

”Att vårda en process – mäta, räkna, rita...”  
Ett seminarium av *Föreningen industriell statistik* och SFK-StaM  
Den 7 November, 2012

## Uppföljning av vårdprocesser med sällsynta händelser

Alexander Chakhunashvili, PhD  
Skaraborgs sjukhus och Center for Healthcare  
Improvement/Chalmers



### Sammanfattning

- Det genereras stora mängder data i olika hälso- och sjukvårdssystem. Mycket av det är diskretdata. I en del processer ”händer saker” mer frekvent där användning av konventionella c-chart/u chart och p-chart/np-chart är fördelaktigt, medan i andra processer dröjer det ett bra tag till det händer någonting. Hur följer vi upp processer med sådana sällsynta händelser? Syftet med denna presentation är att visa några tillämpningar av styrdiagram (t. ex. g-chart och t-chart) framtagna i syfte för att övervaka processer med sällsynta händelser.

## Agenda

- Kort om Skaraborgs sjukhus
- Statistisk processtyrning i hälso- och sjukvården (spridning via Six Sigma)
- Behov för uppföljning
- Processer med sällsynta händelser (rare events)
- g-chart och t-chart som "populära val"
- Illustration genom exempel
- Referenser

Skaraborgs Sjukhus



## Skaraborgs Sjukhus

Falköping Lidköping Mariestad Skövde

Skaraborgs Sjukhus



## Ett 30-tal specialiteter

Specialistsjukvård av hög kvalitet  
inom ett 30-tal olika specialiteter



### Fyra områden

BK	Barn- och kvinnosjukvård
K	Kirurgi
MP	Medicin/Psykiatri
SiL	Sjukhuset i Lidköping

Vi tillgodoser behovet av specialiserad vård för regionens  
invånare - i vårt närområde (ca 260 000)

Skaraborgs Sjukhus



## Mer fakta om Skaraborgs sjukhus... (2011)



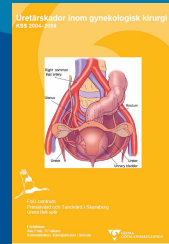
- Antal anställda.....ca 4 500
- Antal vårdplatser..... 741
- Vårdtillfällen i slutenvård.....ca 41 000
- Antal besök i öppen vård.....ca 354 400
- Antal födda barn.....2 377
- Antal operationer.....20 500

Skaraborgs Sjukhus



# Exempel 1

## Uppföljning av uretärskador på Kvinnokliniken, Skaraborgs sjukhus Skövde



## Bakgrund

- Ett FoU/förbättringsprojekt utfört av ST-läkare Åse Frisk på Kvinnokliniken, Skaraborgs sjukhus
- En rekommendation från Svensk Förening för Obstetrik och Gynekologi (SFOG-2008) är att se över orsakerna till uretärskador vid en incidens\* på mer än 0,5%
- En retrospektiv studie genom registerdata/journalgranskning (2004-2008)
- En uppföljningsstudie 2 år senare

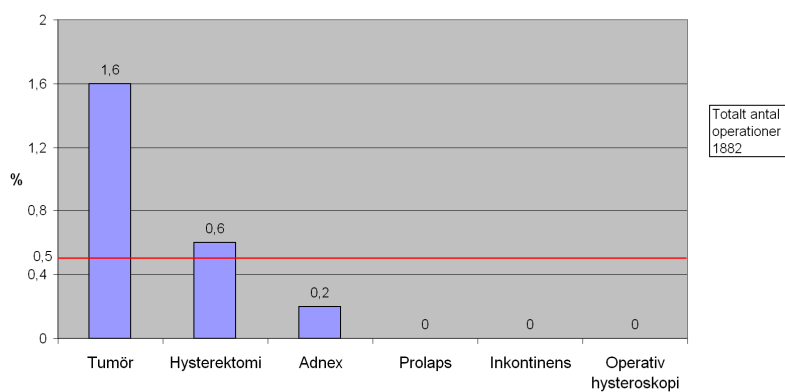
*\*Incidens definieras här som andelen nya fall av sjukdomen inom en viss population under en viss period.*

## Syfte

- Att kartlägga incidensen av uretärskador inom gynekologisk kirurgi på Skaraborgs sjukhus – Skövde 2004-2008 för att se om vi ligger under eller över den rekommenderade gränsen samt identifiera lokala orsaker till uretärskador med förhoppning att kunna påverka dessa och, om möjligt, minska antalet uretärskador framöver.

