

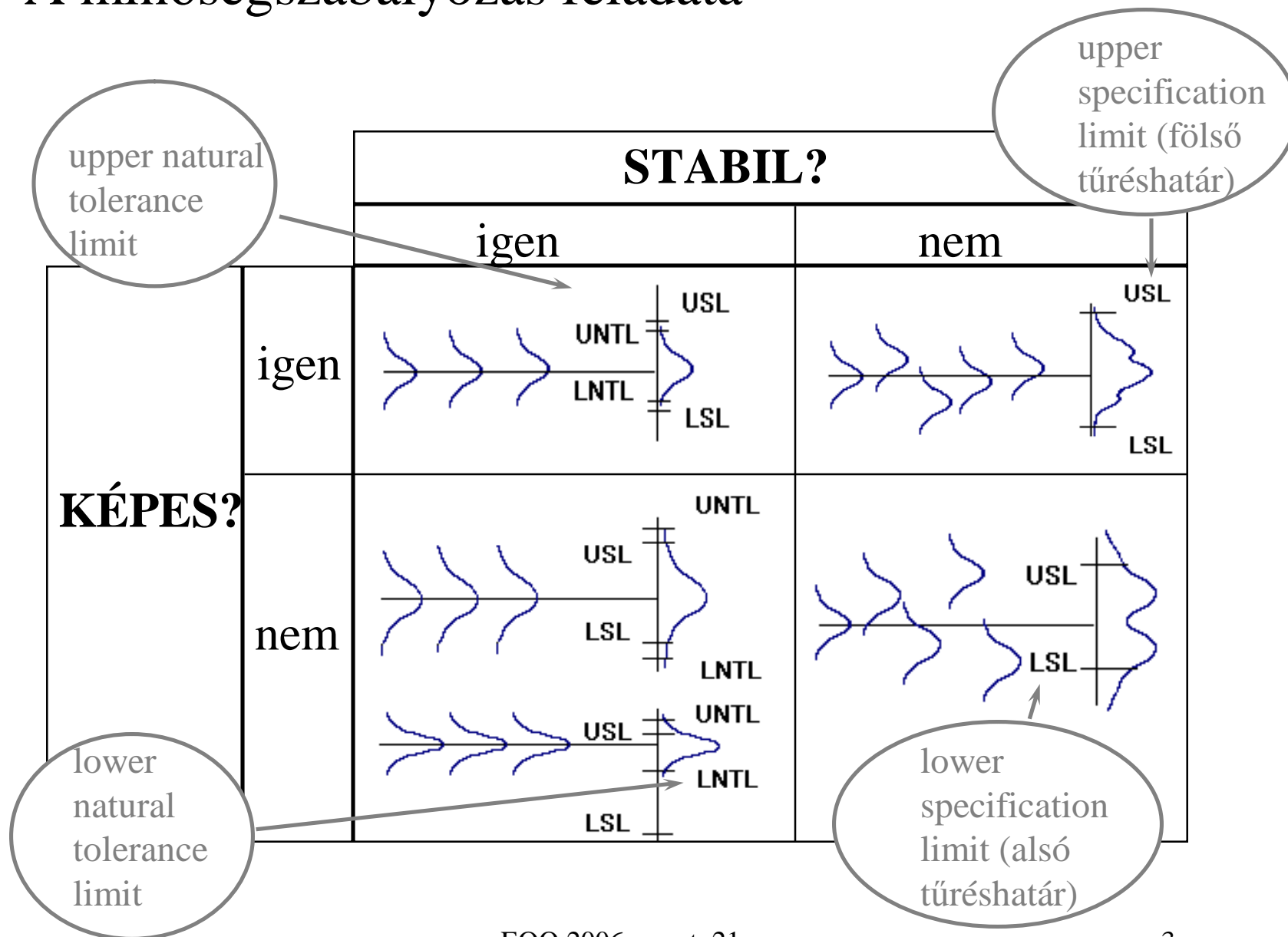
AZ SPC gyakorlati kérdései és alkalmazási tapasztalatai

Kemény Sándor
BME Vegyipari Műveletek Tanszék
kemeny@mail.bme.hu

A gyakorlatban minden másképpen van?

Helmholtz: Nincs praktikusabb dolog, mint egy jó elmélet.

A minőség szabályozás feladata



A folyamatszabályozás kialakításának lépései

A General Electric 12 lépéses modellje az SPC bevezetésére

1. *Vezetés elkötelezettségének megnyerése*
2. Szabályozandó paraméterek kiválasztása
3. A paraméter specifikáció felülvizsgálata
4. *Mérőrendszer képességének meghatározása*
5. *Folyamatképesség meghatározása*
6. *Folyamatszabályozás beavatkozási intézkedéseinek meghatározása*
7. Bajnokok képzése
8. Alkalmazók oktatása

9. SPC mint kísérlet lebonyolítása
10. *Folyamat stabilizálása, hibák kijavítása*
11. Az alkalmazók minősítése, vizsga
12. Projekt kiértékelése, zárójelentés

A stabilitás vizsgálata: ellenőrző kártyák

Shewhart: A folyamatot akkor nevezzük stabilnak vagy statisztikailag kézbe tartottnak (in statistical control), ha az ingadozás véletlenszerű, időben állandó, nincsenek jól felismerhető és megnevezhető okai, a jellemző jövőbeli értékei statisztikai módszerekkel megadható határok között vannak.

common cause:

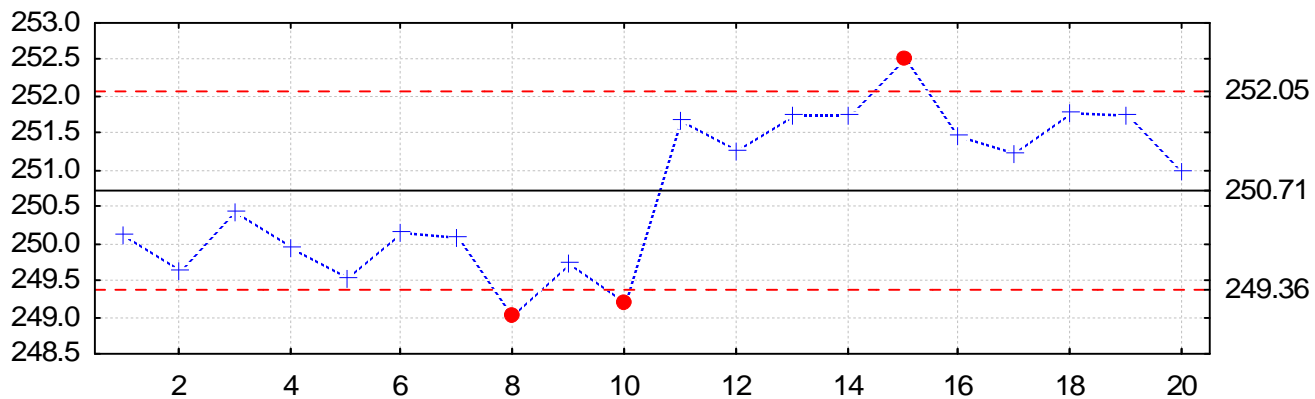
véletlen ingadozás

specific (assignable) cause:

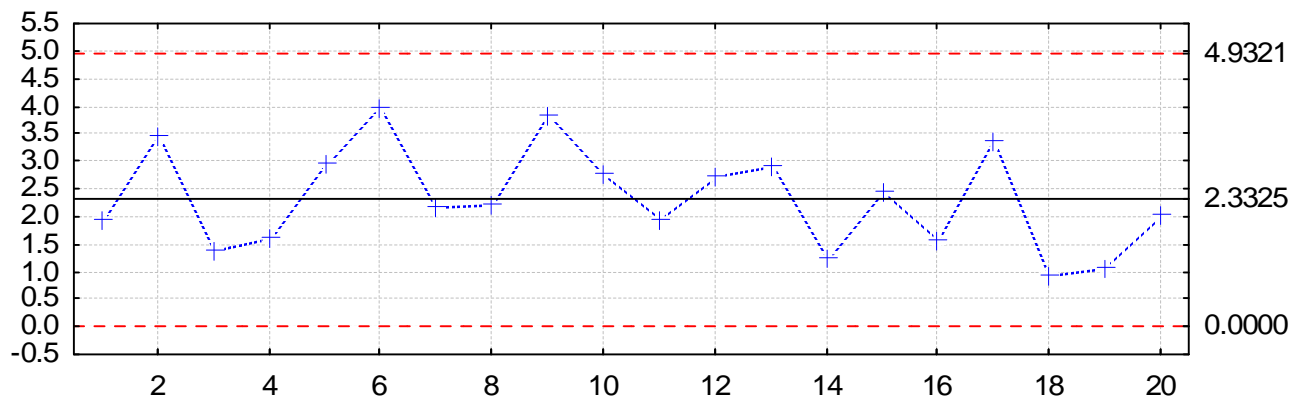
azonosítható (veszélyes) hiba

átlag-terjedelem-kártya

X-bar and R Chart; variable: YS4
 X-bar: 250.71 (250.71); Sigma: 1.0028 (1.0028); n: 5.



Range: 2.3325 (2.3325); Sigma: .86652 (.86652); n: 5.



Örkény István: Egyperces novellák
Szépirodalmi Könyvkiadó, Budapest, 1984, p. 388

- Halló, gépterem?
- Skultéti, jelentkezem.
- Mennyi, Skultéti?
- Harminchárom.
- Mi harminchárom?
- Mi mennyi, főmérnök úr?
- Az, ami harminchárom.
- Nem annyinak kellett volna lennie?
- Mindegy, Skultéti, csak csinálják tovább.

(Nehézipari folklór, 1978)

Az ábrázolás haszna,

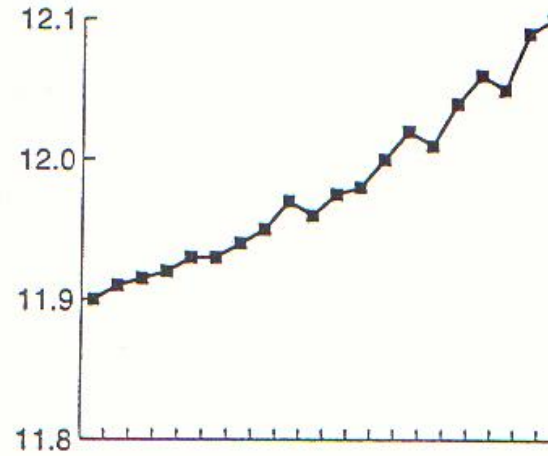
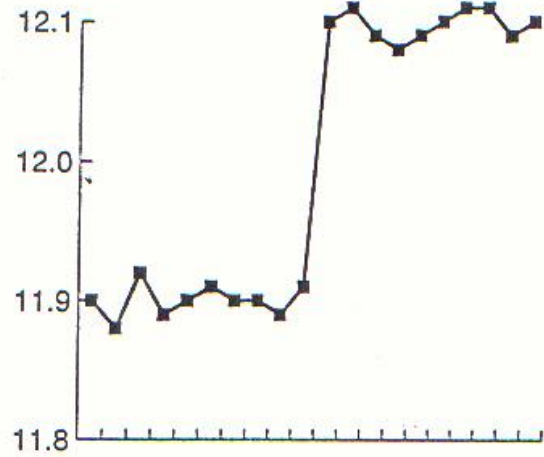
avagy mire szolgálnak az ellenőrző kártyák

(T. Pyzdek: The Six Sigma Handbook, McGraw-Hill - Quality Publishing, 1999)

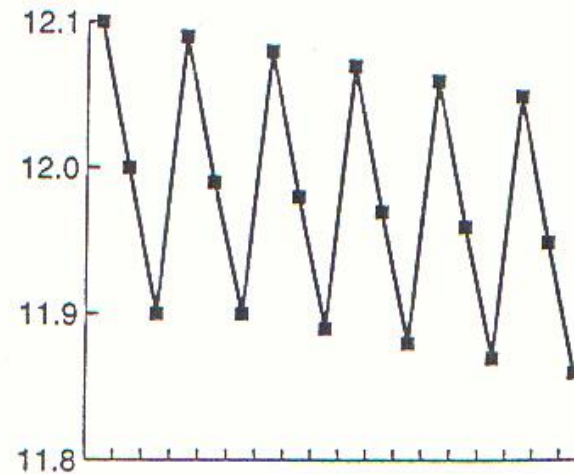
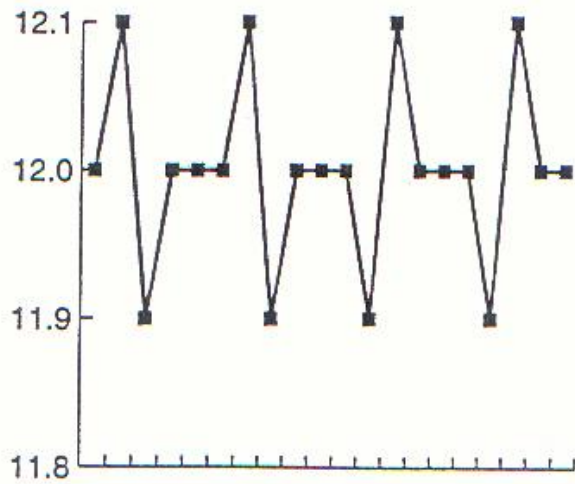
100 palack töltött tömege, átlag 11.95 uncia, szórás 0.1 uncia

USL=12.1, LSL=11.9

Mit tegyünk vele?



(run charts)



Tanulság: a kártya elsősorban nem statisztikai eszköz,
hanem grafikus-vizuális detektív-eszköz a folyamat
megismeréséhez és javításához.

„statistical process monitor”

D. J. Wheeler: A modest proposal, SPC Press, 2000
process behaviour chart

www.isixsigma.com

Tips on Implementing SPC

Posted by: **Rodrigo**

Posted on: **Tuesday, 19th September 2006, 3:30 AM.**

Hi all

Im looking for some tips on how to implement SPC in my company. If you remember working in a company that "made the jump" from no control charts to a company that now has control charts, would you be kind enough to share your learnings?

Ive been with my company for 9 months now, no control charts in place. The company itself is 84 years old, family owned. I just dont seem to be able to explain why it is important to investigate special causes and the benefits it has. Im quickly approaching the "valley of dispair" ..

Rodrigo,

The purpose of 'control charts' is to find sources of variation. Once you've identified various sources of variation, by changing the way you define subgroups, the next step is to eliminate or reduce the variation.

Once you've reduced the variation you can stop plotting the control charts - after all you can't sell control charts. (Ideally, processes should be set up in a 'robust' operating area of process space - 'flat area.')

So .. to answer your question, the goal is actually to remove control charts. The problem is many people try to put the cart before the horse.

My advice would be to change tack and put more emphasis on variation reduction than control charting per se.

