

Zrozumieć głos procesu losowego

Andrzej Blikle

29 kwietnia 2020 r.

Prezentacja i książka „Doktryna jakości”
do pobrania na www.moznainaczej.com.pl



Niniejszy materiał by Andrzej Blikle is licensed under a [Creative Commons Uznanie autorstwa-Użycie niekomercyjne-Bez utworów zależnych 3.0 Unported License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/).

© **Copyright by Andrzej Blikle.** W ramach moich praw autorskich chronionych ustawą z dnia 4 lutego 1994 (z późniejszymi zmianami) *Prawo autorskie i prawa pokrewne* wyrażam zgodę na niekomercyjne rozpowszechnianie niniejszego materiału przez jego zwielokrotnianie bez ograniczeń co do liczby egzemplarzy (w formie elektronicznej), a także umieszczanie go na stronach internetowych, jednakże bez dokonywania jakichkolwiek zmian i skrótów. Wszelkie inne rozpowszechnianie niniejszego materiału, w tym w części, wymaga mojej zgody wyrażonej na piśmie. Dozwolone jest natomiast cytowanie materiału zgodnie z zasadami ustanowionym przez w.w. ustawę.

Część pierwsza Ogólnie o procesach losowych

Syndrom balonika

Kurs Euro do złotego spada z 4,07 do 4,05, a kurs dolara z 3,31 do 3,28. Złotówka się umacnia



Procesy losowe nie zachowują się jak balonik.

Co jednak nie oznacza, że nie można przewidywać ich zachowania.

Ale na pewno nie na podstawie dwóch pomiarów.

Procesy deterministyczne i losowe

proces - każde zjawisko, które można powiązać z ciągiem pomiarów liczbowych zwanym **przebiegiem procesu**

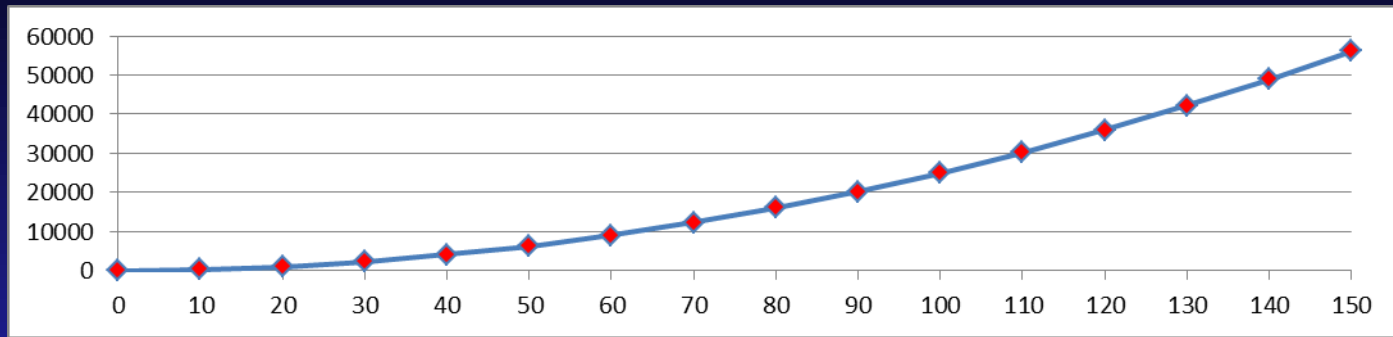
procesy deterministyczne – przebieg da się przewidzieć

- położenie ciała poruszającego się ze stałą prędkością w funkcji czasu
- długość pręta w funkcji jego zmieniającej się temperatury
- ciśnienie gazu w cylindrze w funkcji położenia tłoka

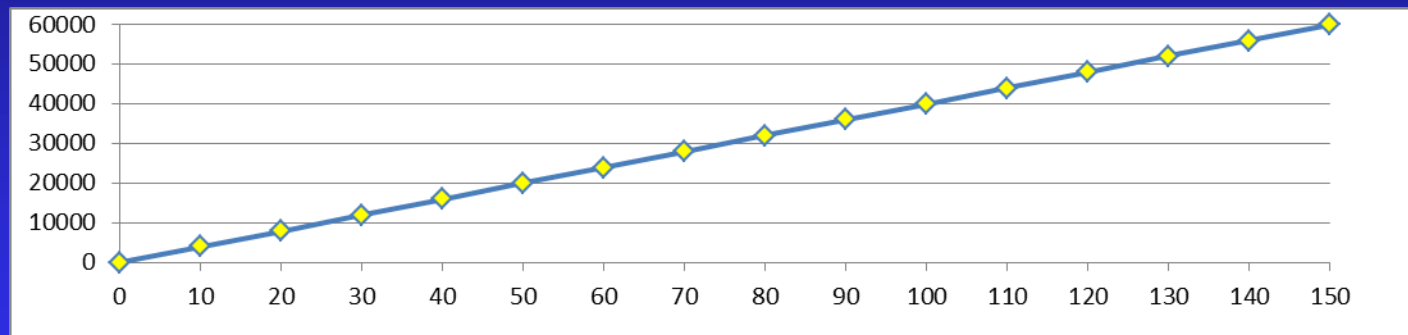
procesy losowe – przebiegu nie da się przewidzieć

- liczby wygrawające w ruletkę w kolejnych grach
- liczby wygrawające w kości w kolejnych rzutach
- liczby czerwonych koralików w kolejnych partiach
- wartości sprzedaży danego sklepu w kolejne dni
- liczba wypadków przy pracy w danej firmie w kolejnych latach