## Resultat

Incidensen totalt: 0,43% (8/1882)



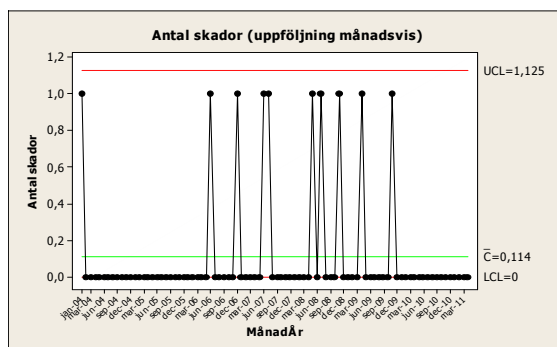
Incidens av uretärskador i de olika registersträngarna i Gynop-registret på Skaraborgs sjukhus - Skövde under åren 2004-2008

# Hur följa upp detta?

## Uppföljning månadsvis...

### MånadÅr Ant skador

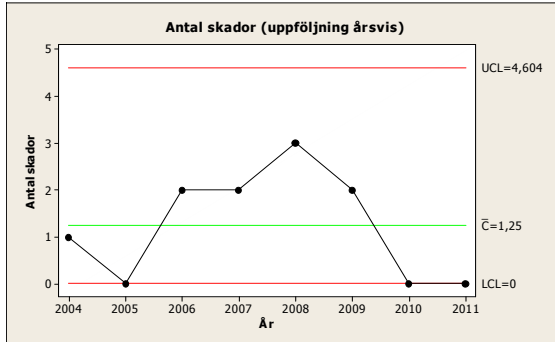
jan-04	1
feb-04	0
mar-04	0
apr-04	0
maj-04	0
jun-04	0
jul-04	0
aug-04	0
...	
feb-11	0
mar-11	0
apr-11	0



Diagrammet säger väl inte särskilt mycket...

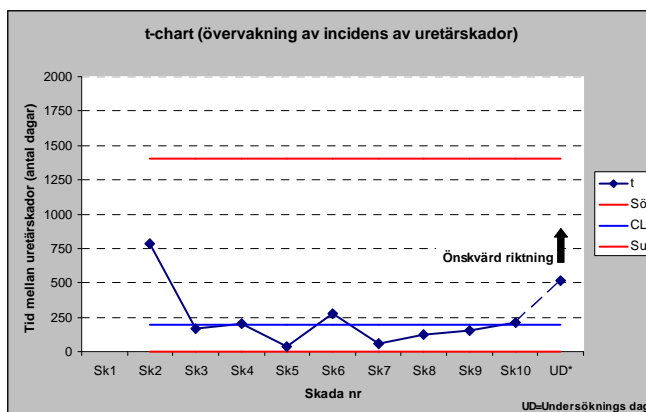
# Uppföljning årsvis...

År	Antal skador
2004	1
2005	0
2006	2
2007	2
2008	3
2009	2
2010	0
2011	0



Kanske något bättre, men varför vänta ett helt år?

Skadennr	Datum	t	y	MR	y-hat	S <sub>0</sub> -2s	S <sub>0</sub> -3s	S <sub>0</sub> -2s	S <sub>0</sub> -3s	S <sub>0</sub> -2s	S <sub>0</sub>	CL	Su	Su-2s
Sk1	2004-04-28													
Sk2	2006-06-22	785,00	6,37		4,34	6,44	7,49	2,23	1,18	816,00	1406,64	196,55	1,82	18,03
Sk3	2006-12-04	165,00	4,13	2,238038	4,34	6,44	7,49	2,23	1,18	816,00	1406,64	196,55	1,82	18,03
Sk4	2007-06-28	206,00	4,39	0,282446	4,34	6,44	7,49	2,23	1,18	816,00	1406,64	196,55	1,82	18,03
Sk5	2007-07-31	33,00	2,64	1,750443	4,34	6,44	7,49	2,23	1,18	816,00	1406,64	196,55	1,82	18,03
Sk6	2008-05-06	280,00	4,78	2,141097	4,34	6,44	7,49	2,23	1,18	816,00	1406,64	196,55	1,82	18,03
Sk7	2008-07-03	58,00	3,09	1,693438	4,34	6,44	7,49	2,23	1,18	816,00	1406,64	196,55	1,82	18,03
Sk8	2008-11-06	126,00	3,83	0,742464	4,34	6,44	7,49	2,23	1,18	816,00	1406,64	196,55	1,82	18,03
Sk9	2009-04-07	152,00	4,04	0,204852	4,34	6,44	7,49	2,23	1,18	816,00	1406,64	196,55	1,82	18,03
Sk10	2009-11-04	211,00	4,42	0,384809	4,34	6,44	7,49	2,23	1,18	816,00	1406,64	196,55	1,82	18,03
UD	2011-04-07	519,00	5,68	1,255157	4,34	6,44	7,49	2,23	1,18	816,00	1406,64	196,55	1,82	18,03



Styrgränserna på styrdiagrammet är plus/minus 3 sigma gränser.