Andy

Tips on Implementing SPC

Posted by: **Jym**

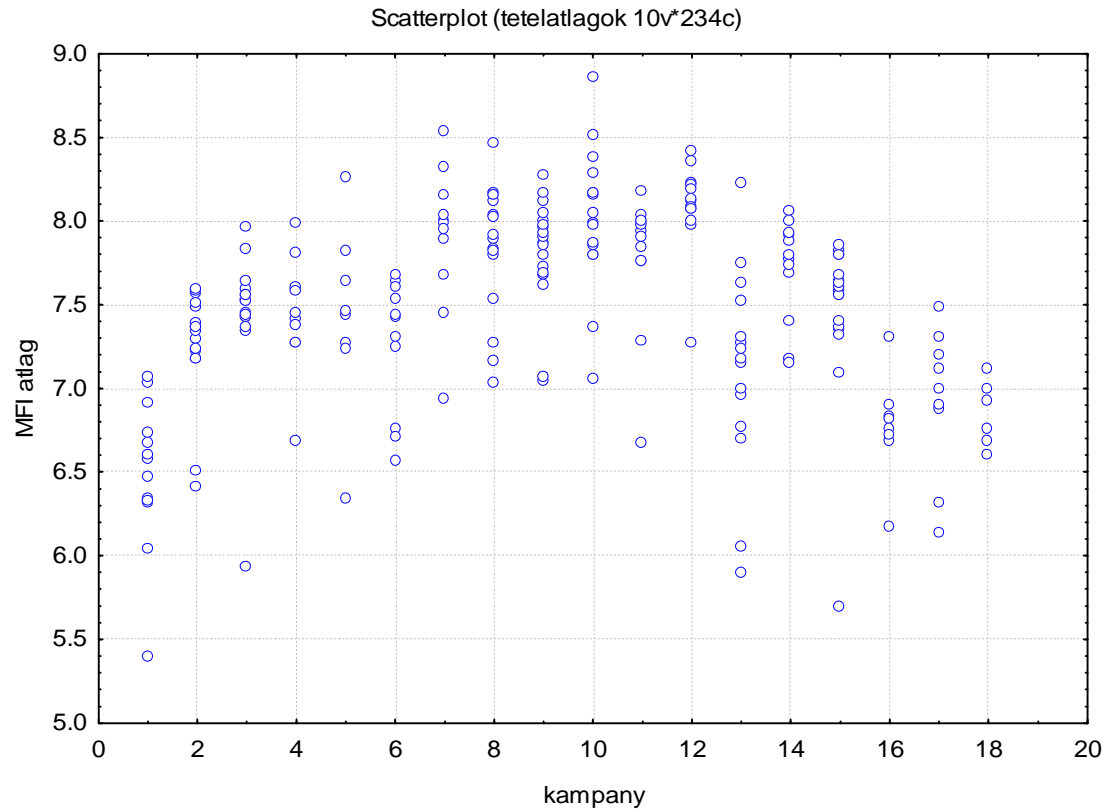
Posted on: **Tuesday, 19th September 2006, 5:15 AM.**

Andy U,

I'm confused by your response. My understanding is that control charts should be used daily/weekly as part of the day-to-day activity of a Process Owner. If you get rid of the control charts after you have reduced variation, how will you see if the process remains in control?

Jym

Polisztirol-gyártás minőségi jellemzőjének időbeli alakulása kb. 2 év alatt



Mit is kérdezünk? (Mi mennyi?)

Hogy a folyamat eloszlása változatlan-e (m, σ^2) (N)

Miért, milyen volt?

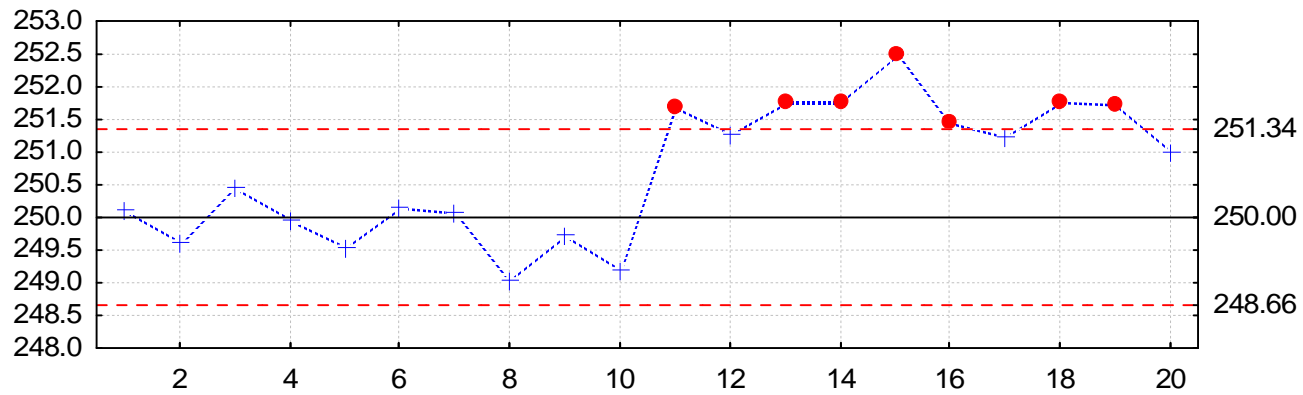
előzetes adatfelvétel ($m=250, \sigma^2=1$, és stabil!)

És most is olyan?

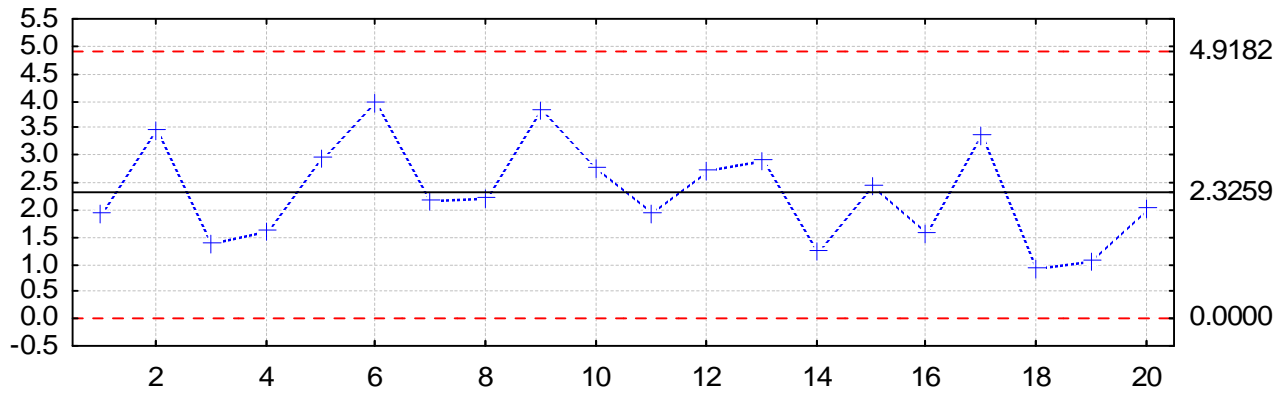
gyártásközi ellenőrzés

$$m=250, \sigma^2=1$$

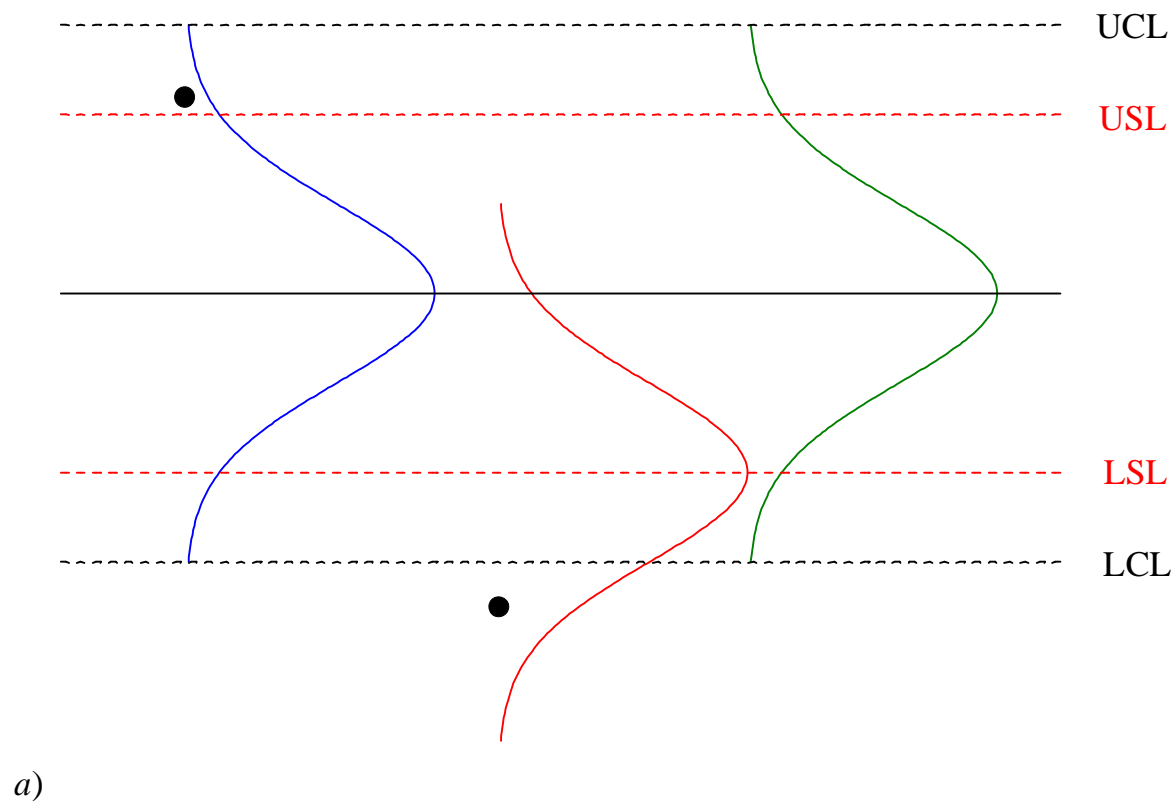
X-bar and R Chart; variable: YS4
 X-bar: 250.71 (250.00); Sigma: 1.0028 (1.0000); n: 5.

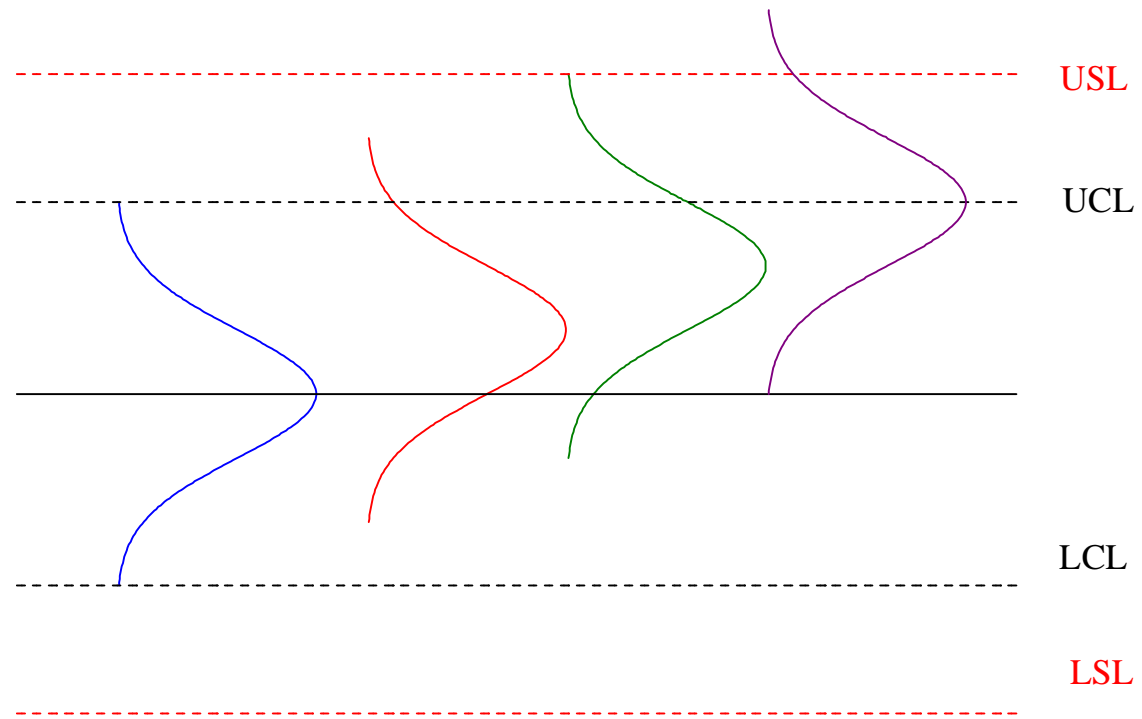


Range: 2.3325 (2.3259); Sigma: .86652 (.86408); n: 5.



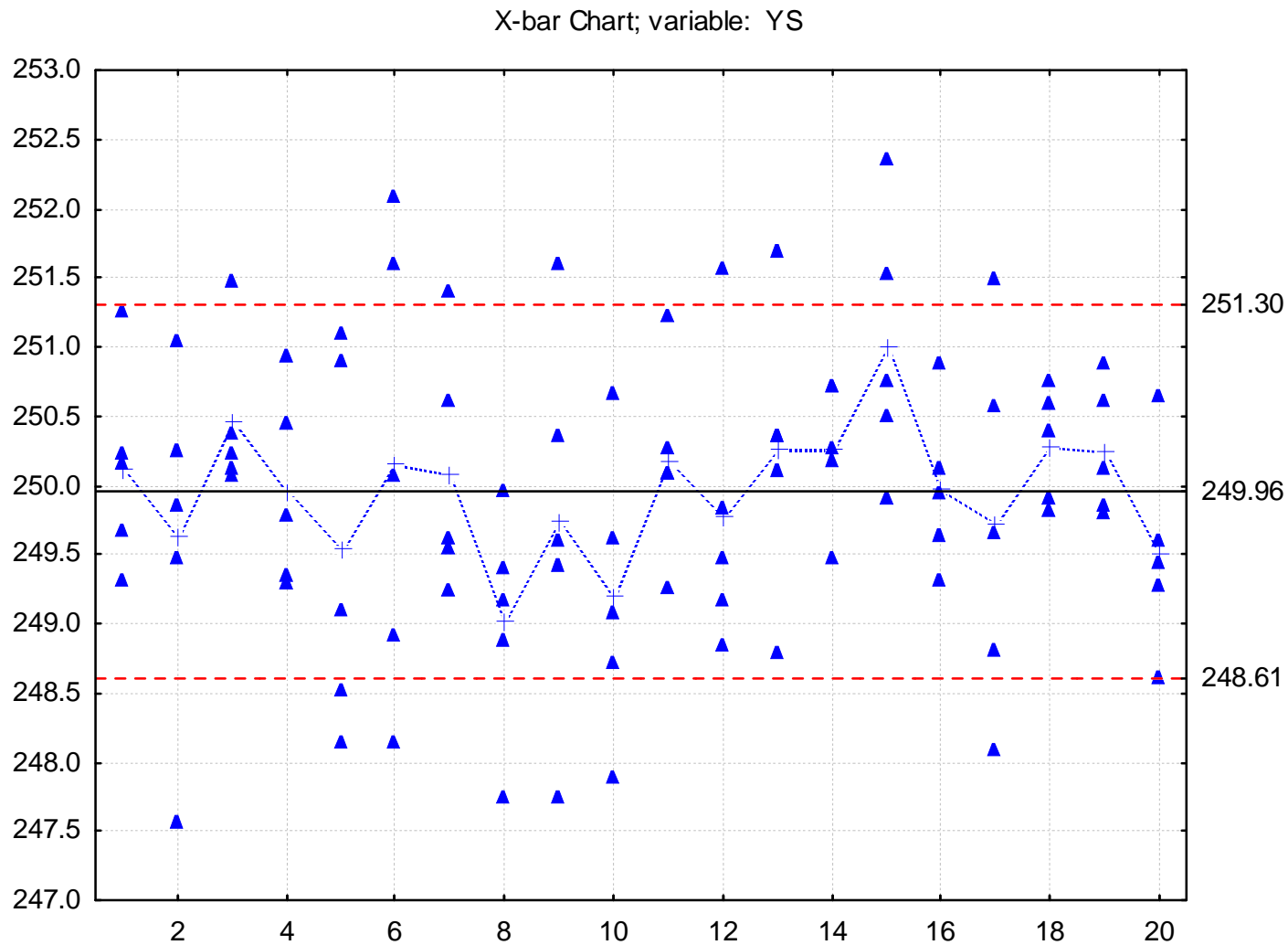
Miért nem a tűréshatárokhoz szabályozunk?