Przebiegi procesów deterministycznych



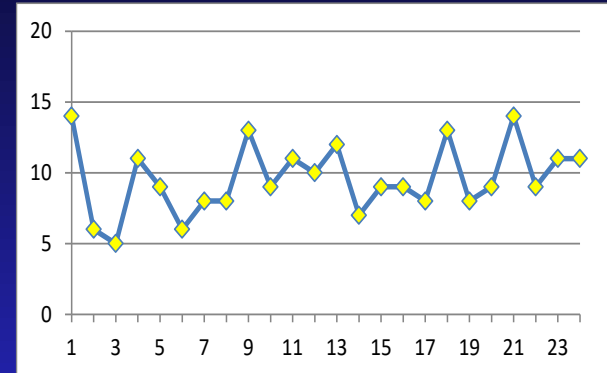
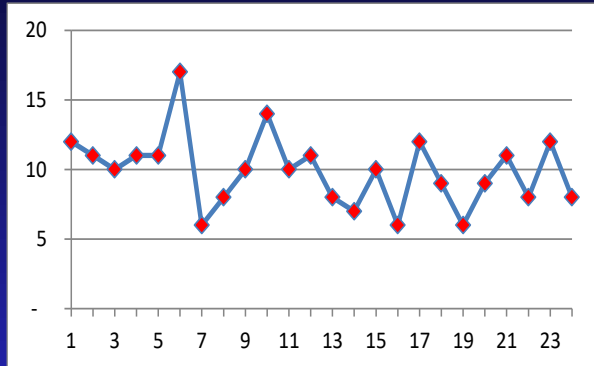
Ruch przyspieszony $a = 5 \text{ m/sek}^2$ ($S = a/2 * t^2$)



Ruch jednostajny $V = 400 \text{ m/sek}$ ($S = V * t$)

Przebiegów procesów deterministycznych dość dobrze odzwierciedlają ich naturę.

Przebiegi procesów losowych

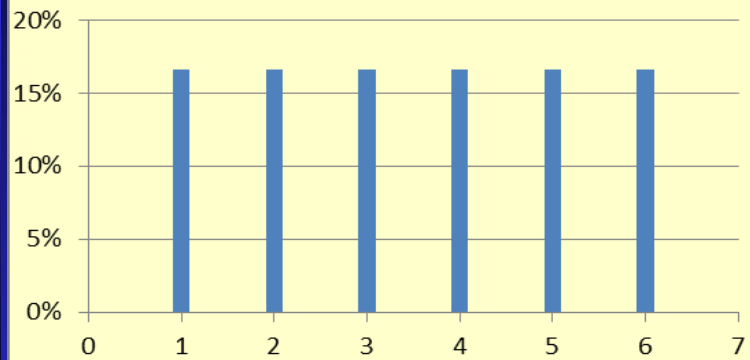


Czy to są dwa przebiegi tego samego procesu (generowanego przez to samo zjawisko), czy przebiegi różnych procesów?

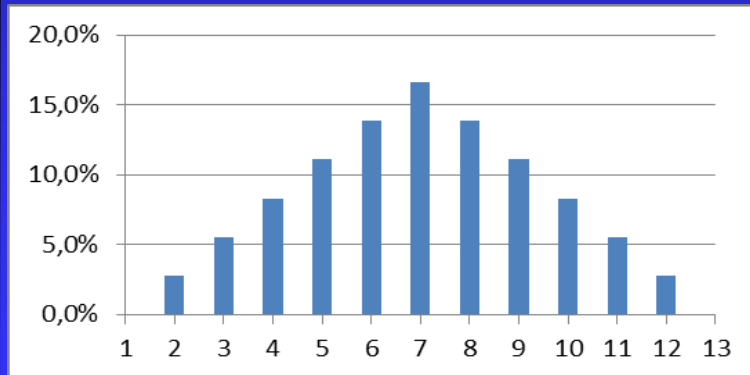
Przebiegi procesów losowych nie odzwierciedlają ich natury w sposób wyraźny.

Histogramy procesów losowych

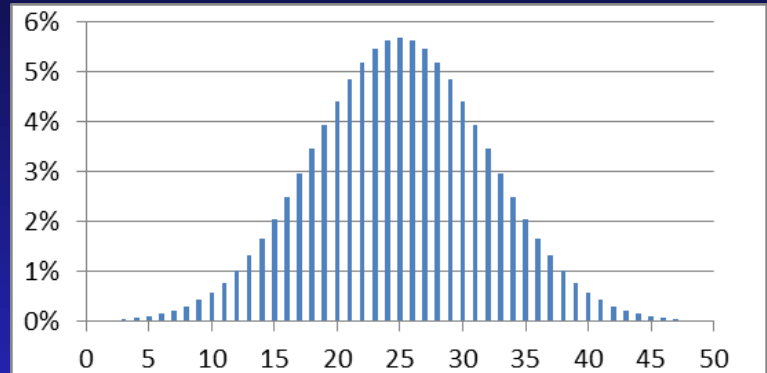
Rzuty kostką do gry



Rzuty dwiema kostkami



Dzienna sprzedaż w tys. zł



Procesy normalne (Gausa)
Nałożenie się wielu
niezależnych procesów.

$$2 = 1+1$$

$$7 = 1+6 = 2+5 = 3+4 = 4+3 = \dots$$

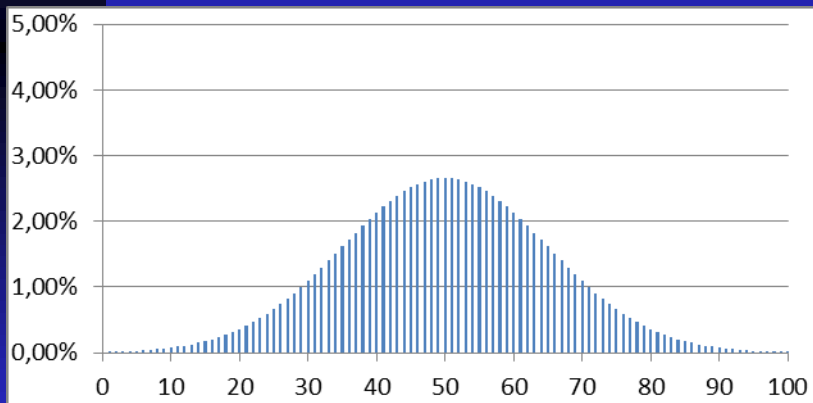
Procesy normalne (Gaussa)