## Exempel 2.1

### Uppföljning av hjärtstopp på MAVA och KAVA



## Bakgrund

- Ett FoU/förbättringsprojekt utfört av ST-läkare Jana Bjarby på Kardiologkliniken, Skaraborgs sjukhus
- En retrospektiv studie (journalgranskning) på inläggande patienter på Skaraborgs sjukhus i Skövde som fick oväntat hjärtstopp under 2008
- Hypotesen har varit att direkt kontakt med läkare vid sviktande vitalparameter minskar mortaliteten
- Eftersom antalet patienter som hade dokumenterade vitalparametrar vid hjärtstopp var relativt lågt kunde vi inte påvisa att sambandet var statistiskt signifikant
- Vi bestämde dock att fortsätta övervaka processen med hjälp av ett styrdiagram



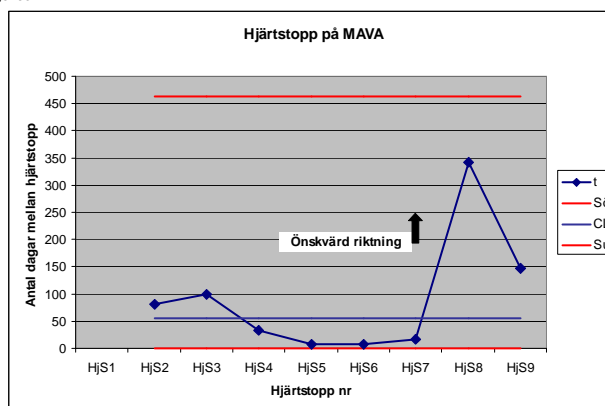
## Syfte

- Syftet med uppföljningen är att övervaka processen långsiktigt avseende hjärtstopp.
- Vi följer även upp tillståndsförsämring hos ineliggande patienter och mortalitet på MAVA (Medicinsk Akut Vårds Avdelning) och KAVA (Kirurgisk Akut Vårds Avdelning)
- Den sistnämnda uppföljningen gäller inte bara patienter med hjärtstopp utan alla övriga tillstånd.

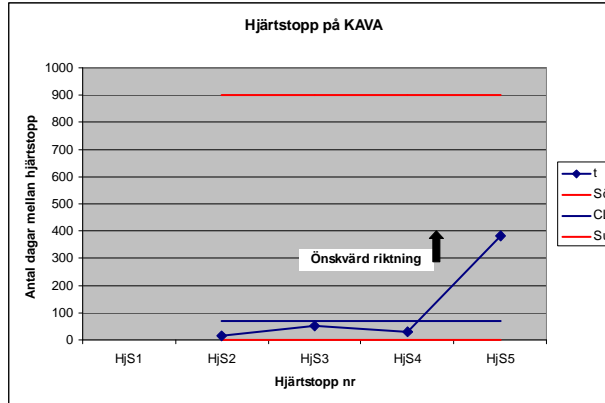
Hjärtstopp	Datum	t	y	MR	y-hat	S <sub>0</sub> -2s	S <sub>0</sub> -3s	S <sub>U</sub> -2s	S <sub>U</sub> -3s	S <sub>ö</sub> -2s	S <sub>ö</sub>	CL	Su	Su-2s
HjS1	2010-01-08													
HjS2	2010-03-29	80,00	3,38		3,05	4,68	5,50	1,41	0,59	259,61	463,72	55,14	0,15	3,43
HjS3	2010-07-06	99,00	3,58	0,2058	3,05	4,68	5,50	1,41	0,59	259,61	463,72	55,14	0,15	3,43
HjS4	2010-08-09	34,00	2,66	0,9200	3,05	4,68	5,50	1,41	0,59	259,61	463,72	55,14	0,15	3,43
HjS5	2010-08-17	8,00	1,78	0,8810	3,05	4,68	5,50	1,41	0,59	259,61	463,72	55,14	0,15	3,43
HjS6	2010-08-24	7,00	1,72	0,0649	3,05	4,68	5,50	1,41	0,59	259,61	463,72	55,14	0,15	3,43
HjS7	2010-09-10	17,00	2,20	0,4797	3,05	4,68	5,50	1,41	0,59	259,61	463,72	55,14	0,15	3,43
HjS8	2011-08-18	342,00	5,05	2,8584	3,05	4,68	5,50	1,41	0,59	259,61	463,72	55,14	0,15	3,43
HjS9	2012-01-12	147,00	4,00	1,0565	3,05	4,68	5,50	1,41	0,59	259,61	463,72	55,14	0,15	3,43

