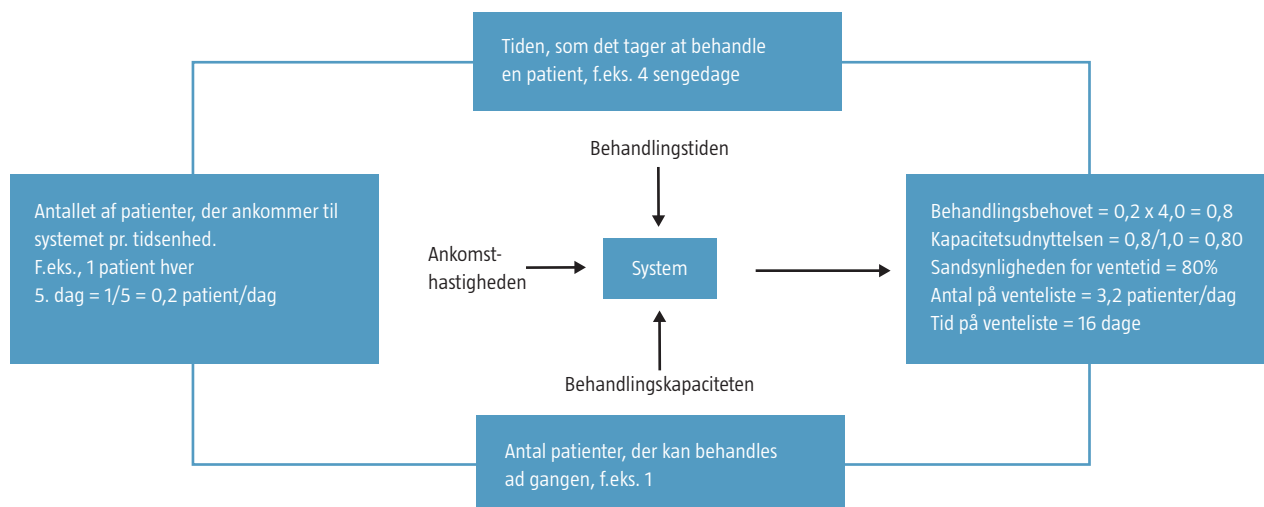
Ventetid. Udbuddet sættes lig med det gennemsnitlige behov. Værdierne er antal patienter.

	Mandag	Tirsdag	Onsdag	Torsdag	Fredag	Total
Venteliste, primo	0	0	5	3	5	13
Behov	5	15	8	12	10	50
Akkumuleret behov	5	15	13	15	15	63
Udbud	10	10	10	10	10	50
Udnyttet kapacitet	5	0	0	0	0	5
Venteliste, ultimo	0	5	3	5	5	

Simuleringsprogram kan downloades på [www.ouh.dk/wm251868](http://www.ouh.dk/wm251868).

FIGUR 1

Ventetidens anatomi.



Simuleringsprogram kan downloades på [www.ouh.dk/wm251868](http://www.ouh.dk/wm251868).

4) Behandlingsbehovet =  $B = \lambda \times \mu$

5) Kapacitetsudnyttelsen =  $U = B/K$

6) Sandsynligheden for ventetid =

$$E_{C\text{-formel}}(B, K) = \frac{\frac{B^K}{K!}}{\frac{B^K}{K!} + (1-U) \sum_{i=0}^{K-1} \frac{B^i}{i!}} \text{ for } B < K$$

7) Antal på venteliste =

$$L = E_{C\text{-formel}}(B, K) \times \frac{B}{K - B}$$

8) Tid på venteliste =

$$T = E_{C\text{-formel}}(B, K) \times \frac{\mu}{K \times (1 - B)}$$

Med andre ord kan der med viden om tre parametre (ankomsthastigheden, behandlingstiden og behandlingsskapaciteten) opnås detaljeret viden om, hvorhen systemet udvikler sig på lang sigt, dvs. systemets *steady state*.

Her følger et eksempel:

- 1) Hvis der gennemsnitligt visiteres en patient hver femte dag til et specifikt kirurgisk forløb (ankomsthastigheden =  $1/5 = 0,2$  patient/dag),
- 2) hvis det specifikke kirurgiske forløb gennemsnitligt involverer fire senedage (behandlingstiden = 4 dage),
- 3) hvis kun en patient kan opereres ad gangen (behandlingsskapaciteten = 1),
- 4) så kendetegnes *steady state* ved en venteliste på 3,2 patienter og en ventetid på 16 dage.