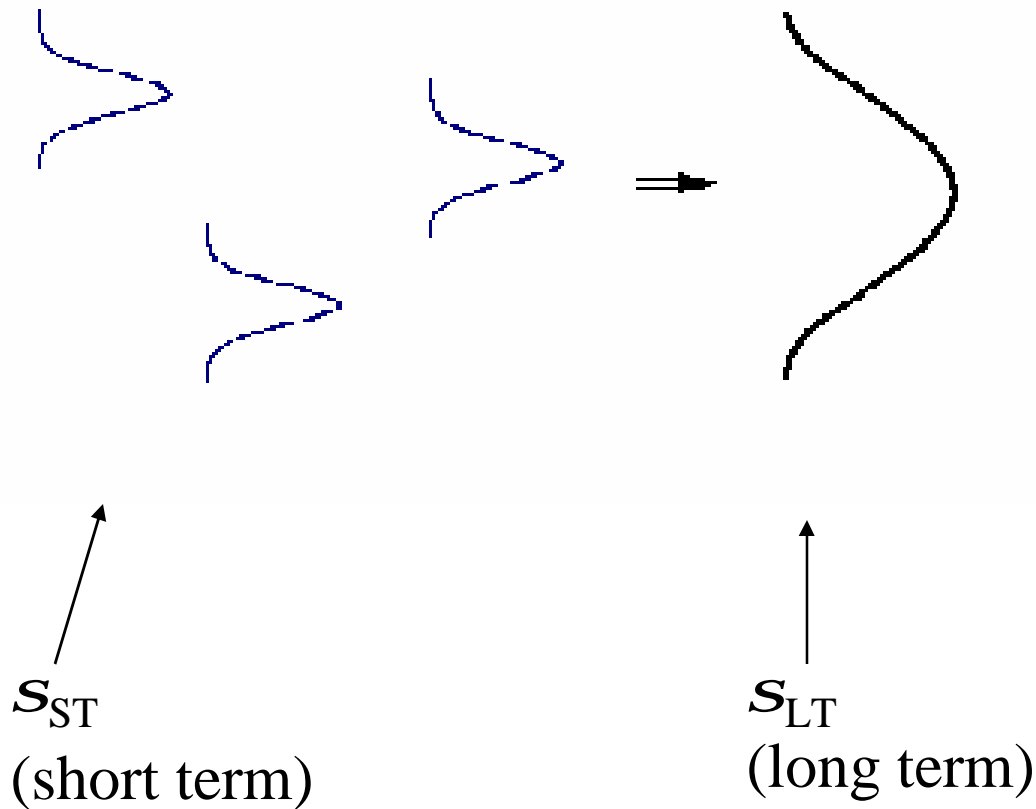


b)

A beavatkozási határok az átlagra vonatkoznak!



Folyamat-képesség és folyamat-teljesítmény, rövid és hosszú távú teljesítmény



$$C_P = \frac{USL - LSL}{6s}$$

melyik s ?

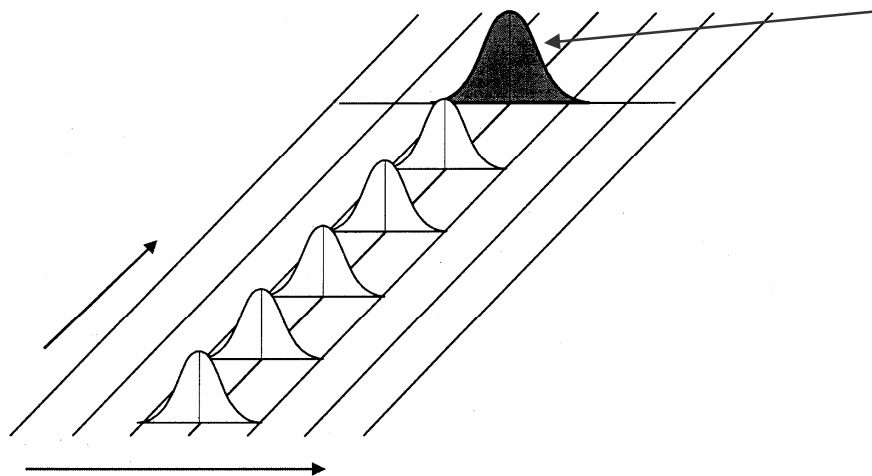
minta (subgroup)

Ha a varianciát a csoportokon belüli (rövidtávú) ingadozásokból becsüljük $\rightarrow C_P$ (potential capability)

Ha a csoportokon belüli és csoportok közötti ingadozást egyaránt figyelembe vesszük, a hosszútávú ingadozásról kapunk képet $\rightarrow P_P$ (process performance, folyamat-teljesítmény)

$$P_P \leq C_P$$

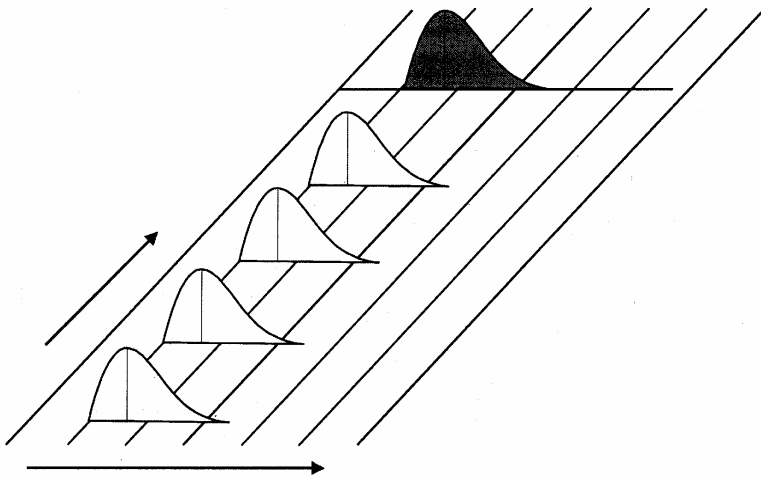
ISO/DIS 21747:2002 Process performance and capability indices



eredmény-eloszlás

A1

$m = \text{konst}$, $\sigma^2 = \text{konst}$, N

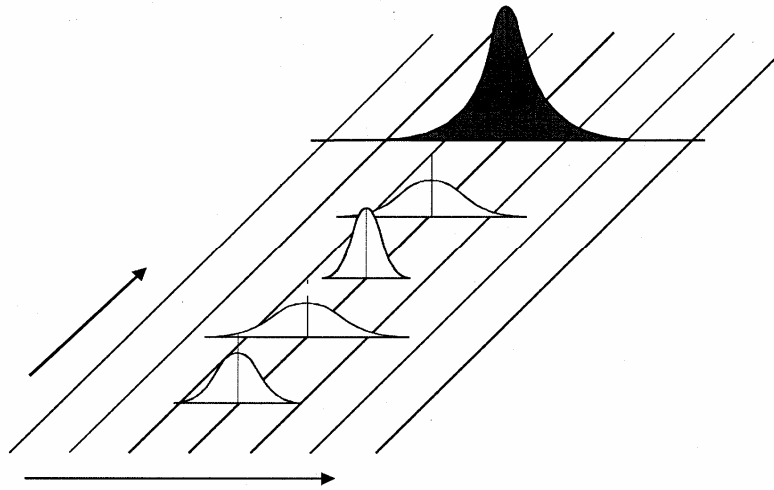


A2

$m = \text{konst}$, $\sigma^2 = \text{konst}$, nem N, de

Hanthy László ábrái

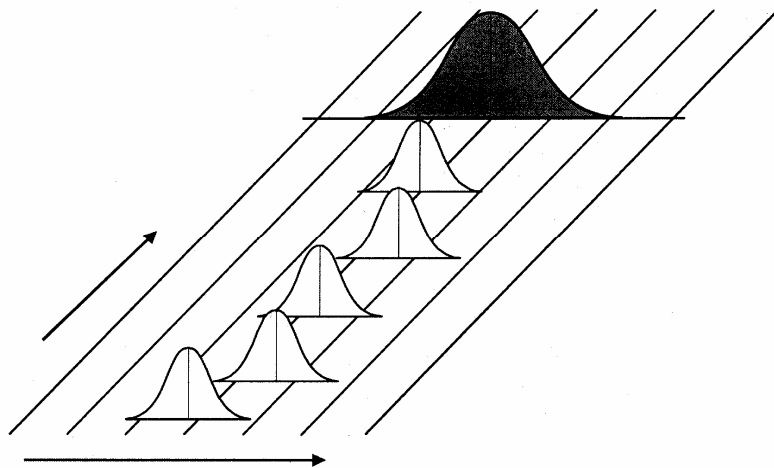




B

$m = \text{konst}$, $\sigma^2 \neq \text{konst}$, N

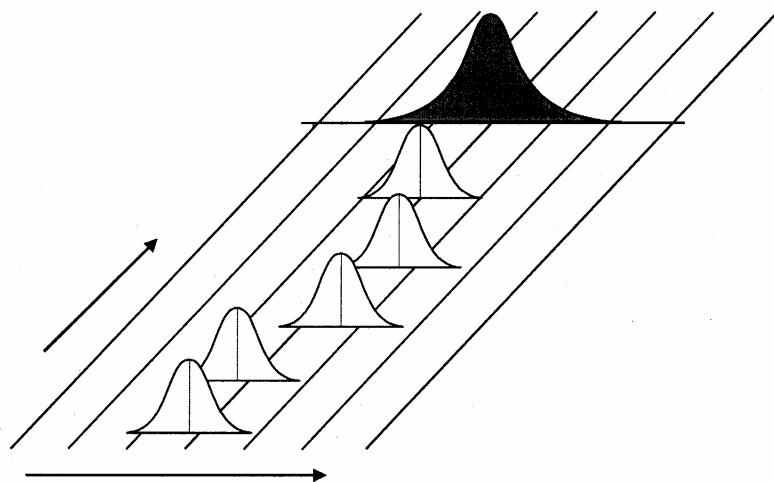
pl. a különböző orsók nem egyformán kopnak (?)



C1

$m \neq \text{konst}$, $\sigma^2 = \text{konst}$, N

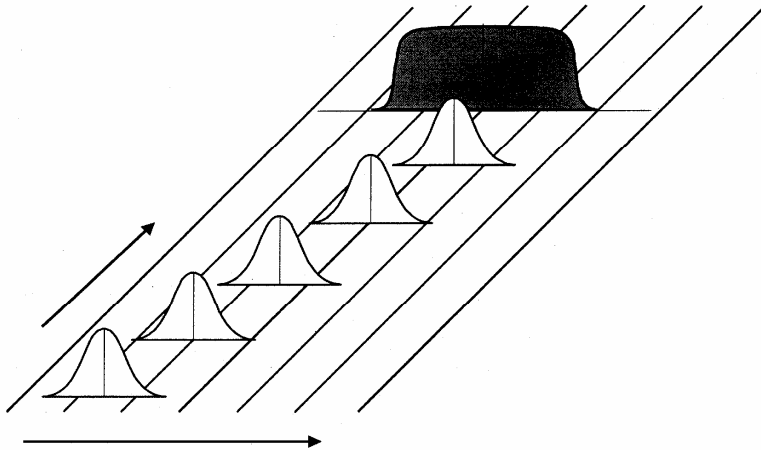
m N eloszlás szerint ingadozik



C2

$m \neq \text{konst}$, $\sigma^2 = \text{konst}$, N

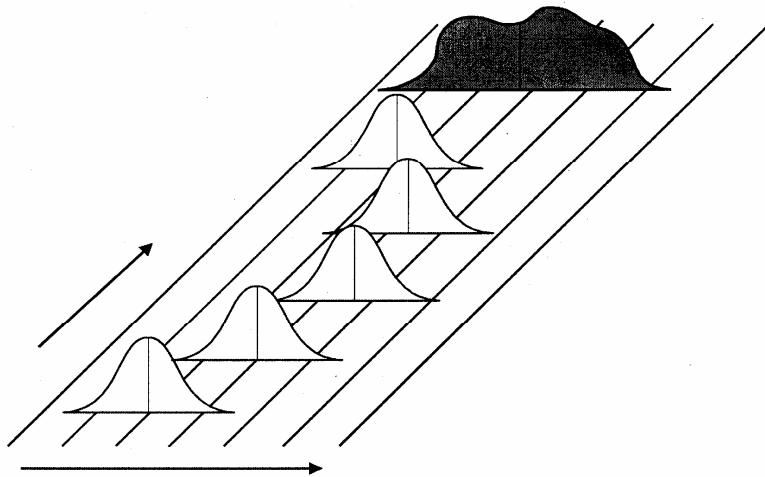
m nem N eloszlás szerint ingadozik



C3

$\sigma^2 = \text{konst, N}$

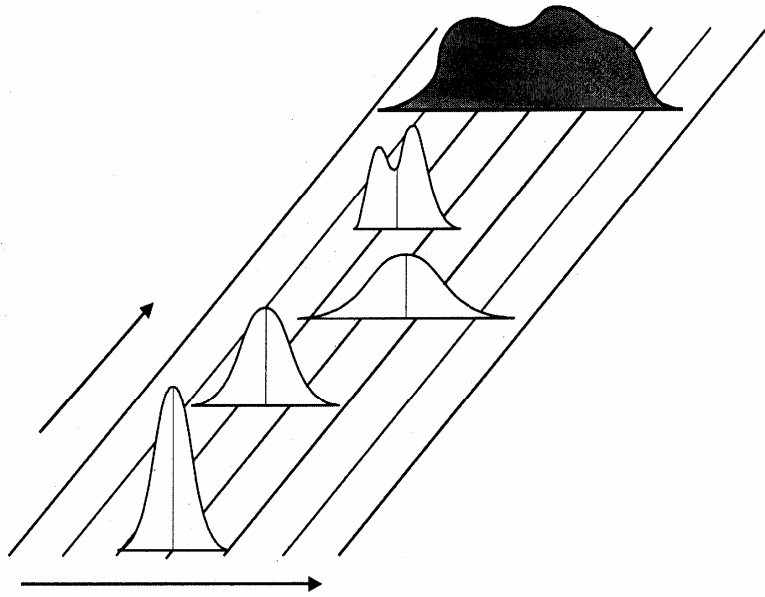
m szisztematikusan változik
(pl. szerszám-kopás)