91,75      0,9238

40,83  
244,50



Hjärtstopp	Datum	t	y	MR	y-hat	S <sub>0</sub> -2s	S <sub>0</sub> -3s	S <sub>0</sub> -2s	S <sub>0</sub> -3s	S <sub>0</sub> -2s	S <sub>0</sub>	CL	Su	Su-2s
HjS1	2010-07-27													
HjS2	2010-08-12	16,00	2,16		3,24	5,49	6,62	0,98	0,00	460,57	902,50	68,54	0,00	0,93
HjS3	2010-10-02	51,00	2,98	0,8202	3,24	5,49	6,62	0,98	0,00	460,57	902,50	68,54	0,00	0,93
HjS4	2010-11-02	31,00	2,60	0,3848	3,24	5,49	6,62	0,98	0,00	460,57	902,50	68,54	0,00	0,93
HjS5	2011-11-18	381,00	5,21	2,6135	3,24	5,49	6,62	0,98	0,00	460,57	902,50	68,54	0,00	0,93
		119,75		1,2728										
		32,67												
		381,00												



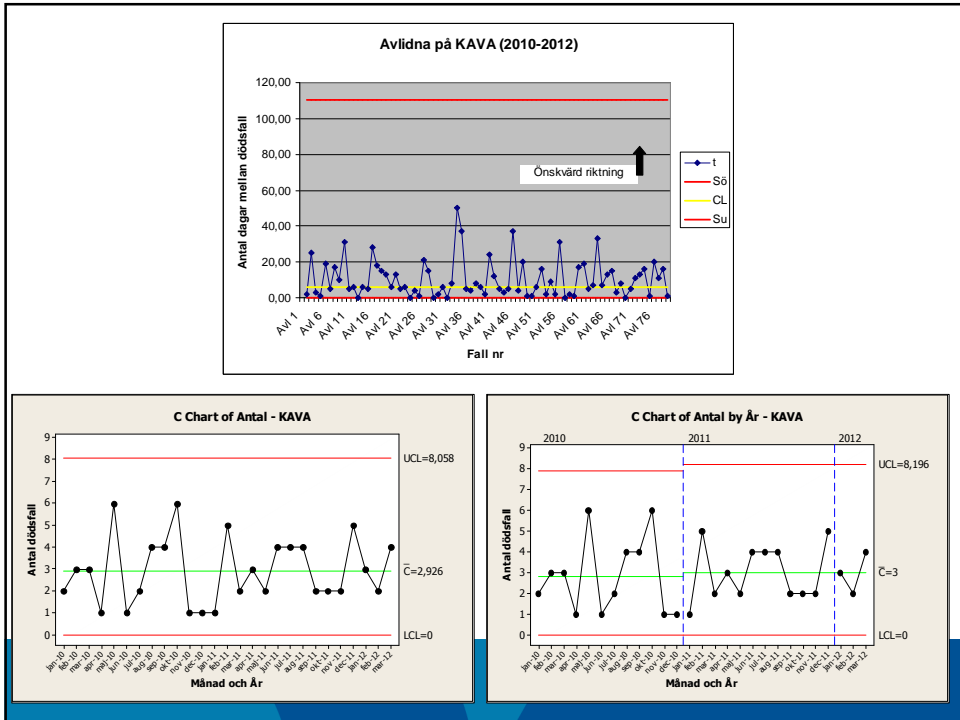
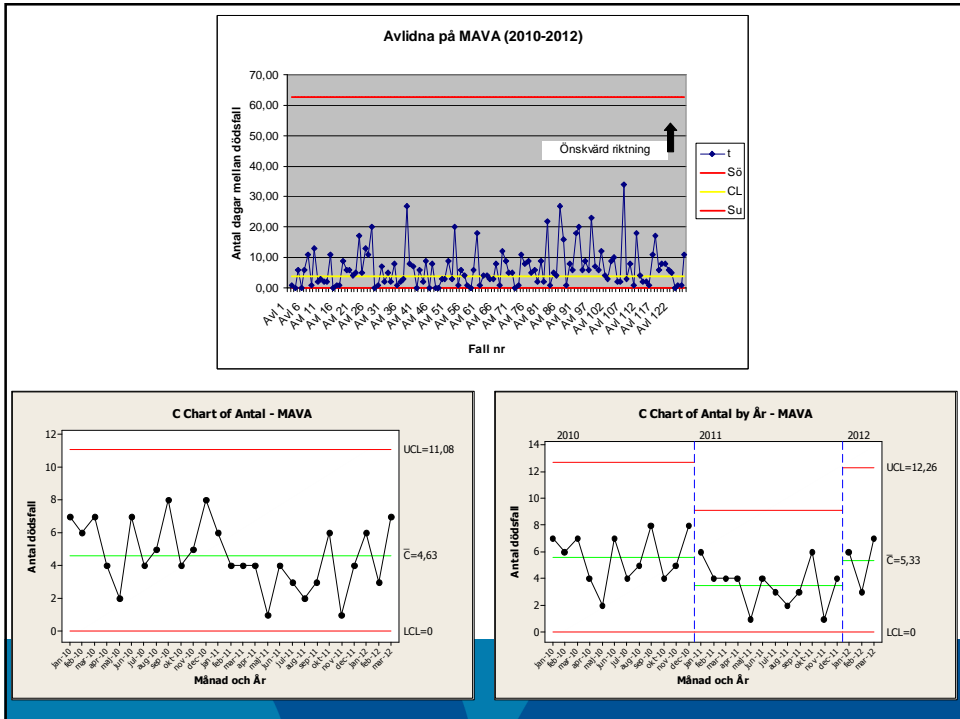
Skaraborgs Sjukhus