Anatomien er illustreret i **Figur 1**.

## VENTETIDENS FYSIOLOGI

Med ventetidens anatomi beskrevet er det let at belyse ventetidens fysiologi. Gennem simulering er det muligt at bestemme, hvilken ventetid der opstår i *steady state*, hvis ankomsthastigheden, behandlingstiden eller behandlingsskapaciteten ændres.

Af åbenbare årsags-virknings-sammenhænge kan nævnes tre: Hvis ankomsthastigheden stiger, stiger ventetiden ... og vice versa. Hvis behandlingstiden stiger, stiger ventetiden ... og vice versa. Hvis behandlingsskapaciteten stiger, falder ventetiden ... og vice versa.

Af mindre åbenbare årsags-virknings-sammenhænge kan suppleres med to: Når forholdet mellem behovet og kapaciteten indsnævres, stiger ventetiden eksponentielt ... og vice versa (**Figur 2A**, hvor ventetiden mere end fordobles, når kapacitetsudnyttelsen stiger fra 90% til 95% og mangedobles, når kapacitetsudnyttelsen stiger fra 95% til 99% ... og vice versa). Når behovet og kapaciteten fordobles, falder ventetiden eksponentielt ... og vice versa (**Figur 2B**, hvor ventetiden mere end halveres, når behovet og kapaciteten fordobles ... og vice versa).

At ventetiden stiger eksponentielt, når kapacitetsudnyttelsen stiger, skyldes, at en højere kapacitetsudnyttelse giver en højere sandsynlighed for, at kapaciteten er optaget, når der ankommer en ny patient til systemet. Skal ventetiden være kort, skal kapacitetsudnyttelsen være betydeligt under 100%, og »den uudnyttede kapacitet« skal bruges som »bufferkapacitet« til at håndtere den variation, som en planlægning, der er baseret på gennemsnit, ikke tager

højde for. Jo større variation der er, jo større »bufferkapacitet« er der behov for, hvis ventetiden skal være kort. At planlægge ud fra et gennemsnit er med andre ord at ignorere den variation, som ligger bag gennemsnittet, og det skaber et system med en kronisk ventetid. Fænomenet er illustreret i Tabel 1, hvor der er blevet planlagt uden »bufferkapacitet«.

Den samme type ræsonnement forklarer, hvorfor ventetiden falder eksponentielt, når volumen stiger (med en stor volumen følger en lav sandsynlighed for, at hele behandlingsskapaciteten er optaget, når der ankommer en ny patient til systemet). »Stordrift« giver således kortere ventetid, end »smådrift« gør.

Sammenstillingen af Figur 2A og 2B viser endvidere, at en nedbringelse af kapacitetsudnyttelsen i visse situationer har større effekt på ventetiden end en forøgelse af volumen, dvs. at størst effekt på ventetiden opnås ved situationsafhængig intervention.

## DISKUSSION

Detaljeret viden om ventetidens anatomi og fysiologi gør det muligt at bestemme, hvad der skal til, hvis der ønskes en bestemt ventetid. Man kan ikke reducere ventetiden ved at øge kapacitetsudnyttelsen. En sådan intervention vil have den stik modsatte effekt, nemlig en markant forøgelse af ventetiden. Skal ventetiden reduceres, skal behandlingstiden reduceres eller behandlingsskapaciteten øges. Ligeledes vil ventetiden falde, hvis ankomsthastigheden reduceres, el-

ler stordrift etableres. Det er evident på basis af matematik, der som bekendt er uden politisk observans.

Med tanke for, hvem der reelt kan regulere hvad, har regeringen og regionerne et særligt ansvar for at regulere ankomsthastigheden, behandlingsskapaciteten og stordriften, så behandlingssystemet ikke løbes over ende af den demografiske udvikling, udviklingen i livsstilssygdomme og nye dyre behandlingsmuligheder.