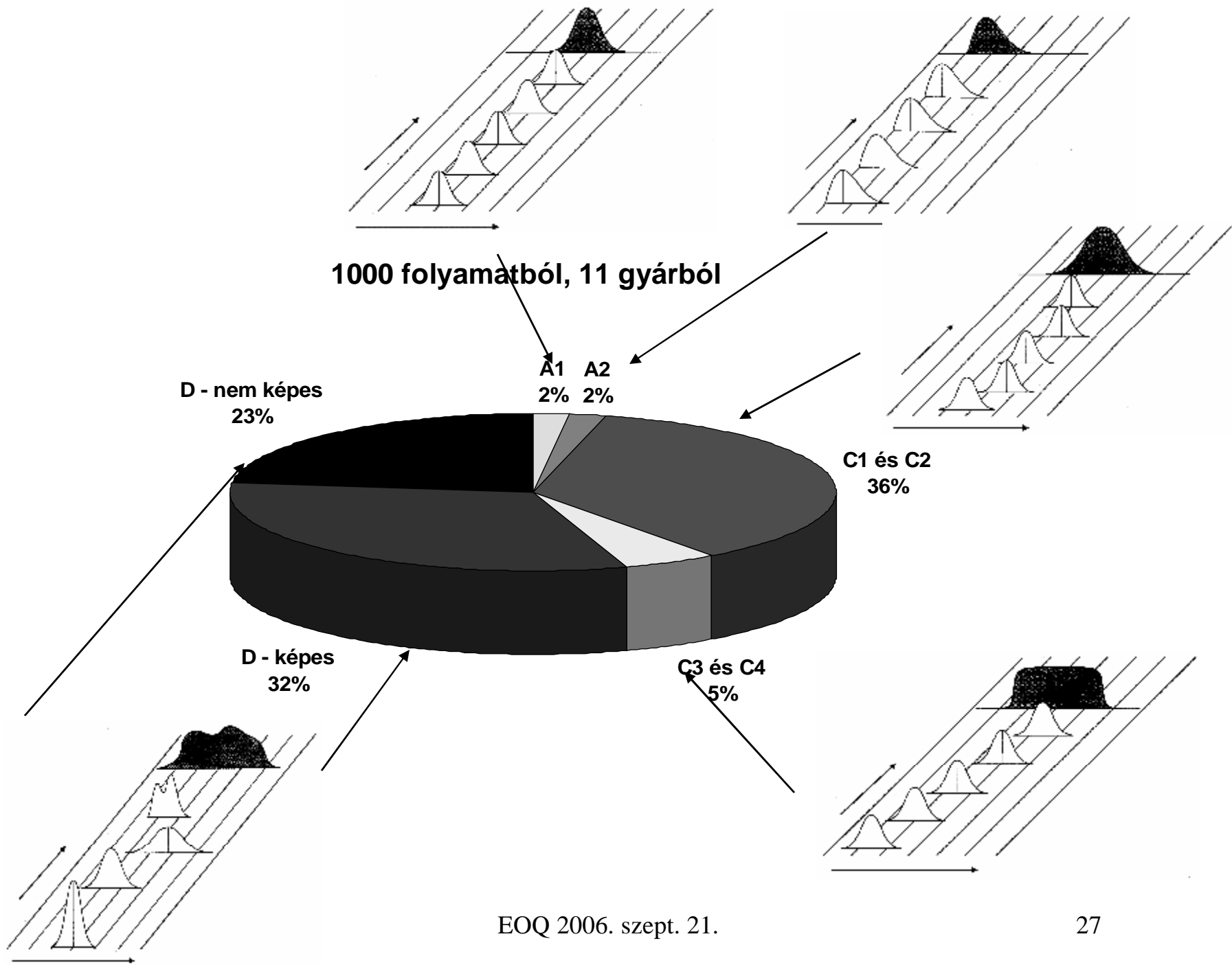
C4

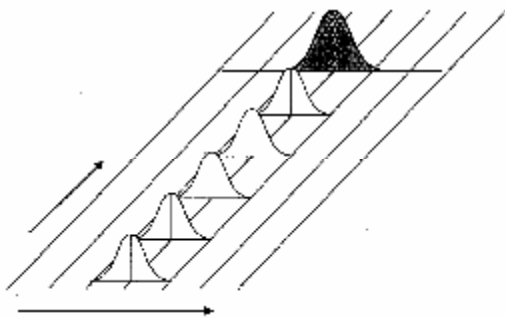
$\sigma^2 = \text{konst, N}$

m szisztematikusan változik + N
ingadozás

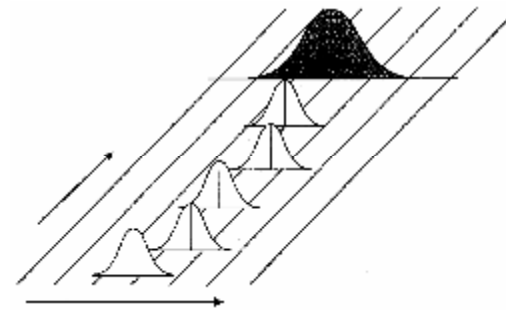


D
minden össze-vissza

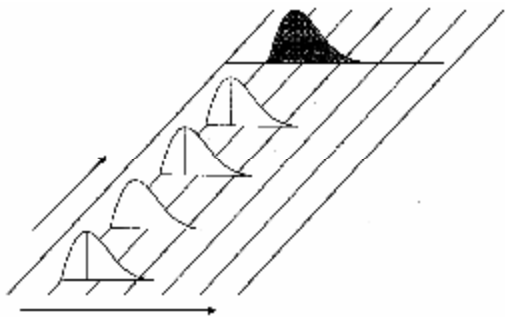




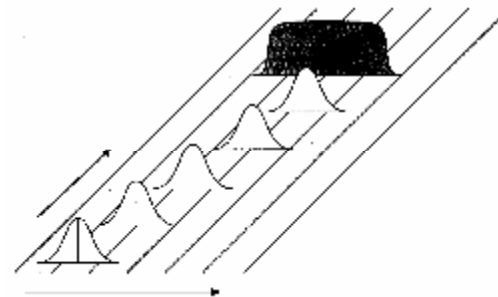
A1



C1

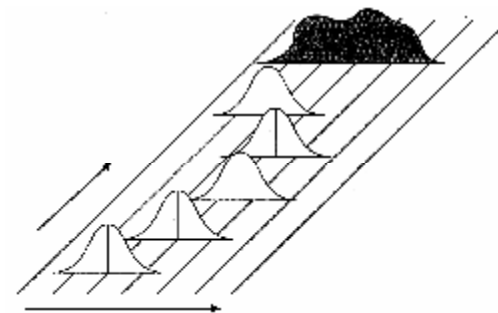


A2



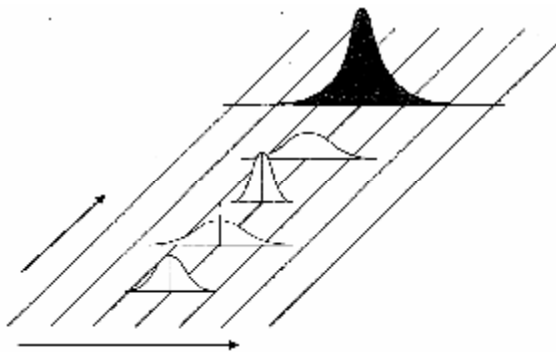
C3

az ingadozás véletlenszerű, időben
 állandó, nincsenek jól
 felismerhető és megnevezhető
 okai, a jellemző jövőbeli értékei
 statisztikai módszerekkel
 megadható határok között vannak

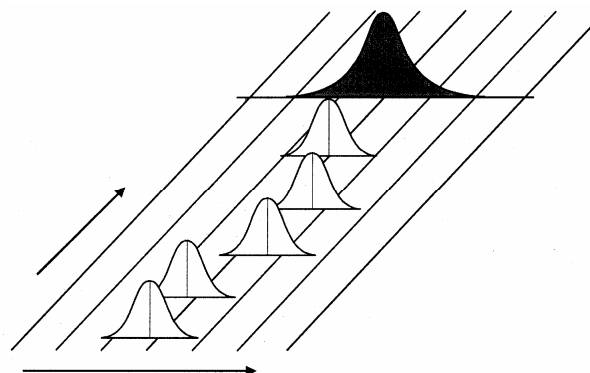


C4

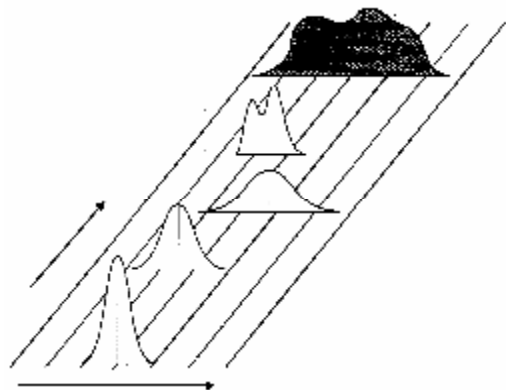
Állásponatom: stabil!



B



C2

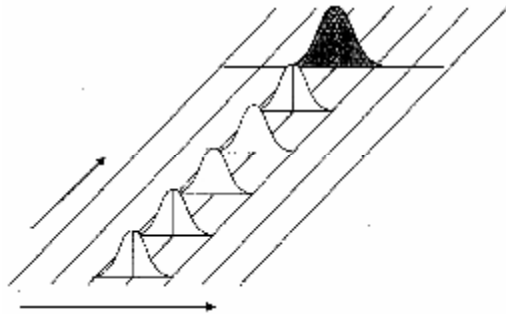


D

az ingadozás nem véletlenszerű,
vagy időben nem állandó, vagy
nincsenek jól felismerhető és
megnevezhető okai, a jellemző
jövőbeli értékei nincsenek
statisztikai módszerekkel
megadható határok között

Álláspontom: nem stabil!

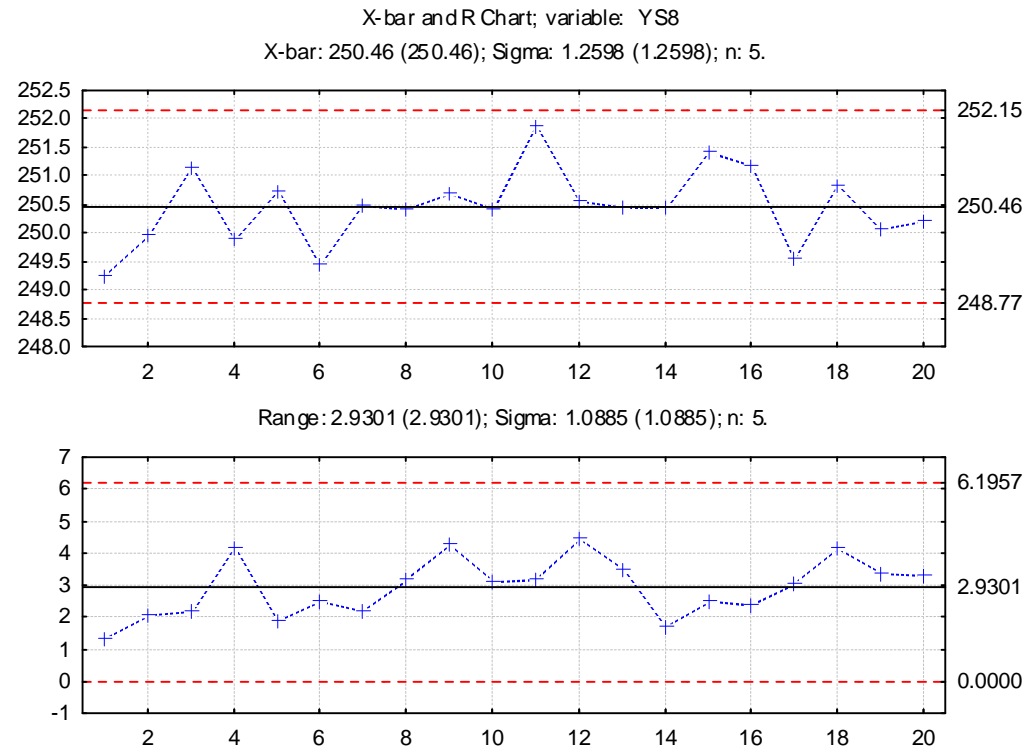
Hogy stabilnak nevezhessük, kártyával ellenőriznünk kell.
Shewhart-kártya:

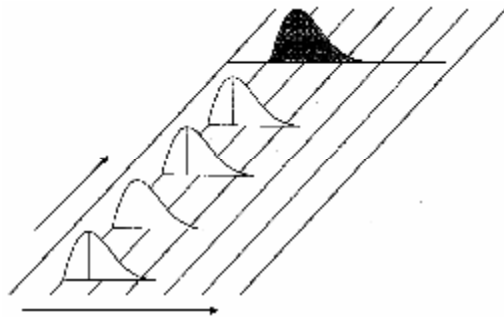


A1

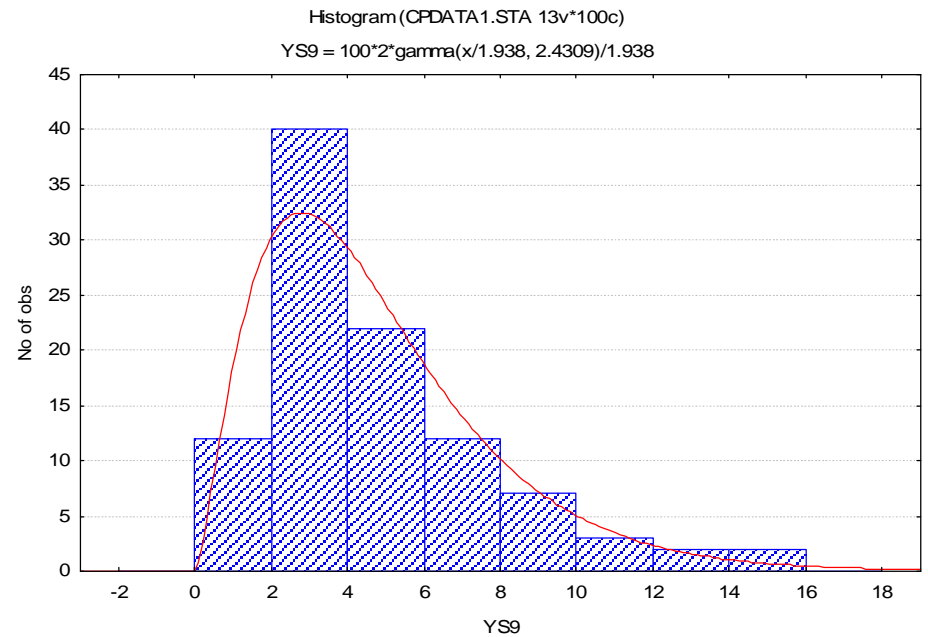
$$C_P = \frac{USL - LSL}{6s}$$

$$C_P = P_P$$

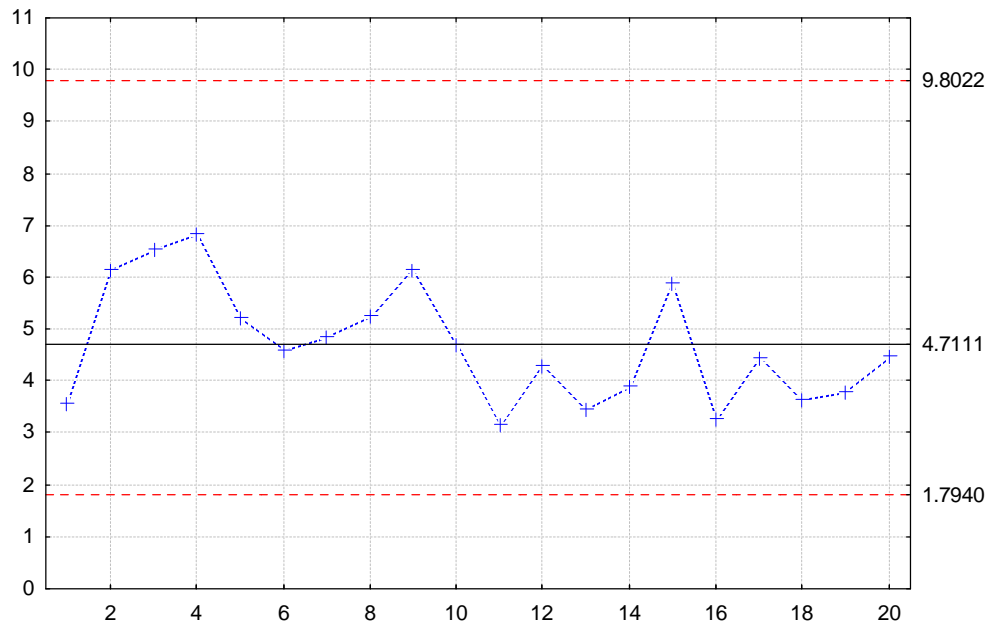




A2



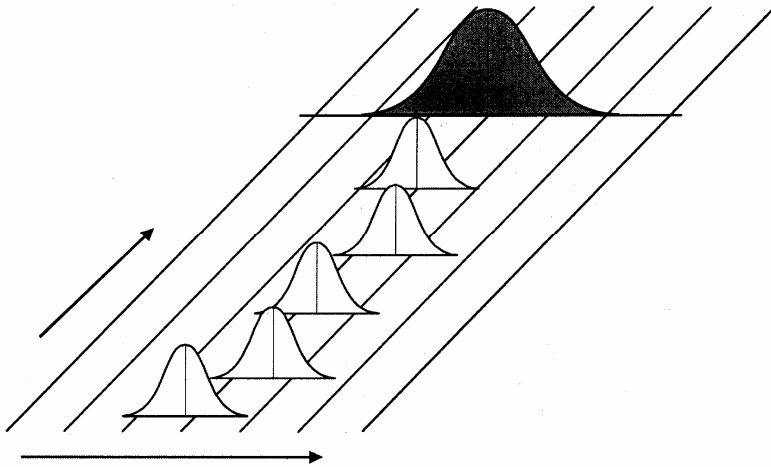
X-bar Chart; variable: YS9
 Non-Normal X-bar: 4.7111 (4.7111); Sigma: 3.0617 (3.0617); n: 5.
 Skewness: 1.3831 (1.3831); Kurtosis: 2.0922 (2.0922)