## Exempel 2.2

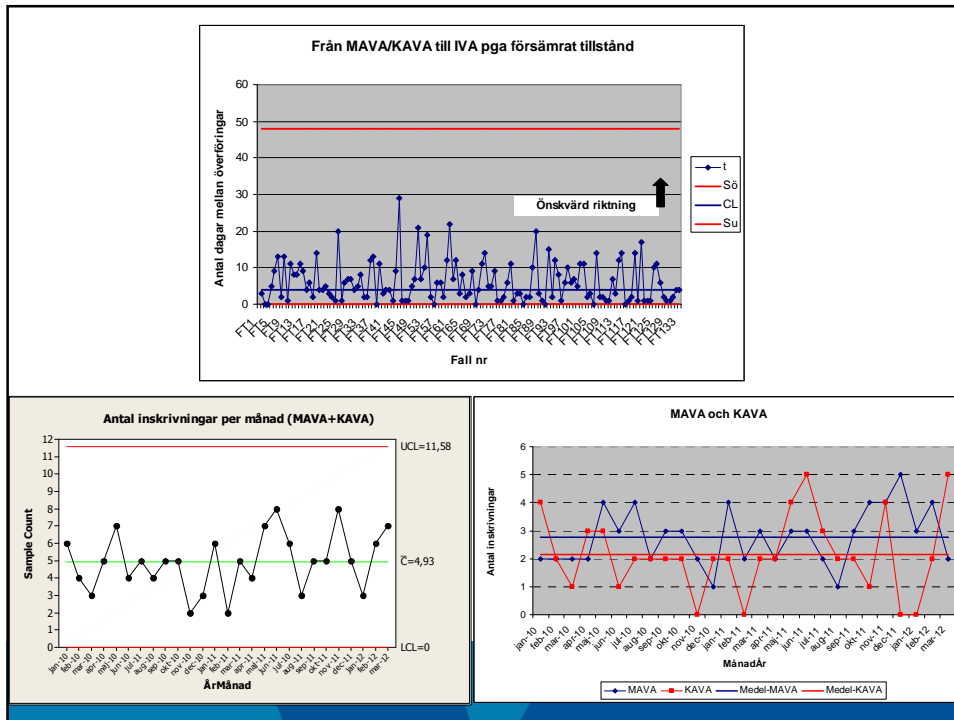
Uppföljning av avidna patienter på  
MAVA och KAVA