Procesy normalne różnią się między sobą dwoma parametrami:
średnia arytmetyczna z pomiarów (położenie histogramu),

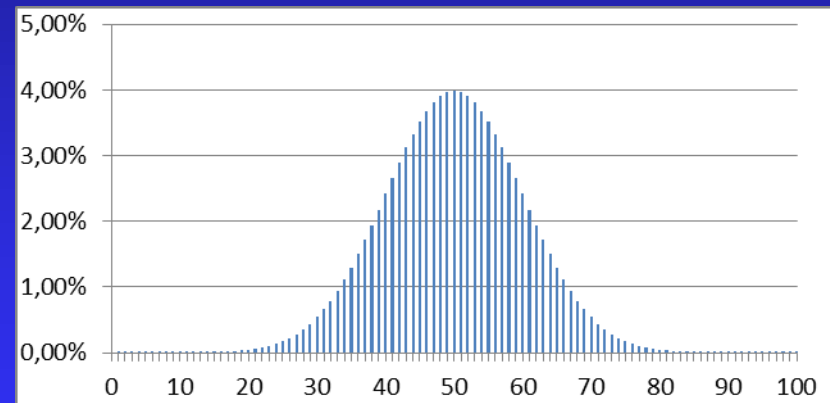
$$\bar{x} = [\sum p(i)] / n$$

odchylenie standardowe (szerokość histogramu)

$$\sigma = \sqrt{\sum [\bar{x} - p(i)]^2 / n}$$

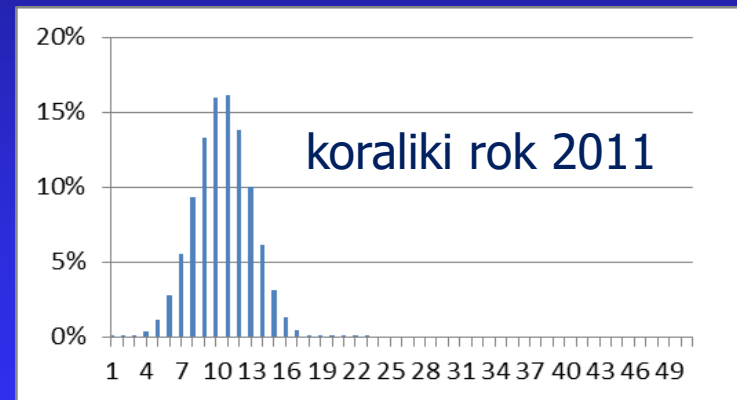
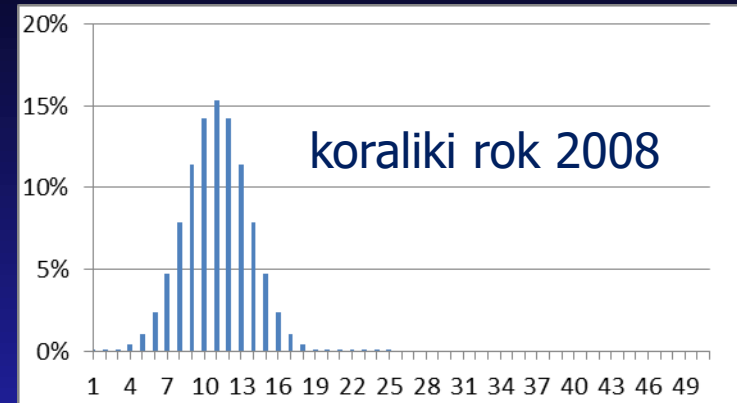
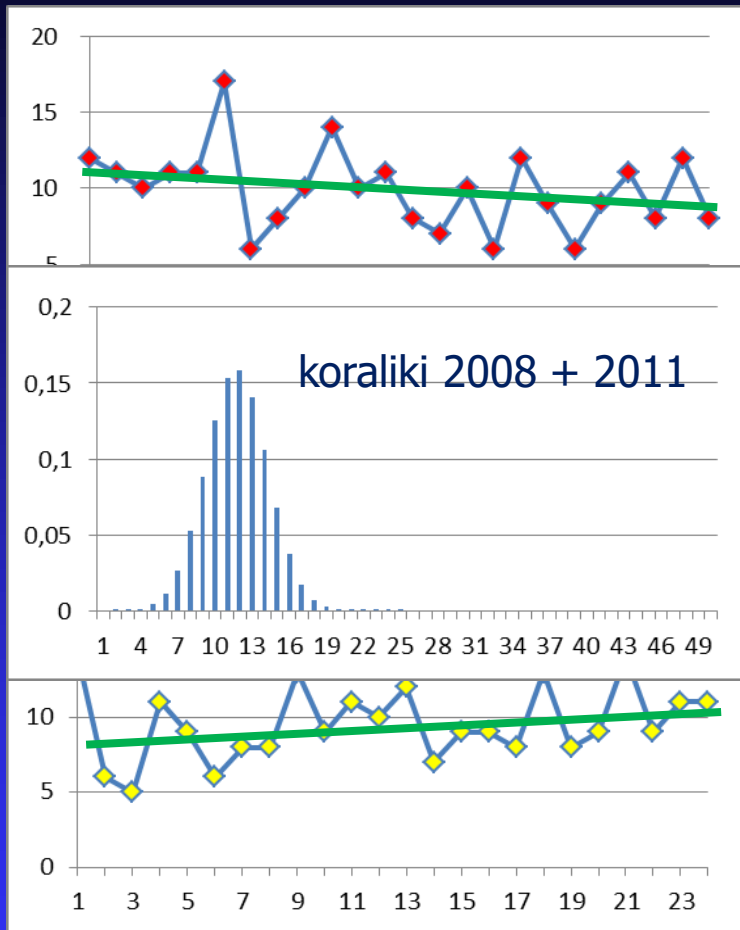