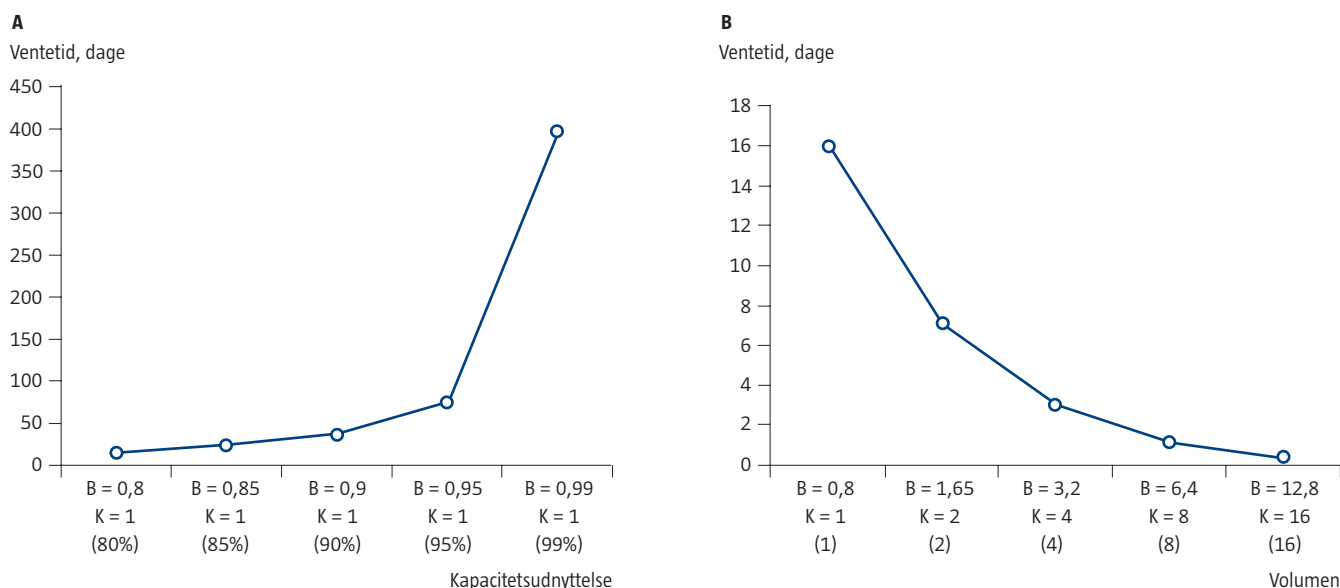
Ligeledes har sygehusledelserne og de sundhedsprofessionelle et særligt ansvar for at regulere behandlingstiden, hvilket reelt handler om at udvikle sikrere, bedre og hurtigere metoder at levere behandling på. En sådan metodeudvikling har selvfølgelig altid fundet sted, men der kan være en stigende bekymring for, om udviklingen går hurtigt nok. Nye måder at organisere udviklingen på kan med fordel overvejes. Inspiration kan hentes fra ind- og udland. For eksempel fra Lean på Odense Universitetshospital ([www.ouh.dk/wm218170](http://www.ouh.dk/wm218170)) eller fra Institute for Innovation and Improvement hos den engelske sundhedsstyrelse ([www.institute.nhs.uk](http://www.institute.nhs.uk)).

Hvad angår kapacitetsudnyttelsen, er det et fælles ansvar at regulere denne til et niveau, der afspejler variationen i behandlingsbehovet med de faldgrubber, der ligger i et fælles ansvar.

Pointen er, at ventetidens *steady state* kan reguleres, hvorhen den ønskes. Det kræver dog en ændring af mindst én af ovennævnte parametre, og ændrin-

FIGUR 2

A. Ventetid og kapacitetsudnyttelse. B. Ventetid og volumen.



B = behandlingsbehov K = behandlingsskapacitet

gens effekt kan bestemmes ved hjælp af sandsynlighedsregning.

Erlangs metode er testet i næsten 50 studier i sundhedsvæsenet (søgning på *queuing theory* i PubMed-databasen; se f.eks. Zonderland *et al* [9], Zai *et al* [10] og McManus *et al* [11]), og metoden kan med fordel udbredes yderligere i forbindelse med planlægningen af vagtberedskab, sengekapaцитet, sygehusbyggerier m.m.

Derfor slutter denne artikel samme sted, som den begyndte. Ethvert system er perfekt designet til at give de resultater, som det giver [1], og det danske behandlingssystem giver ventetid [2].