# Exempel 2.3

Uppföljning av patienter som flyttas från MAVA och KAVA pga försämrat tillstånd



# Exempel 3

## Uppföljning av hjärtoperationsutfall på Miami Children's Hospital



### Realtidsövervakning på Miami Children's Hospital

**MCH Cardiac Real-time Performance Assessment Tool**

Our program goal is to improve continuously. To achieve this, we measure our performance continuously, and report in real time. We believe this process will enhance our ability to identify and correct clinical problems, and provide our colleagues and patients with accurate and useful outcomes data for decision making. Recognizing the inherent weaknesses of conventional databases, and the frustrating problem of identifying missing or erroneous data, we encourage our families, referring doctors, and team members, to alert the database administrator to potential inaccuracies, so that they can be confirmed and corrected. Having our Web based reporting system linked to our patient's electronic medical records gives us access to phenomenal amounts of data, and the Website only gives a snapshot of the available information. We therefore encourage our users to suggest the types of data they would find useful, and would like to see presented in real time. Ongoing feedback from everyone involved in the care of our patients, would make this database a uniquely powerful tool, and a model for medical performance measurement.

The data you see below is generated dynamically by our cardiac program database, in real time, every time you load this page. Operative mortality is defined, by International convention, as death before discharge from the hospital or within 30 days of the operation.

Please select the start date and end date of the report:

Start Date: [02/01/2002] End Date: [07/02/2012]

**Performance Sparkline**

Each tick mark in the graphic below represents a cardiac surgical procedure. Surviving patients are indicated by upward tick marks and mortalities are indicated by the downward tick marks in the sequence. Every 250 cases the graphic wraps to the next line for comparison. The sparkline is read like a book from left to right and from top to bottom.

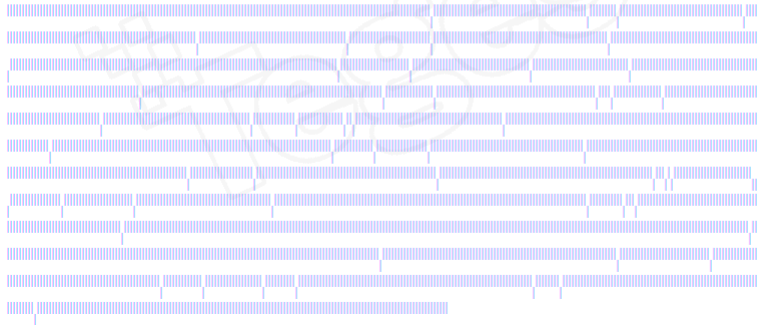
Skaraborgs Sjukhus

## En "skärm-dunk" – Kan vi säga något om processen?

Start Date:   End Date:

### Performance Sparkline

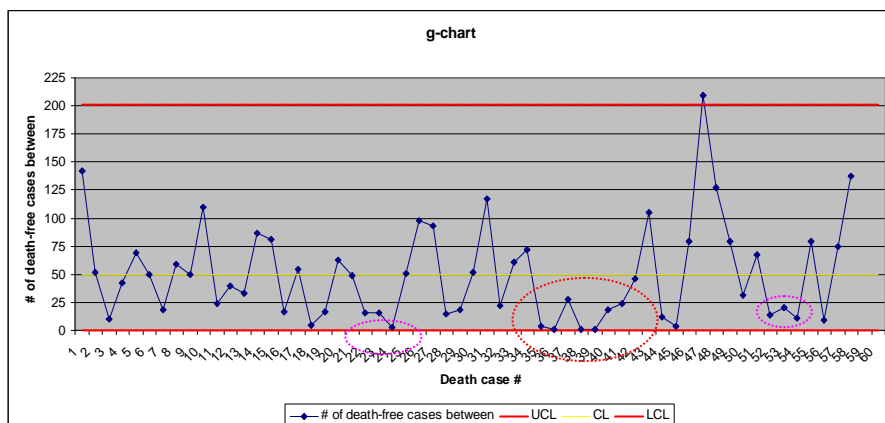
Each tick mark in the graphic below represents a cardiac surgical procedure. Surviving patients are indicated by upward tick marks and mortalities are indicated by the downward tick marks in the sequence. Every 250 cases the graphic wraps to the next line for comparison. The sparkline is read like a book from left to right and from top to bottom.