Shewhart robusztus!
 átlag!

$$C_P = \frac{USL - LSL}{U_p - L_p}$$

$$C_P = P_P$$



C1

$m \neq \text{konst}$, $\sigma^2 = \text{konst}$, N

m N eloszlás szerint ingadozik

Több ingadozás-forrás:

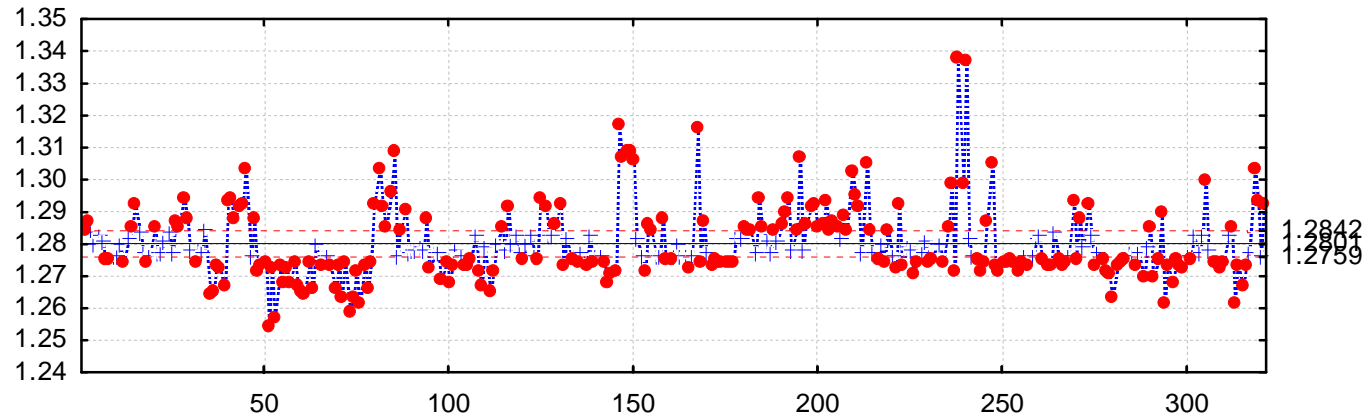
csoportokon belül (within)

csoportok között (between)

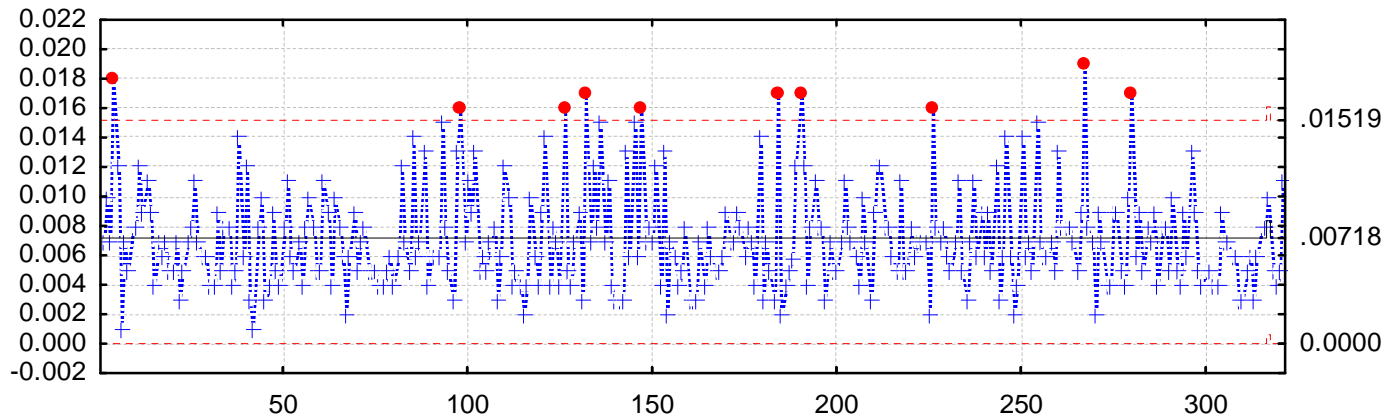
$$C_P \neq P_P$$

krimp-magasság, 1607 adat, ~5 elemű minták, USL=1.37, LSL=1.17

X-bar and R Chart; variable: krimp1
X-bar: 1.2801 (1.2801); Sigma: .00309 (.00309); n: 5.0062



Range: .00719 (.00719); Sigma: .00267 (.00267); n: 5.0062



	krimp1; Set 0 -3.000 *Sigma 3.000 *Sigma
Capability Index	
Within-sample sigma=R-bar/d2	Value
Lower Specification Limit	1.17000
Nominal Specification	1.27000
Upper Specification Limit	1.37000
CP (potential capability)	10.79153
CR (capability ratio)	0.09267
CPK (demonstrated excellence)	9.70321
CPL (lower capability index)	11.87986
CPU (upper capability index)	9.70321
K (non-centering correction)	0.10085

	krimp1; Set 0 (l -3.000 *Sigma= 3.000 *Sigma=
Performance Index	Value
Lower Specification Limit	1.170000
Nominal Specification	1.270000
Upper Specification Limit	1.370000
PP (performance index)	3.022441
PR (performance ratio)	0.330858
PPK (perf. demonstr. excell.)	2.717628
PPL (lower performance index)	3.327254
PPU (upper performance index)	2.717628

	Components o Over-paramete Type III decom
Effect	krimp1
minta	0.0001115
Error	0.0000105

s_A^2

s_e^2

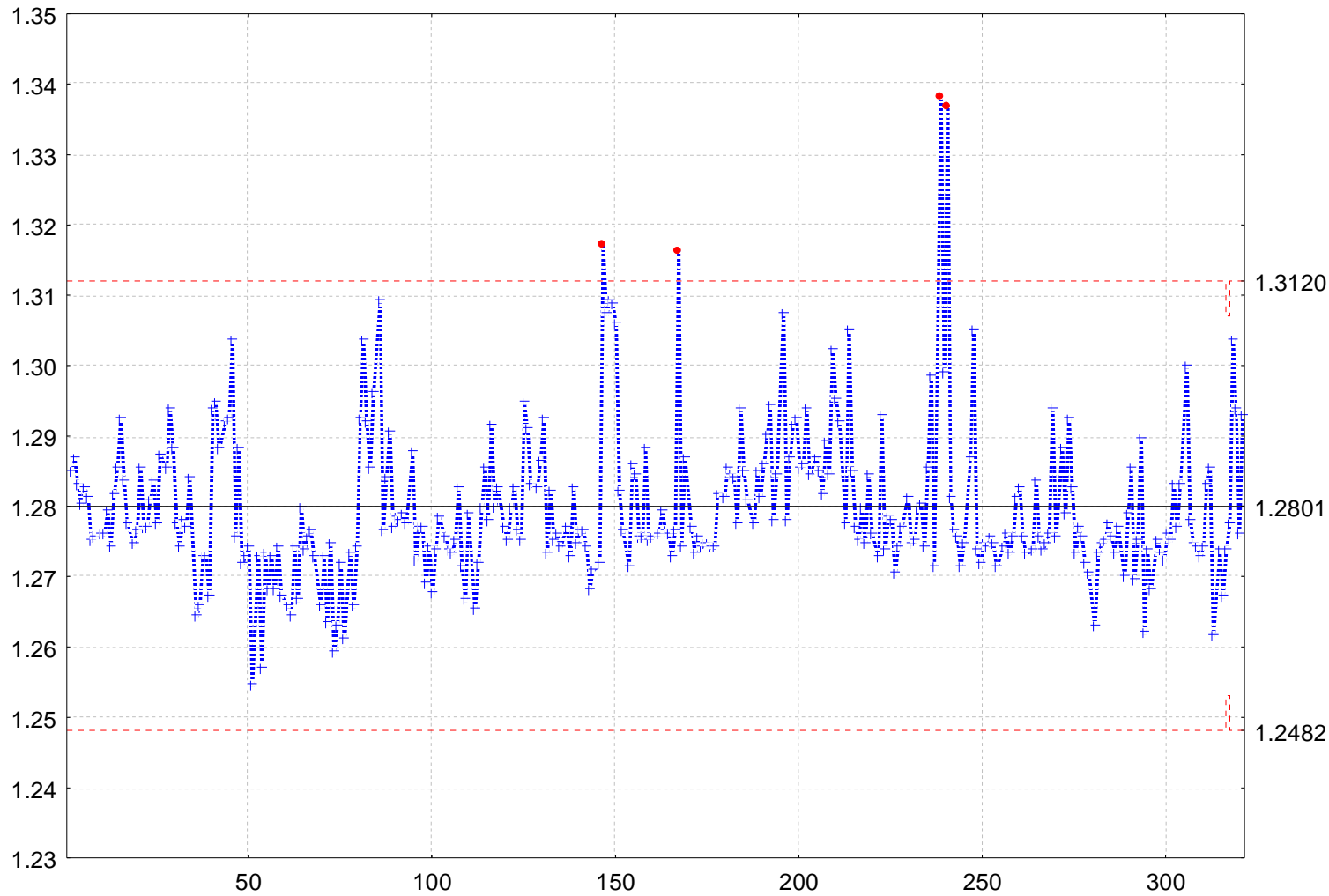
$$y_{ij} = m + a_i + e_{ij}$$

az átlag-kártyán: $\bar{y}_i = m + a_i + \bar{e}_i$

$$Var(\bar{y}_i) = s_A^2 + \frac{s_e^2}{p}$$

X-bar Chart; variable: krimp1

X-bar: 1.2801 (1.2801); Sigma: .00309 (.02380); n: 5.0062



1.284 helyett



1.276 helyett



$$y_{ij} = \mathbf{m} + \mathbf{a}_i + \mathbf{e}_{ij}$$

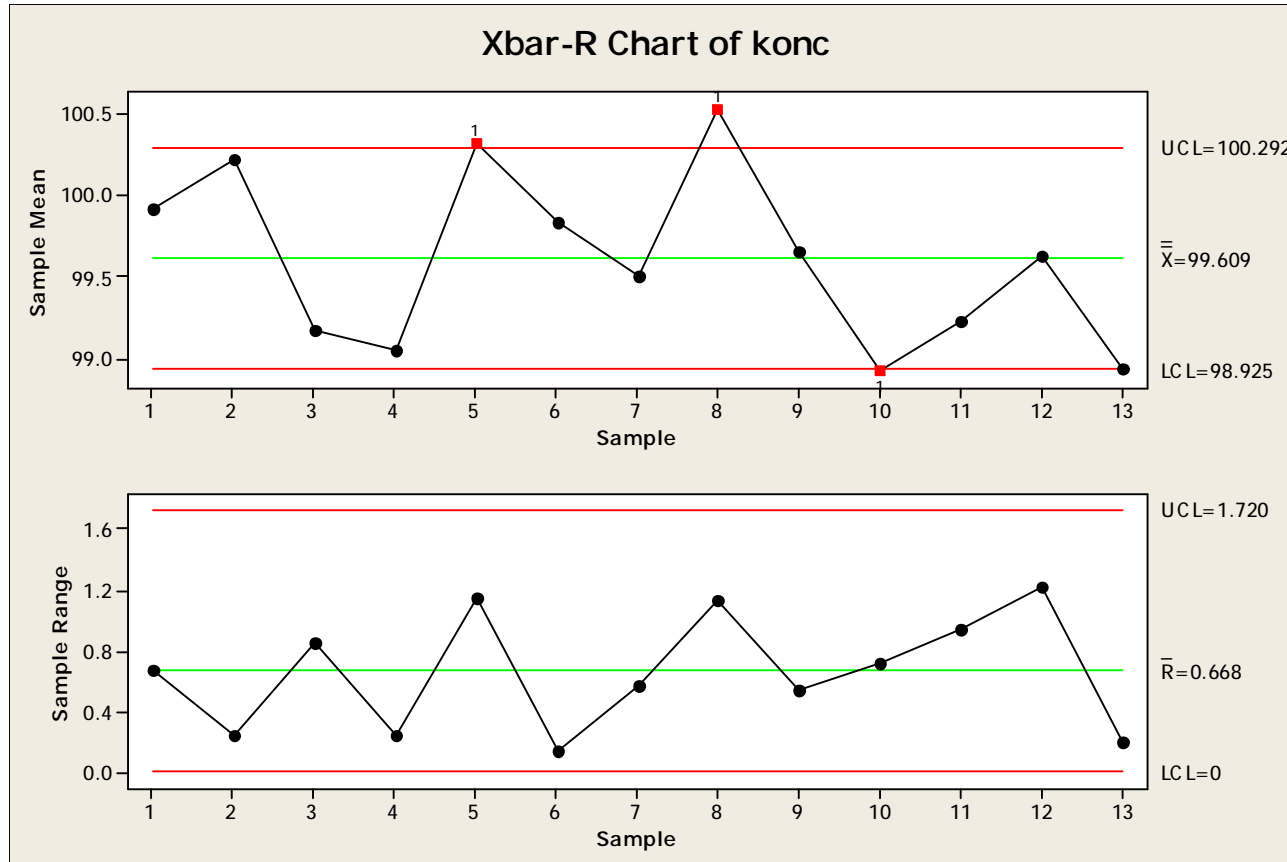
Milyen bizonytalanságot „élvez” a vevő?