$\bar{x} = 50, \sigma = 15$



$\bar{x} = 50, \sigma = 10$

Przebiegi i histogramy procesów losowych



Histogramy dość dobrze charakteryzują naturę procesów losowych

Wizualizacje procesów deterministycznych i losowych

Przebiegi dobrze charakteryzują
naturę procesów deterministycznych

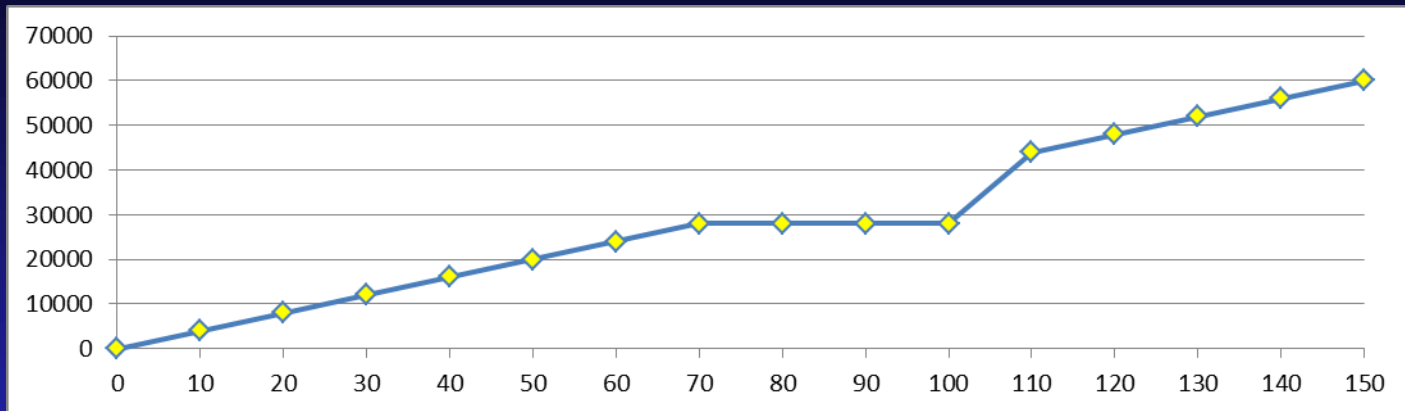
Histogramy dobrze charakteryzują
naturę procesów losowych

Ale najczęściej oglądamy tylko
ich przebiegi!

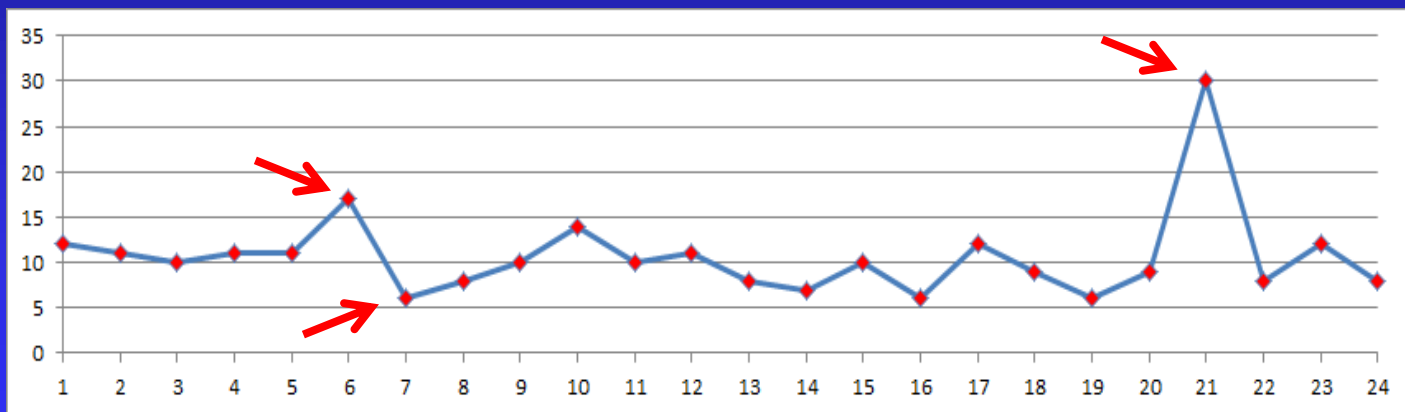
Część druga

Głos procesu

Zaburzenia przebiegu procesu

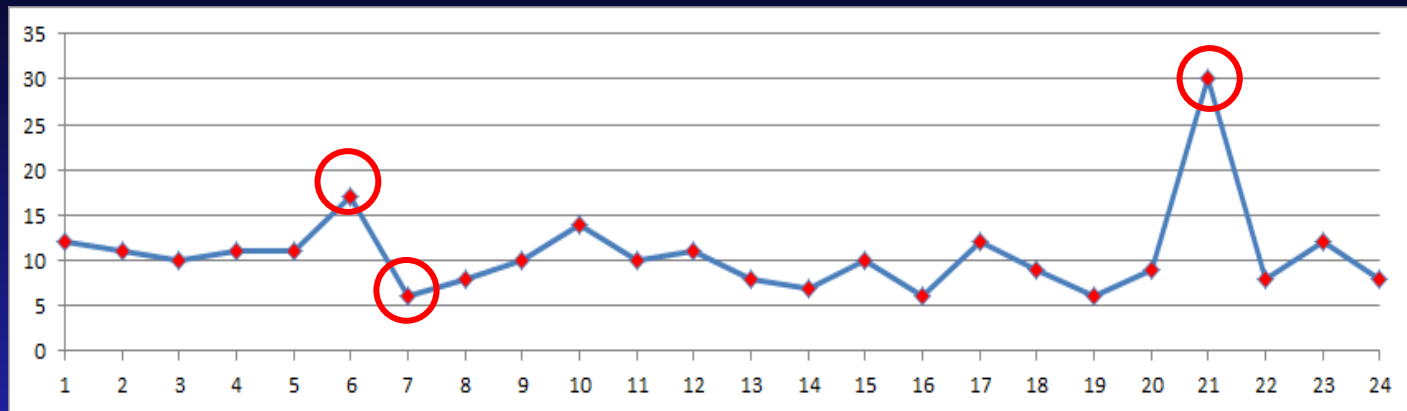


Ruch jednostajny: nastąpiło chwilowe wstrzymanie ruchu.