Skaraborgs Sjukhus

VÄSTRA  
GÖTALANDSREGIONEN

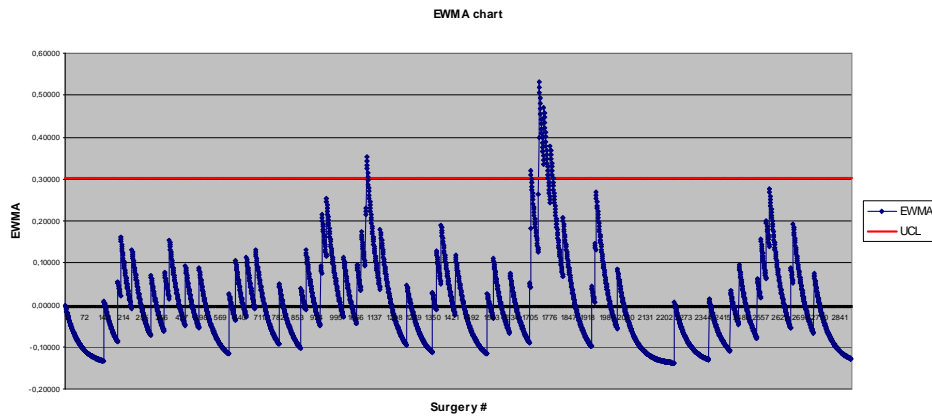
## Uppföljning mha ett g-chart



Skaraborgs Sjukhus

VÄSTRA  
GÖTALANDSREGIONEN

## Ett EWMA diagram



Skaraborgs Sjukhus

VÄSTRA  
GÖTALANDSREGIONEN

## EWMA modell (Bernoulli process)

$$Z_i = \lambda U_i + (1 - \lambda) Z_{i-1}$$

$$U_i = \frac{X_i - E(X_i)}{\sigma(X_i)} \quad E(X_i) = p \quad \hat{p} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$

$$\sigma(X_i) = \sqrt{p * (1 - p)}$$

$$UCL = 0 + L \sqrt{\frac{\lambda}{2 - \lambda}} \quad \lambda = 0,02$$

Skaraborgs Sjukhus

VÄSTRA  
GÖTALANDSREGIONEN

## Vad kan man lära sig av dessa exempel?

- g-chart och t-chart är bra på att visualisera data (mycket bättre än "tick mark graph" i alla fall), men det är inte helt lätt att använda diagrammen operativt. Undre styrgränsen (LCL) är ofta lika med noll eller ligger ganska nära noll, vilket försvårar tolkningen.
- Man kan tänka sig tillämpa olika varningssignaler, liksom de som tagits fram av Western Electric (1956). I så fall, hur kommer dessa varningssignaler (eller rättare sagt regler kring dessa) att se ut?
- Kan vara bra att fundera över syftet med uppföljning/övervakning: är det att detektera systematiska förändringar i processen (hitta urskiljbara orsaker till variation) eller kontrollera/verifiera om en intervention har gett önskvärd effekt?
- Ett EWMA eller CUSUM diagram kan vara bra komplement till g-chart eller/och t-chart. Fördelen med EWMA/CUSUM är att de är mer operativa (lätt att upprätta, har en tydlig övre styrgräns mm). Man får dock fundera kring diagramparametrar såsom L (styrgränsbredd) och  $\lambda$  (viktfaktor) för att sätta upp styrgränserna på en rimlig nivå och därmed erhålla en bra balans mellan Typ I och Typ II fel.

## Hur fungerar g-chart och t-chart?

Lite teori bakom dessa styrdiagram



## g-chart

- g står för "geometric" eftersom den geometriska fördelningen används som en underliggande modell.
- Tillämpas på diskreta data
- Den plottade storheten är antalet "felfria" fall mellan händelserna
- Det kan vara ett bra alternativ till p-chart, np-chart, c-chart eller u-chart när händelserna inte inträffar särskilt ofta
- Fungerar bra både när man vill upptäcka förändringar i en process och om man vill se om en förändring/intervention i processen har lett till en förbättring.