$$s_y^2 = s_A^2 + s_e^2$$

$$C_P = \frac{USL - LSL}{6\sqrt{s_A^2 + s_e^2}}$$

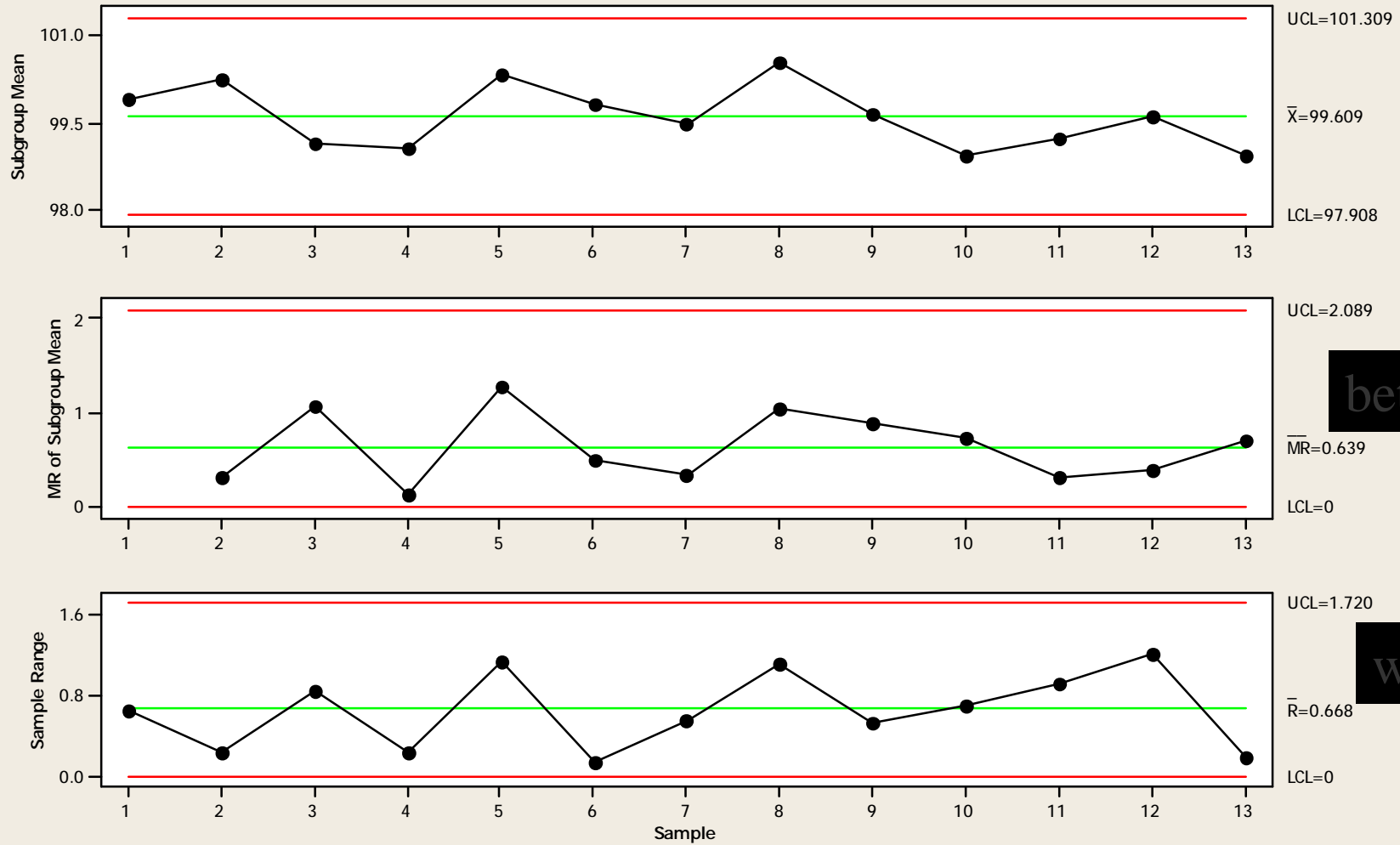
Gyógyszergyári ellenőrző laboratóriumban az eljárás stabilitását (időbeli állandóságát) úgy ellenőrzik, hogy egy ismert összetételű minta (ún. ellenőrző minta) hatóanyag-tartalmát havonta mérik, alkalmanként 3 ismétléssel.

Hónap	Hatóanyag-tartalom		
1	99.62	100.28	99.86
2	100.24	100.10	100.34
3	99.66	98.81	99.02
4	99.20	98.96	98.96
5	99.73	100.38	100.87
6	99.77	99.91	99.84
7	99.29	99.85	99.36
8	101.24	100.25	100.12
9	99.44	99.98	99.56
10	98.49	99.06	99.20
11	98.78	99.20	99.71
12	100.33	99.43	99.12
13	98.81	98.97	99.00



Itt a mintán belüli ingadozás csak egy része a véletlen ingadozásnak, a hónapok közöttit is figyelembe kell venni.

I-MR-R/S (Between/Within) Chart of konc



between

within

ANOVA (varianciaanalízis):

Az eltérés forrása	Szabadsági fok	Szórásnégyzet	Szórásnégyzet várható értéke	F_0	p
A: hónap	12	$s_A^2 = 0.8832$	$s_e^2 + p s_A^2$	$s_A^2 / s_R^2 = 5.782$	0.000092
Ismétlések	26	0.1527	s_e^2		

A hónapok közötti különbség tehát jelentős.

Adjunk becslést az A faktor (a hónapok) hatásának varianciájára!

$$\hat{S}_A^2 = s_{between}^2 = \frac{s_A^2 - s_R^2}{p} = \frac{0.8832 - 0.1527}{3} = 0.2435$$

Az ismétlések varianciájának becslése:

$$\hat{S}_e^2 = s_{within}^2 = s_R^2 = 0.1527$$

A beavatkozási határokat a szokásos esetben az ismétlések ingadozásából számoljuk.

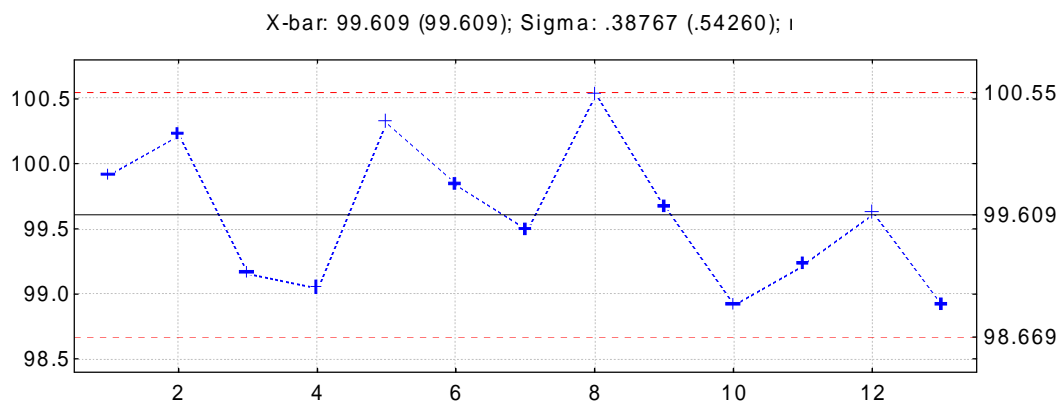
$$\widehat{s}_e^2 = s_R^2 = 0.1527 \quad \text{az ismétlések szórásnégyzetének becslése}$$

$$\widehat{s}_A^2 = 0.2435 \quad \text{a hónapok közötti ingadozás szórásnégyzetének becslése}$$

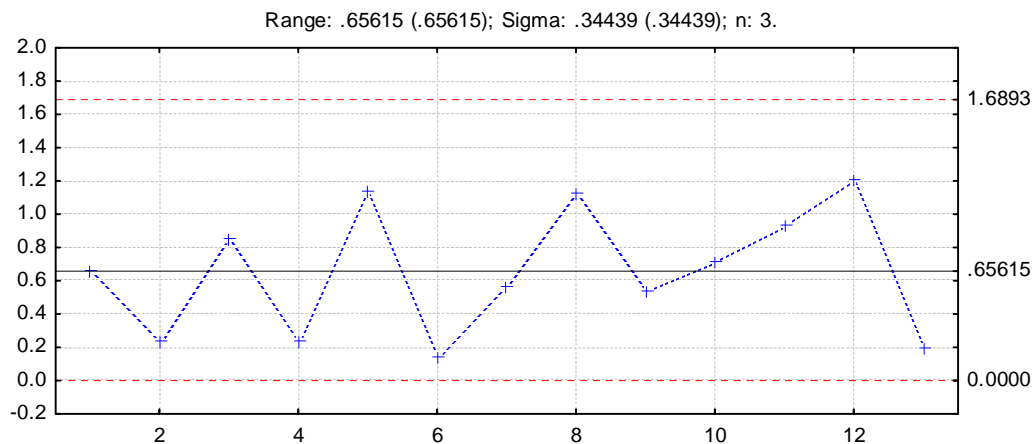
$$s_{\bar{y}}^2 = s_A^2 + \frac{s_e^2}{p} \quad \leftarrow \text{ezt kell a kártya beavatkozási határaihoz használni}$$

$$\widehat{s}_{\bar{y}}^2 = 0.2435 + \frac{0.1527}{3} = 0.2944$$

A kétrétegű ingadozást (hónap és ismétlés) figyelembe vevő beavatkozási határokkal rajzolt kártya



$$\bar{y} + 3\sqrt{\frac{s_w^2}{3} + s_b^2}$$

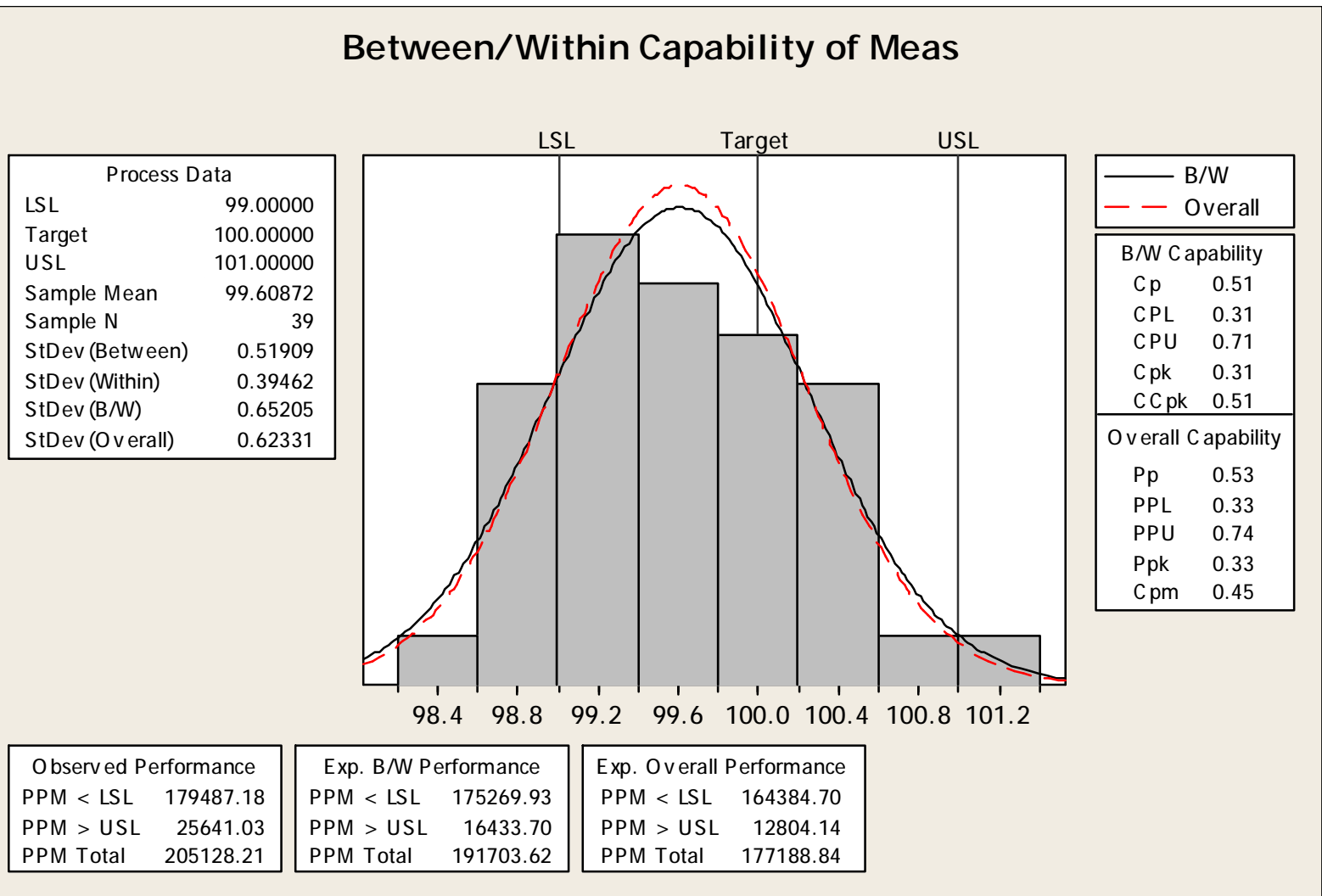


Between/Within

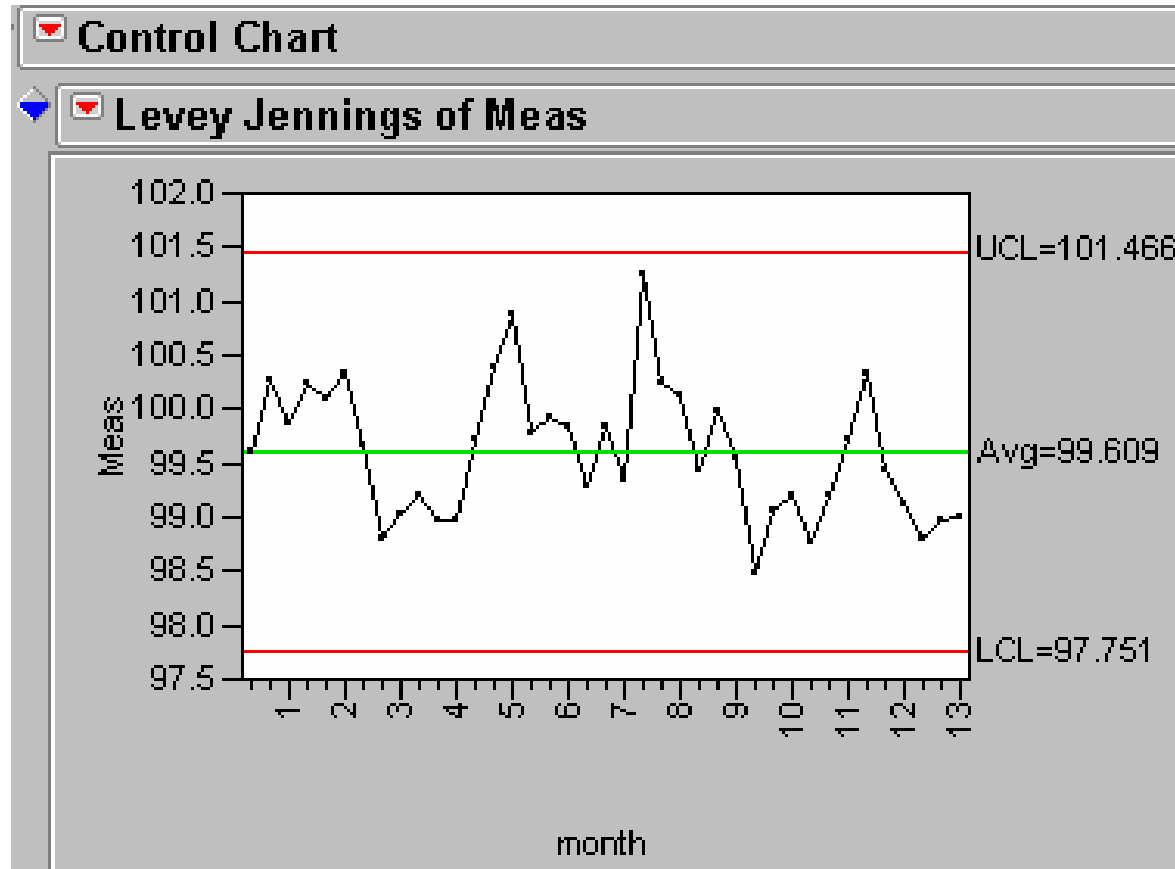
$$s_{\text{Overall}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{100} (x_i - \bar{x})^2}{99}}$$