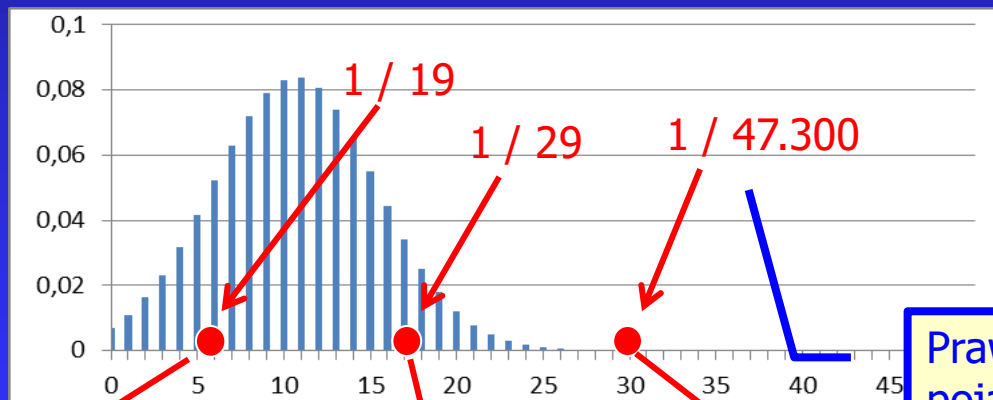


Czerwone paciorki: czy w 6, 7 i 21 coś się wydarzyło?

Czy wynik nr 21 był skutkiem zaburzenia?



Czy warto poświęcić czas i pieniądze na poszukiwanie przyczyny wyniku nr 21?



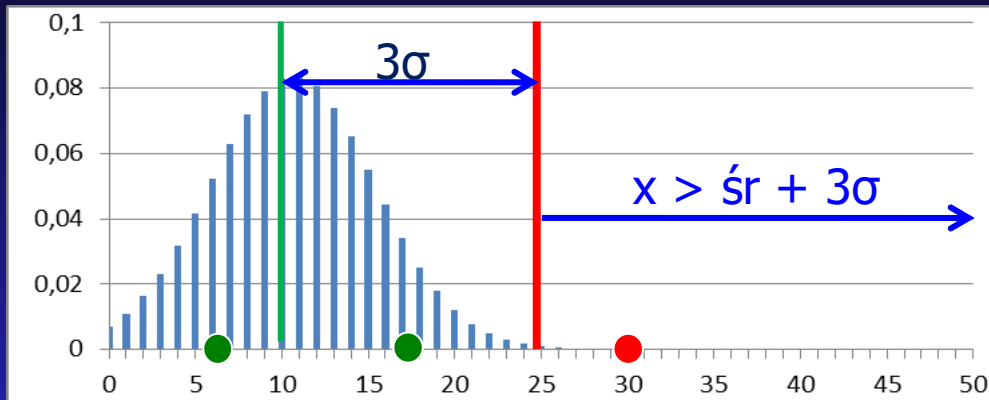
Pomiar 7

Pomiar 6

Pomiar 21

Prawdopodobieństwo losowego pojawienia się takiego pomiaru jest bardzo małe. Opłaca się więc podjąć poszukiwanie przyczyny.