## Arbetsgång inklusive beräkning av styrgränser

- g = antalet "felfria" fall mellan händelserna (infektion, skada vid operation, hjärtinfarkt mm)

$$CL = \hat{g} \text{ (medelvärdet av g)}$$

$$UCL = \hat{g} + 3\sqrt{\hat{g} * (\hat{g} + 1)}$$

$$LCL = \hat{g} - 3\sqrt{\hat{g} * (\hat{g} + 1)}$$

- För en snabb visuell analys är UCL ca 4 gånger CL
- Om LCL < 0, då finns det inte någon undre styrgräns för det mätetalet

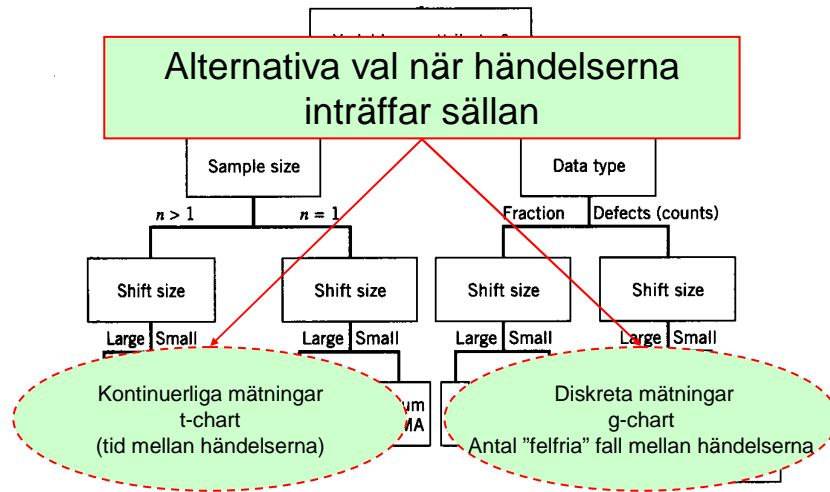
## t-chart

- t står för tid (time) – om händelsefrekvensen kan beskrivas mha en Poisson modell då kommer  $t =$  "tid mellan händelserna" att vara Exponentiellt fördelad.
- Eftersom Exponentiellfördelning är en sned fördelning (och därmed försvårar tolkning av styrdiagrammet om vi plottar tiderna direkt på det) kan det vara bra att transformera den till en symmetrisk Weibullfördelning.
- Tillämpas på kontinuerlig data (tider i form av dagar, timmar, minuter mm)
- Den plottade storheten är tid mellan händelserna
- Det kan vara ett bra alternativ till p-chart, np-chart, c-chart eller u-chart.

## Arbetsgång inklusive beräkning av styrgränser

- $t =$  tid mellan händelserna
- Transformera  $t$  värdena till  $y = t^{0,2777}$
- Beräkna  $\overline{MR}$  av  $y$
- $CL = \hat{y}$  (medelvärde av  $y$ )
- $UCL = \hat{y} + 2,66 * \overline{MR}$
- $LCL = \hat{y} - 2,66 * \overline{MR}$
- Transformera styrgränserna tillbaka till tidsskala  $t = y^{3,6}$
- Plotta originala  $t$  värdena med transformerade styrgränser och  $CL$ .
- $LCL < 0$ , då finns det inte någon undre styrgräns för det mätetalet

## Val av styrdiagram



## Referenser

- Kaminsky, F. C., Benneyan, J. C., Davis, R. D., & Burke, R. J. (1992). Statistical Control Charts Based on a Geometric Distribution. *Journal of Quality Technology*, 24:63-69.
- Benneyan, J. C., Lloyd, R. C. & Plsek, P. E. (2003). Statistical Process Control as a Tool for Research and Healthcare Improvement. *Quality and Safety in Health Care* 12:458-464.
- Benneyan, J. C. (1998). Statistical Quality Control Methods in Infection Control and Hospital Epidemiology. Part II: Chart Use, Statistical Properties, and Research Issues. *Infection Control and Hospital Epidemiology*, 19:265-283.
- Benneyan, J. C. Design and Use of g-type of Control Charts for Industry and Healthcare: SPC Charts for Hospital Infections and Adverse Events. Available at [http://www1.coe.neu.edu/~benneyan/papers/g\\_chart\\_overview/](http://www1.coe.neu.edu/~benneyan/papers/g_chart_overview/)
- Robert Lloyd, Tanya Verrall & Dylan Williams (2009). Simplifying the Selection and Use of Statistical Process Control Methods. A tutorial session from *International Forum on Quality and Safety in Health Care*, Berlin ~ March 29, 2009.
- Montgomery, D. C. (2009). *Introduction to Statistical Quality Control*, Wiley, 6th Edition.
- Chakhunashvili, A. & Bergman, B. (2006). An EWMA Solution to Detect Shifts in a Bernoulli Process in an Out-of-control Environment. *Quality and Reliability Engineering International*. 22:419-428.