**KORRESPONDANCE:** Jørgen Ejler Pedersen, Lean-staben, OUH – Odense Universitetshospital og Svendborg Sygehus, Sdr. Boulevard 29, 5000 Odense C. E-mail: joergen.ejler.pedersen@ouh.regionsyddanmark.dk

**ANTAGET:** 17. november 2010

**FØRST PÅ NETTET:** 21. marts 2011

**INTERESSEKONFLIKTER:** ingen

#### LITTERATUR

1. Berwick DM. Improvement, trust, and the healthcare workforce. *Qual Health Care* 2003;12:i2-i6 doi:10.1136.
2. www.Sundhed.dk (→ Behandling → Ventetider) (30. sept 2010).
3. Erlang AK. The theory of probabilities and telephone conversations. *Nyt Tidsskrift for Matematik B* 1909;20:33-9.
4. Erlang AK. Solution of some problems in the theory of probabilities of significance in automatic telephone exchanges. *Elektroteknikeren* 1917;13:5-13.



#### FAKTABOKS

Ventetid er et hyppigt fænomen i det danske behandlingssystem.

Med »køteorien« som referenceramme kan der opnås detaljeret viden om ventetidens anatomi og fysiologi med henblik på evidensbaseret intervention.

Referencerammen kan give et svar på, hvad der skal til, hvis der ønskes en ventetid af en bestemt længde, f.eks. fem, 14 eller 30 dage.

Yderligere udbredelse af referencerammen kan anbefales.

5. Khintchine AY. Sur la loi des grandes nombres. Paris: l'Academie des Sciences, 1929.
6. Kolmogorov A. Grundbegriffe der Wahrscheinlichkeitsrechnung. Berlin: Julius Springer, 1933.
7. Little JDC. A proof of the queueing formula  $L = \lambda W$ . *Operations Research* 1961;9:383-7.
8. Markov AA. Extension of the limit theorems of probability theory to a sum of variables connected in a chain. Reprinted in Appendix B of Howard R. *Dynamic Probabilistic Systems, volume 1: Markov Chains*. New York: John Wiley and Sons, 1971.
9. Zonderland ME, Boer F, Boucherie RJ *et al*. Redesign of a university hospital pre-anesthesia evaluation clinic using a queueing theory approach. *Anesth Analg* 2009;109:1612-21.
10. Zai AH, Farr KM, Grant RW *et al*. Queueing theory to guide the implementation of a heart failure inpatient registry program. *J Am Med Inform Assoc* 2009;16:516-23.
11. McManus ML, Long MC, Cooper A *et al*. Queueing theory accurately models the need for critical care resources. *Anesthesiology* 2004;100:1271-6.

## Den hæmatologiske biobank er en infrastruktur til kvalitetssikring, udvikling og forskning

Hans E. Johnsen, Linda Pilgaard, Anne Dirks Højfeldt, Torben Lüth Andersson, Alexander Schmitz, Katrine Hindborg Gade, Kirsten Fogd, Mette Nyegaard, Martin Bøgsted & Karen Dybkær

Nye metoder har givet kendskab til molekylærbiologiske og genetiske variationer blandt patienter med samme diagnose [1-3]. Disse teknologiske landvindinger har synliggjort behovet for biobanker, der indeholder patienthenførbart materiale [4]. Med kendskabet til det enkelte patientforløb via de kliniske databaser bliver biobanken en guldgrube for sundhedsvæsenet med et stort potentiale ved kvalitetssikring, effektvurdering og forskning.

Et begrænset kendskab til biobankers betydning gør sig gældende, når strategiske og politiske midler til forskningsrelaterede infrastrukturer skal fordeles til de afdelings- og patientnære funktioner. I den kliniske forskning er disse komponenter en nødvendighed for at leve op til de eksisterende regelsæt om-

kring god klinisk praksis [5]. Alligevel overser man ofte selv i nationale rapporter betydningen af den velorganiserede basisfunktion i form af f.eks. biobanker [6, 7]. Dog er der de senere år foregået et intensivt arbejde med etablering af en Dansk CancerBiobank [8], som delvist er støttet af midler udmøntet af de nationale kræftplaner.

Betydningen af biobanker i alle specialer er åbenbar og kan anvendes både ved indsamling af materiale fra patienter med godartede såvel som ondartede diagnoser. Biobanken bør være en infrastruktur for klinisk forskning på alle universitetstilknyttede afdelinger.

Biobanken er som emne tidligere behandlet i statusartikler med fokus på de fysiske og tekniske krav

#### STATUSARTIKEL

Hæmatologisk Afdeling,  
Medicinsk Center, Aarhus  
Universitetshospital,  
Aalborg Sygehus