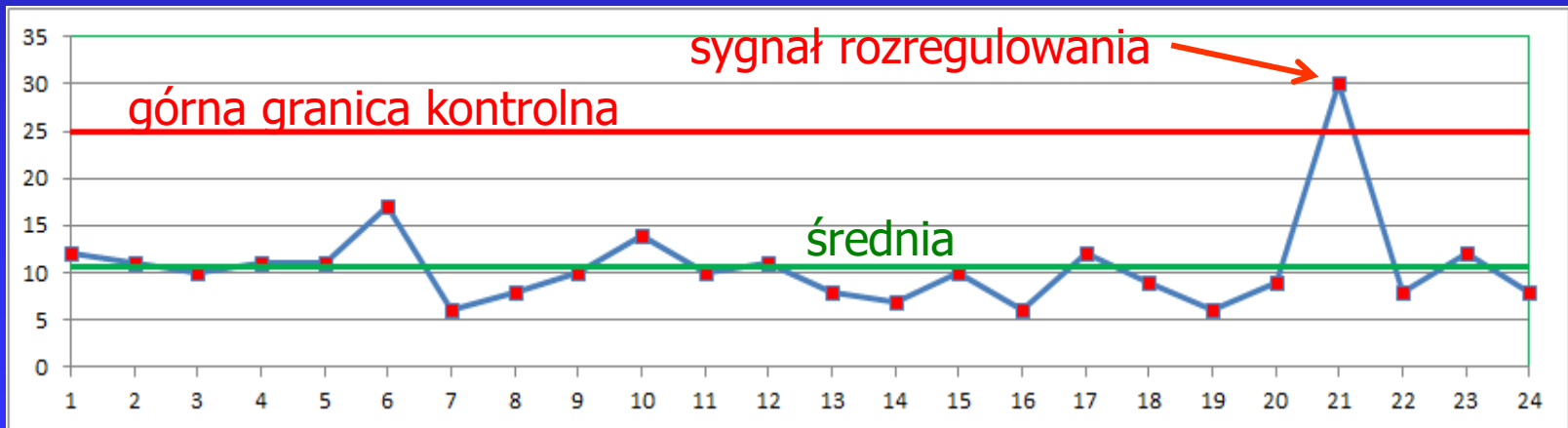
Reguła Waltera Shewharta



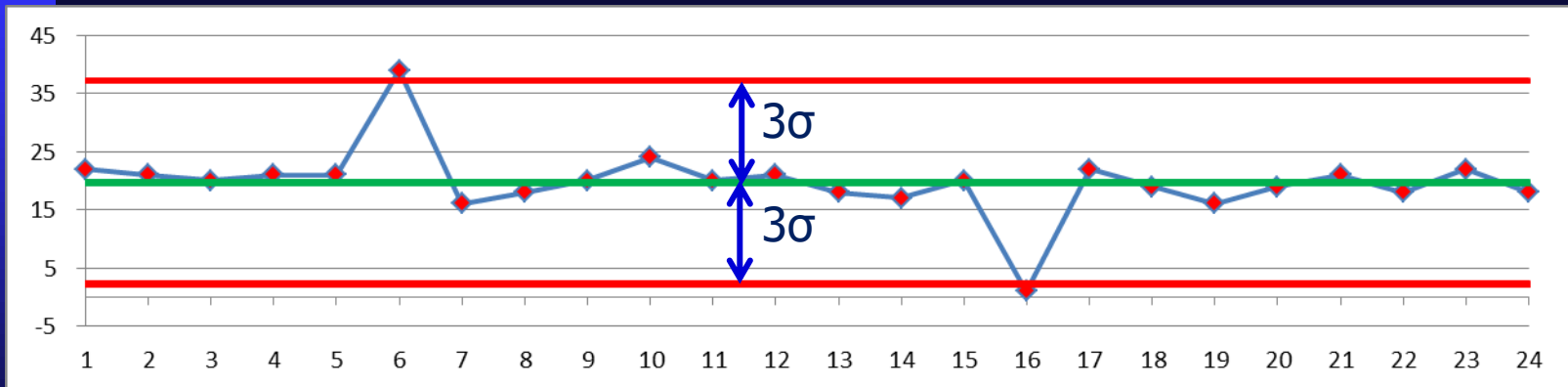
$\bar{x} = 10,7$
 $\sigma = 4,8$
 $\bar{x} + 3\sigma = 24,9$
 $GGK = \bar{x} + 3\sigma$
 $DGK = \bar{x} - 3\sigma$

Uznajemy, że warto poszukiwać przyczyny pomiaru x , gdy $x < \bar{x} - 3\sigma$ lub $x > \bar{x} + 3\sigma$

$p(x > GGK) = 1/740$
 $= 0,0013$



Karty kontrolne Shewharta



Prawdopodobieństwo pojawienia sygnału z przyczyn losowych wynosi około $1/370 = 0,0027$ (np. raz na 370 mies. > 30 lat)

Sygnały rozregulowania (głos procesu):

1. Przekroczenie którejkolwiek linii granicznej
2. 8 kolejnych wartości po jednej stronie linii centralnej
3. 6 kolejnych wzrostów lub 6 kolejnych spadków
4. 3 z 4 kolejnych wartości bliżej granicy niż średniej

Dwa źródła zmienności procesu

Szum (zawsze obecny) Przyczyny zwykłe	Sygnał (niekiedy obecny) Przyczyny specjalne
Zmienność związana ze statystyczną naturą procesu, wynikająca z przyczyn losowych	Zmienność wynikająca z zaburzeń pochodzących spoza procesu
Jeżeli tylko szum, proces jest przewidywalny i sterowalny	Jeżeli występują sygnały, proces jest nieprzewidywalny i niesterowalny
PROCES UREGULOWANY	PROCES ROZREGULOWANY

Procesy uregulowane i rozregulowane

PROCESY UREGULOWANE	PROCESY ROZREGULOWANE
<ol style="list-style-type: none">1. gra w kości,2. ciśnienie baryczne przy ładnej pogodzie,3. wypadkowość w fabryce w normalnych warunkach.	<ol style="list-style-type: none">1. gra w kości z oszustem,2. ciśnienie baryczne przy nadchodzącym sztormie,3. wypadkowość w fabryce, gdy pojawił się sabotażysta.

Procesy uregulowane są statystycznie przewidywalne.
Procesy rozregulowane są statystycznie nieprzewidywalne.

Statystyczne sterowanie procesami (SPC: Statistical Process Control)

Trzy podstawowe czynności sterowania:

1. Stabilizowanie procesu: usuwanie rozregulowań
2. Zmiana położenia linii centralnej (średniej)
3. Zmiana odległości pomiędzy granicami kontrolnymi (sigmy)

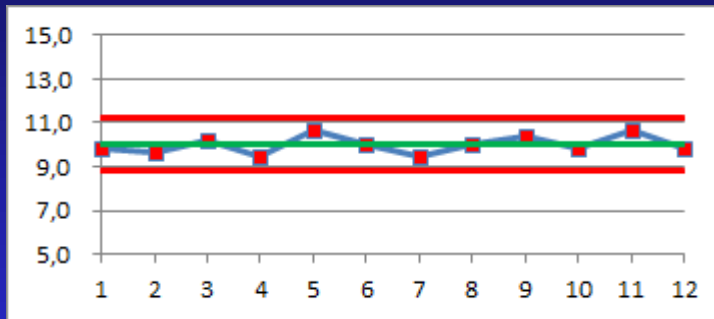
Pięć podstawowych błędów:

1. Próby sterowania procesem rozregulowanym
2. Traktowanie przyczyn zwykłych jako specjalne (**majsterkowanie**)
3. Lekceważenie przyczyn specjalnych, tam gdzie są
4. Pomylenie granic kontrolnych z oczekiwaniami klienta
5. Stawianie celów niemożliwych do osiągnięcia