$$s_{\text{B/W}} = \sqrt{s_B^2 + s_W^2}$$

0.4935 ↘
 0.3907 →
 0.6294 ↗



JMP

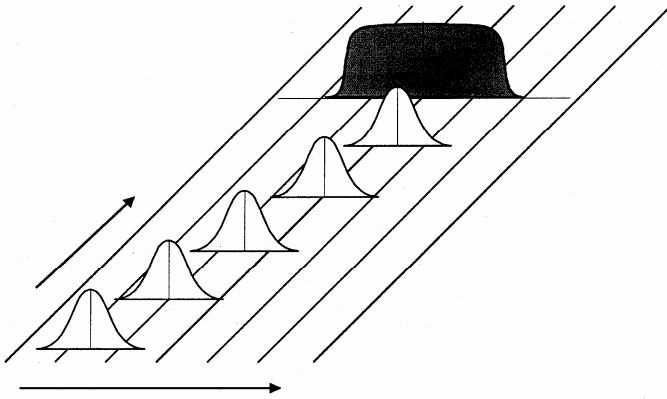


$$\bar{y} + 3\sqrt{s_w^2 + s_b^2}$$

nem pedig

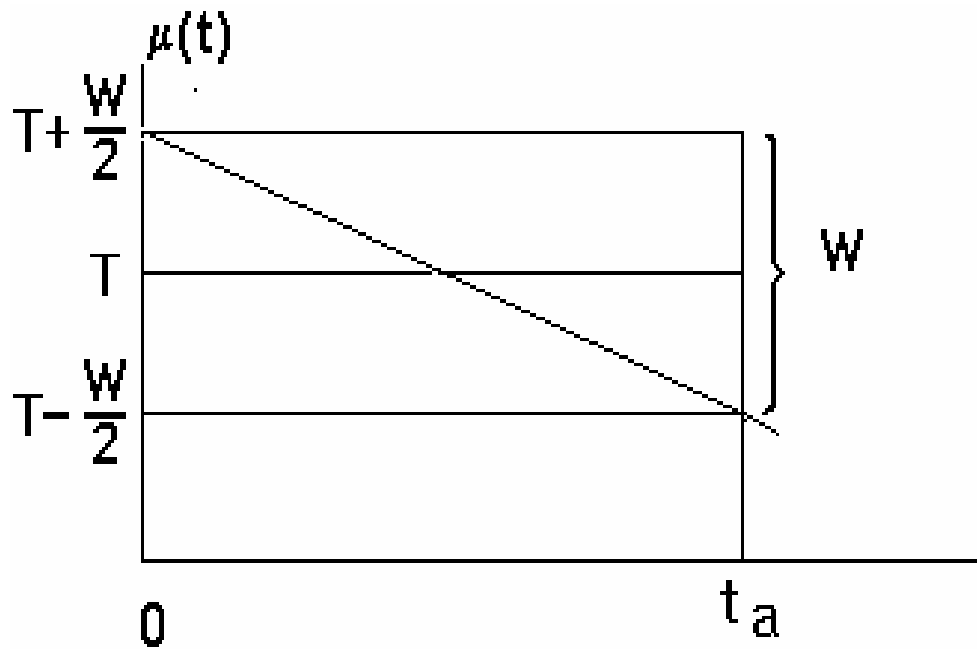
$$\bar{y} + 3\sqrt{\frac{s_w^2}{3} + s_b^2}$$

“control limits are based on long term sigma”



C3

Regressziós ellenőrző kártya



Egy furat névleges átmérője 20 mm,

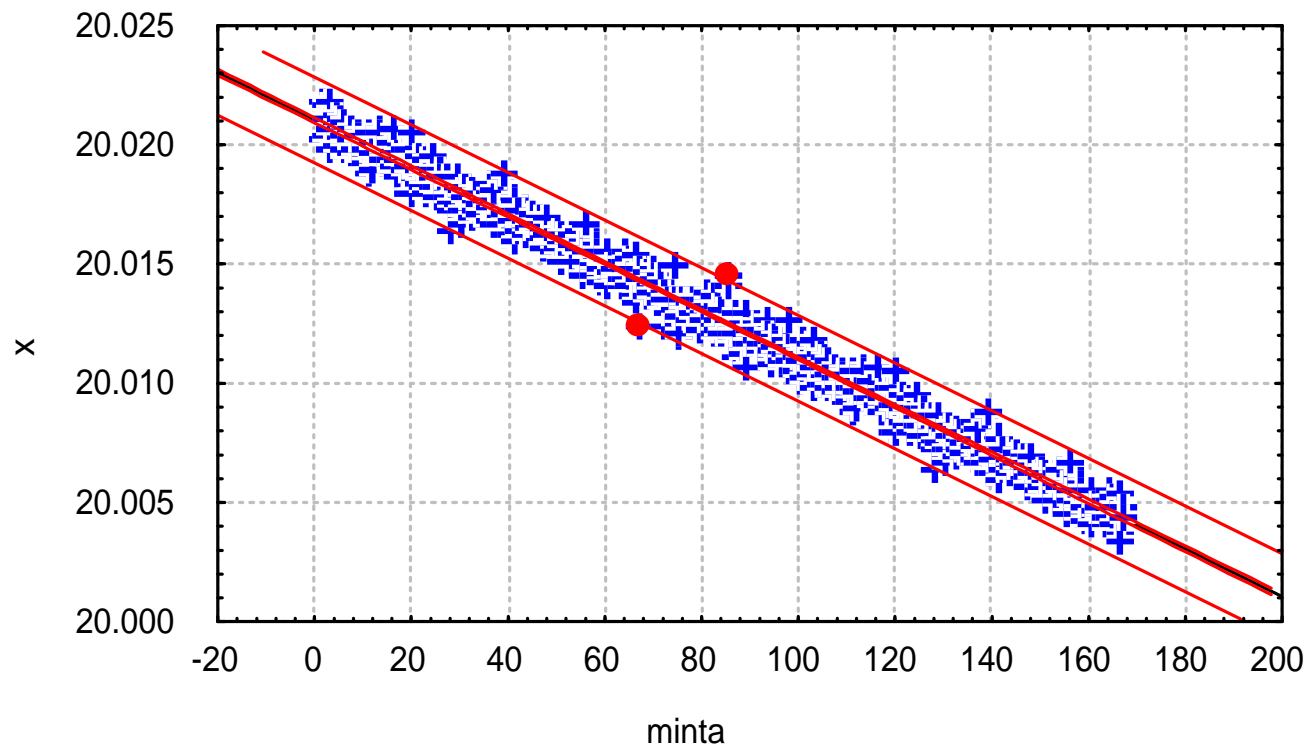
$USL=20.021$ mm; $LSL=20.0$ mm.

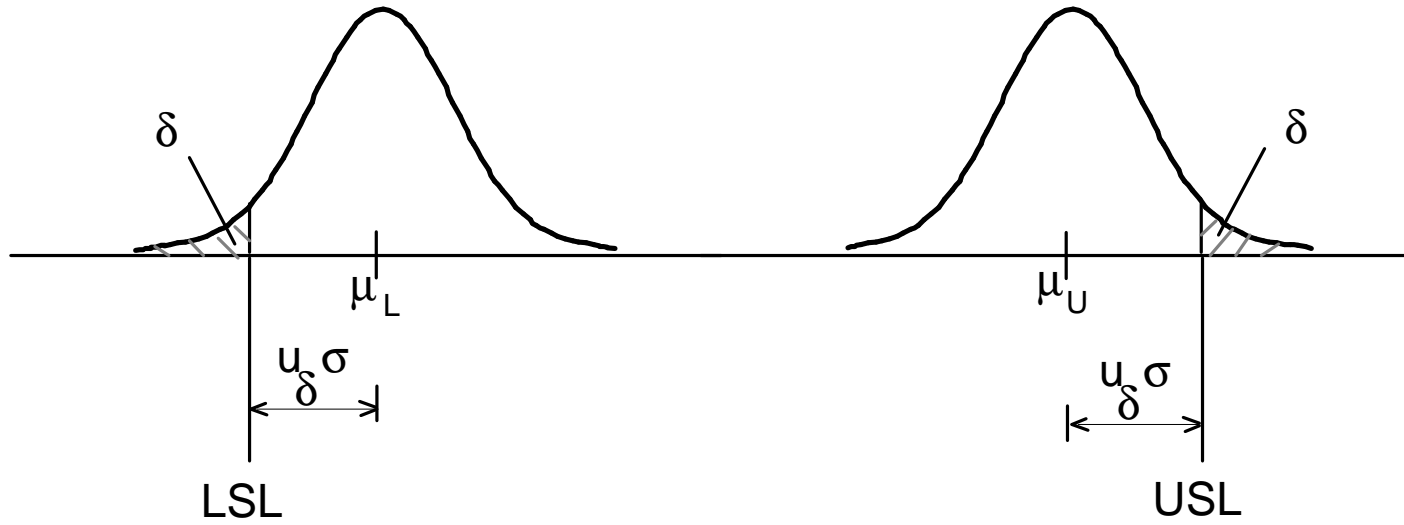
$T=20.0105$ mm.

A szerszám kopása miatt a tényleges furat-átmérő egyre csökken.

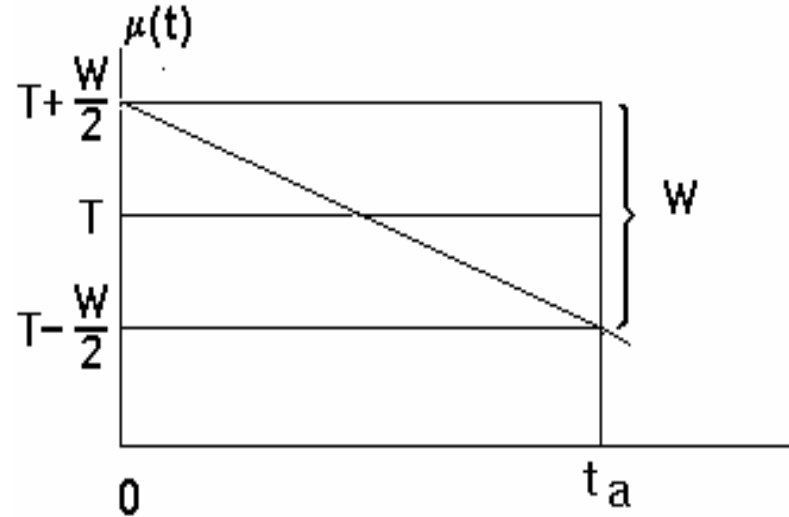
Minden minta 3 elemű volt, összesen 500 adatot ábrázoltunk.

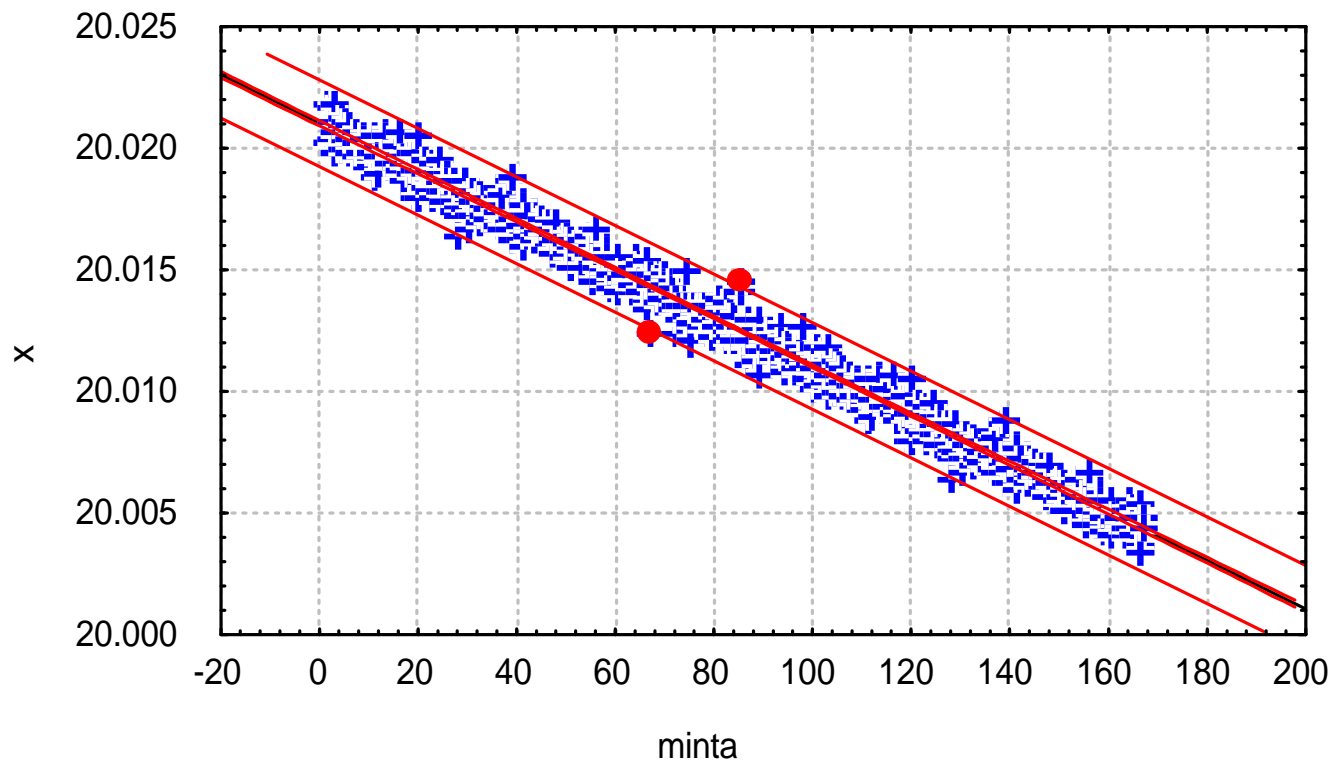
A regressziós egyenes meredeksége 0.0001 mm/minta,
egy minta 3 darab,
az eltolódás meredeksége $d=3.33 \cdot 10^{-5}$ mm/darab





$$W = m_U - m_L$$





$$m = m(t)$$

A szerszámcsere időpontja:

$$t_a = \frac{W}{d} = \frac{0.0174}{3.33 \cdot 10^{-5}} = 522$$

522 furat készíthető egy dörzsárral, ha azt akarjuk, hogy

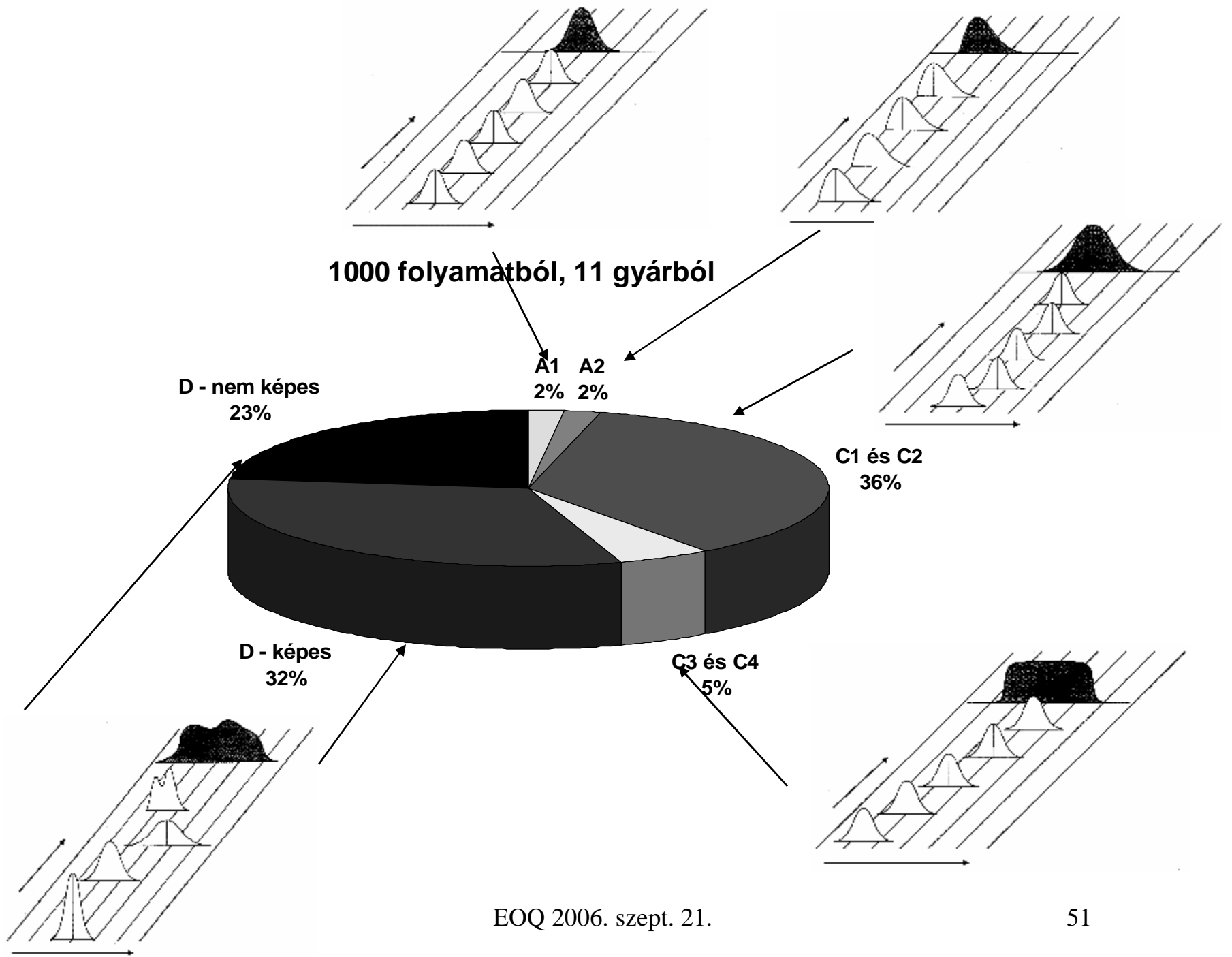
az összes elkészült furat 99.73%-a

99.73% biztonsággal

a tűrésmezőn belül legyen.

A Taguchi-féle veszteség-függvény minimumát számolva 228 furat legyártása után kell szerszámot cserélni az 522 helyett.

A veszteség 228 furat után cserélve a szerszámot 9.08 Ft/furat, 522 furatnál 25.15 Ft/furat.



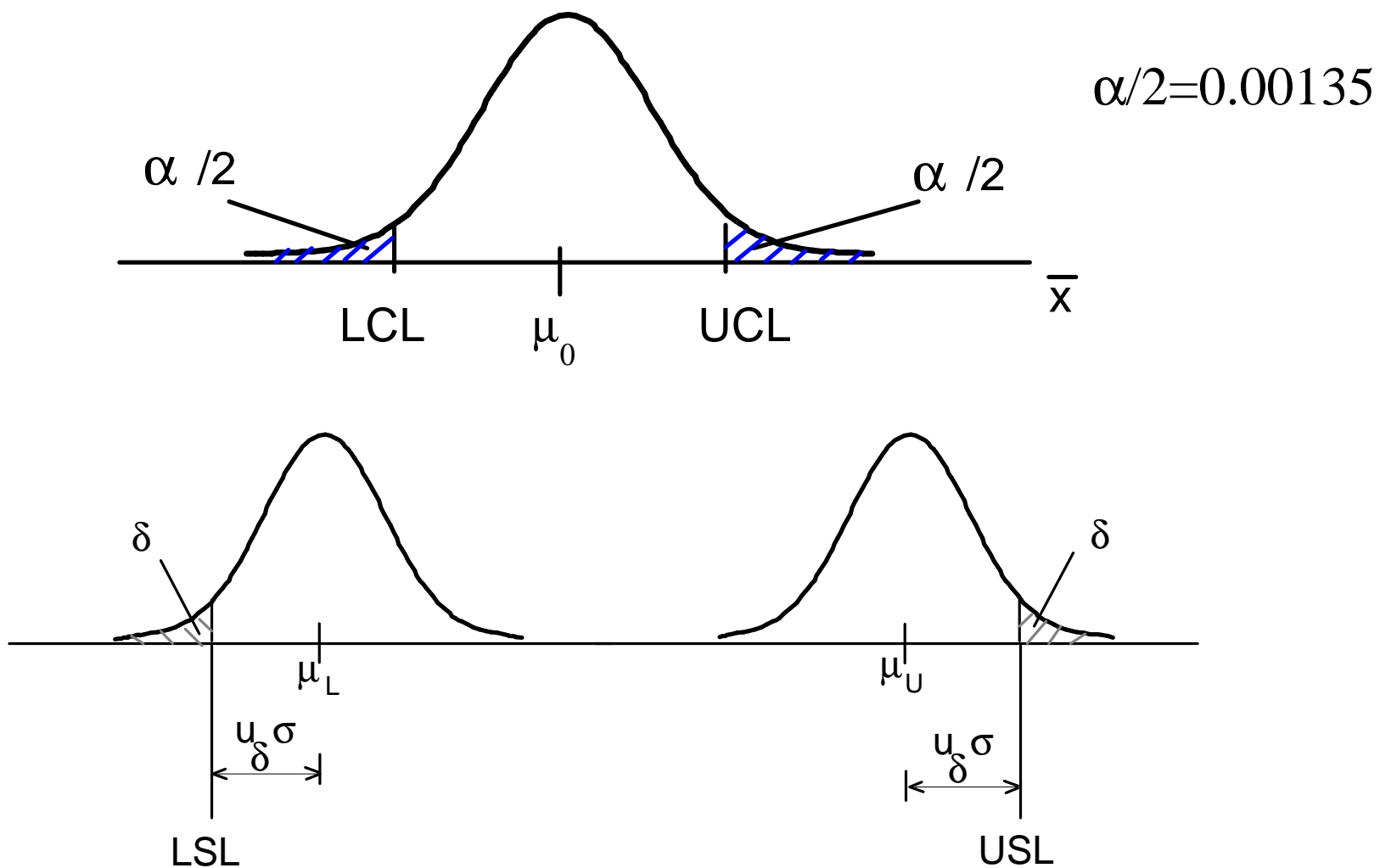
Módosított határú kártya (elfogadási kártya)

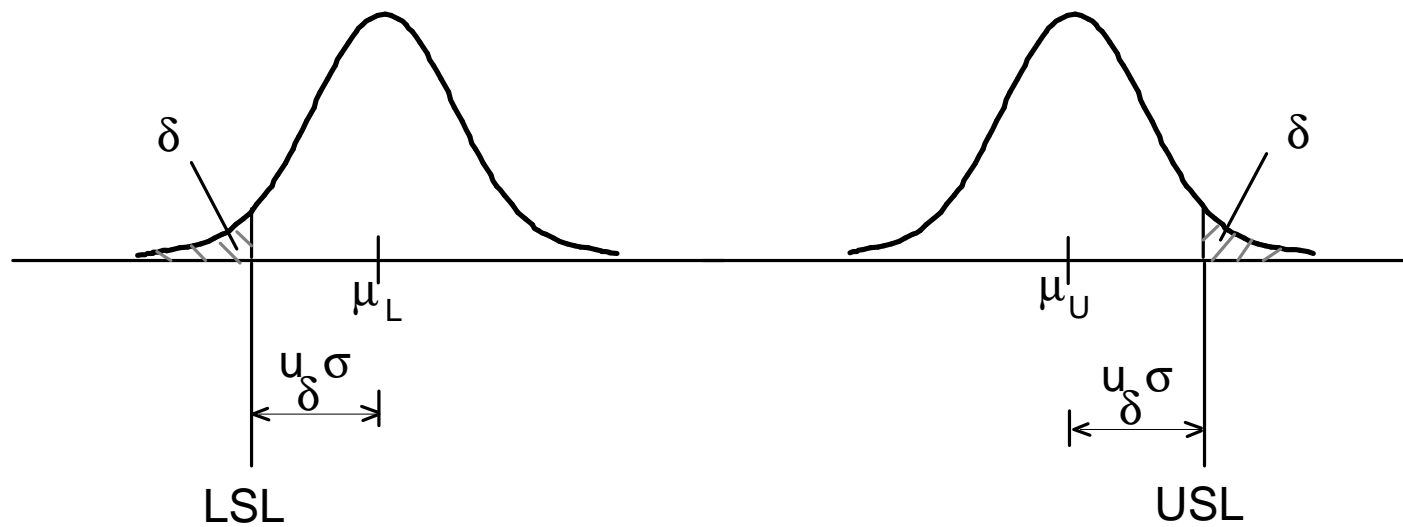
H. W. Kelly III, C. G. Drury: Sociotechnical reasons for the de-evolution of SPC, Quality Management Journal, 9, 2002

Pre-control charts

Modified control limit charts

Módosított határú kártya (elfogadási kártya)





$$m_L = LSL + u_d S$$

$$m_U = USL - u_d S$$

$$UCL = m_U + 3S / \sqrt{n} = USL - u_d S + 3S / \sqrt{n} = USL - (u_d - 3 / \sqrt{n}) S$$

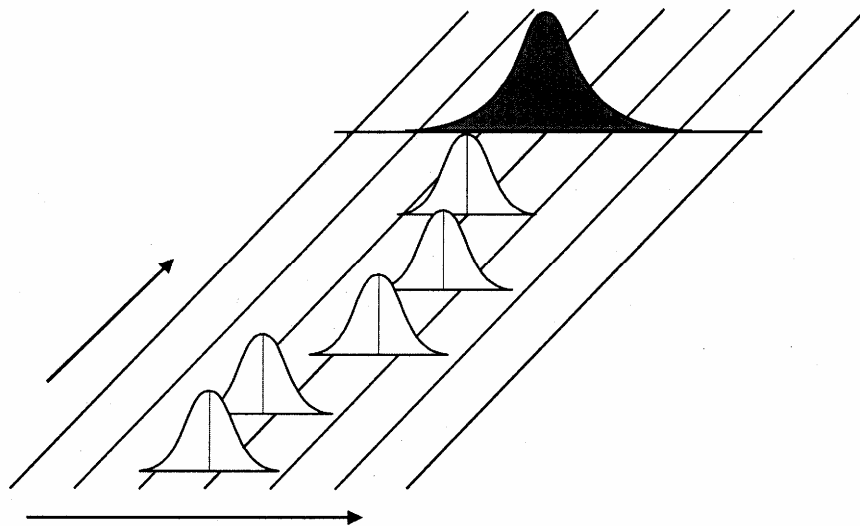
$$LCL = m_L - 3S / \sqrt{n} = LSL + u_d S - 3S / \sqrt{n} = LSL + (u_d - 3 / \sqrt{n}) S$$

Több áram kezelése: csoport-kártyák

pl. több töltőfej (multiple streams)

8 fejű töltőgép adagolja a mustárt üvegekbe.

Készítsünk kártyát előzetes adatfelvételhez!



C2

$m \neq \text{konst}$, $\sigma^2 = \text{konst}$, N

μ nem N eloszlás szerint ingadozik

nem időben, térben!!! ???

minta	FEJ1	FEJ2	FEJ3	FEJ4	FEJ5	FEJ6	FEJ7	FEJ8
1	378	375	367	370	384	372	372	371
2	376	372	362	367	383	373	370	379
3	372	385	373	372	386	380	374	376
4	379	375	370	371	385	380	374	375
5	374	373	362	380	383	372	370	368
6	352	371	366	370	385	371	377	378
7	370	377	370	374	385	380	370	370
8	377	379	367	370	385	372	367	372
9	370	380	367	373	383	369	373	371
10	369	374	366	375	383	370	379	369
11	373	376	374	373	388	372	371	378
12	375	380	371	377	388	368	376	371
13	380	375	374	376	386	380	376	370
14	372	373	375	383	387	378	375	376
15	380	375	370	374	386	368	373	376
16	379	372	373	372	386	378	368	374
17	372	376	369	373	388	381	376	371
18	368	372	372	375	387	380	380	375
19	372	370	370	375	386	379	375	371
20	371	375	383	383	380	379	377	382
21	370	376	380	376	386	374	375	380
22	376	373	368	374	386	370	375	380
23	372	373	372	379	385	381	380	375
24	375	372	369	370	386	372	379	375
25	383	380	369	370	386	375	375	373

A 8 fejről vett 1-1 minta nem egy 8 elemű minta, 8 különböző sokaság

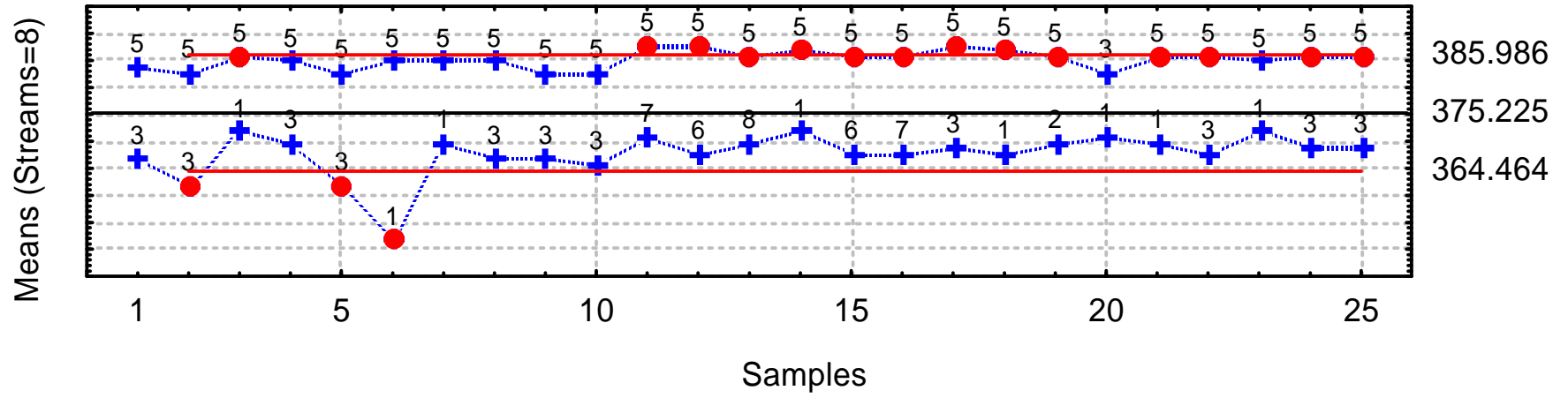
8 egyedi érték kártya

A csoport-kártyán a több áramból vett minták közül csak

- a legkisebb és legnagyobb átlagot (egyedi értéket)
- a legnagyobb terjedelmet (mozgó terjedelmet) ábrázoljuk, a többit nem.

Ha az ábrázolt átlag ill. terjedelem az elfogadási tartományba (a beavatkozási határokon belülre) esik, a többi, nem ábrázolt érték is belül van.

GROUP X Mean: 375.225 (375.225) Proc. sigma:3.58687 (3.58687)



GROUP R Mean: 4.05208 (4.05208) Sigma:3.07475