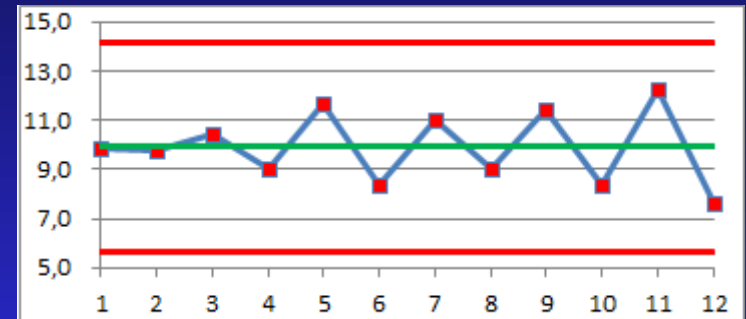
Wielu menadżerów jest dumnych ze swojej umiejętności w tym zakresie. (D.J.Wheeler)

Majsterkowanie

Tokarz toczy tulejki o wymaganej średnicy 10 mm. Jednakże ze względu na zużycie tokarki średnice wypadają w przedziale $9,43 \text{ mm} < \text{średnica} < 10,63 \text{ mm}$, rozrzut = 1,20 mm



Proces pierwotny



Proces korygowany

	p. pierwotny	p. korygowany
Średnia	10,0 mm	9,9 mm
Odległość pomiędzy GGK i DGK	2,4 mm	8,4 mm
Odchylenie standardowe	0,4 mm	1,4 mm

Karta kontrolna naszej gry symulacyjnej

3.000 białych koralików

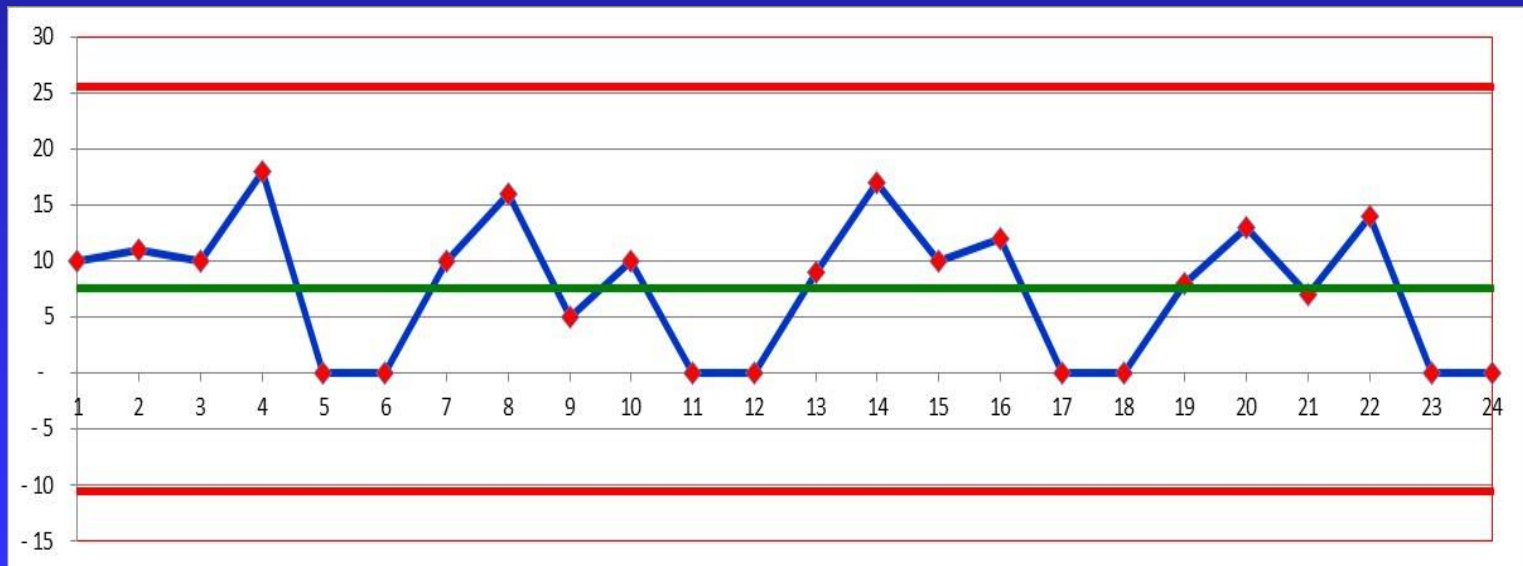
750 czerwonych koralików

$$3.750/750 = 20\%$$

pojemność szpadla 50 koralików

średnia oczek. l. czerw. w szpadlu $50 \cdot 20\% = 10$

proces całkowicie stabilny, ale o bardzo dużej zmienności $\sigma = 2,4$



Część trzecia

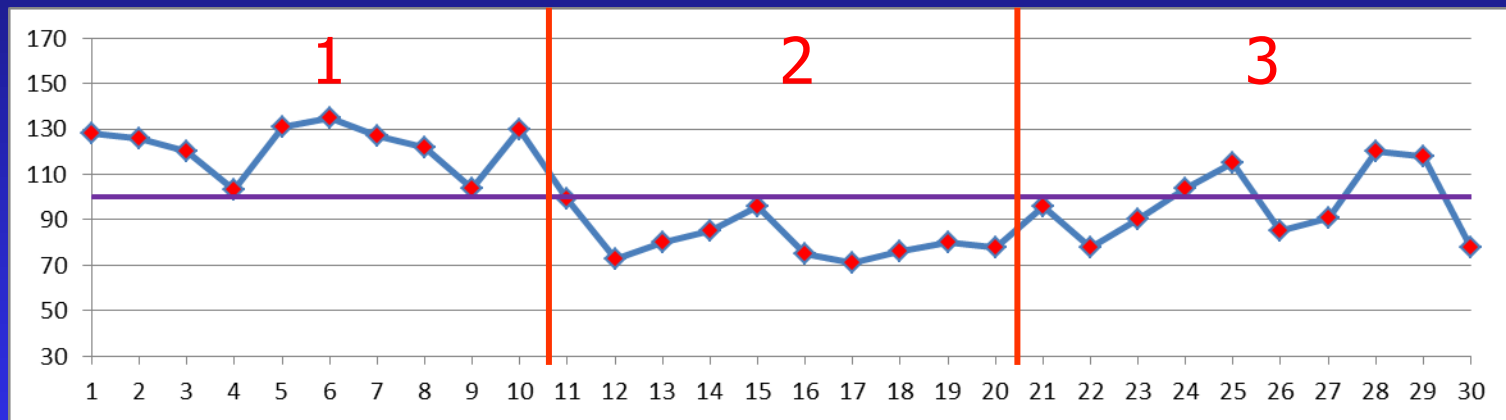
Analiza „na oko”

Przykład 1: Trzy zespoły sprzedawców

3 zespoły sprzedawców po 10 osób
plan do wykonania = 100 jdn. na każdego sprzedawcę w miesiąc

PLAN MOTYWACYJNY

Dwóch najlepszych sprzedawców otrzyma nagrody
Dwóch najgorszych zostanie zwolnionych

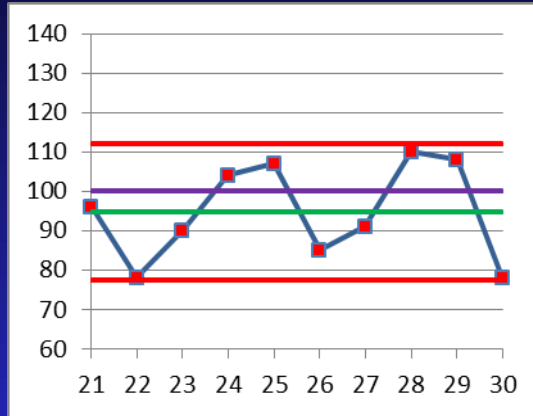
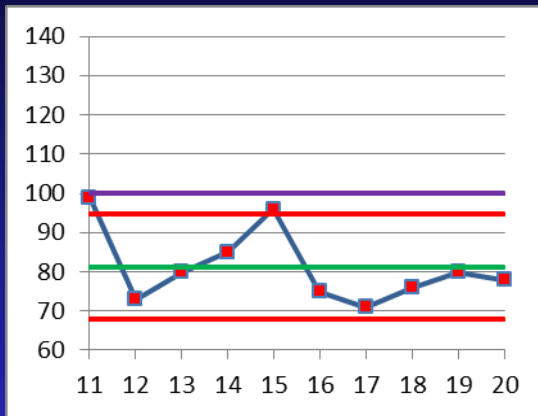
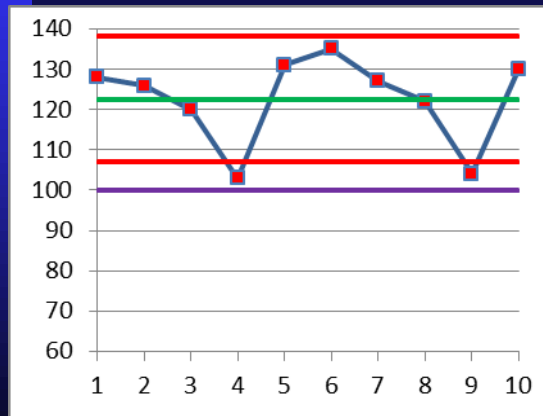


WYNIK

- ❑ 5 i 6 do nagrody; kierownik drużyny nr 1 awansowany
- ❑ 12 i 17 zwolnieni; kierownik drużyny nr 2 zdegradowany

Przykład 1 (cd): trzy zespoły to trzy procesy

(każdy działa na innym rynku)



WNIOSKI Z ANALIZY

Drużyna nr 1: 4 i 9 przekroczenia dolne -- zbadać przyczyny

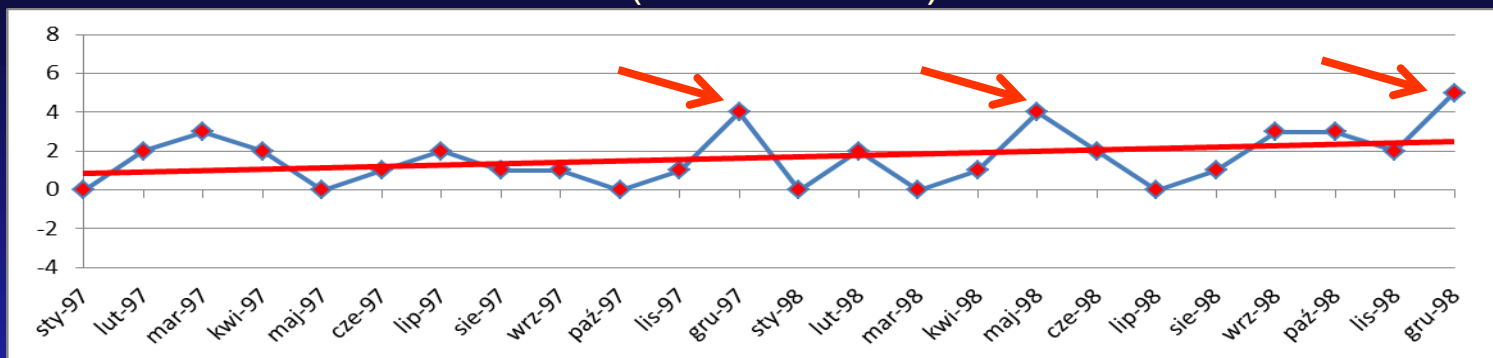
Drużyna nr 2: 11 i 15 przekroczenia górne -- zbadać przyczyny

Drużyna nr 3: proces uregulowany

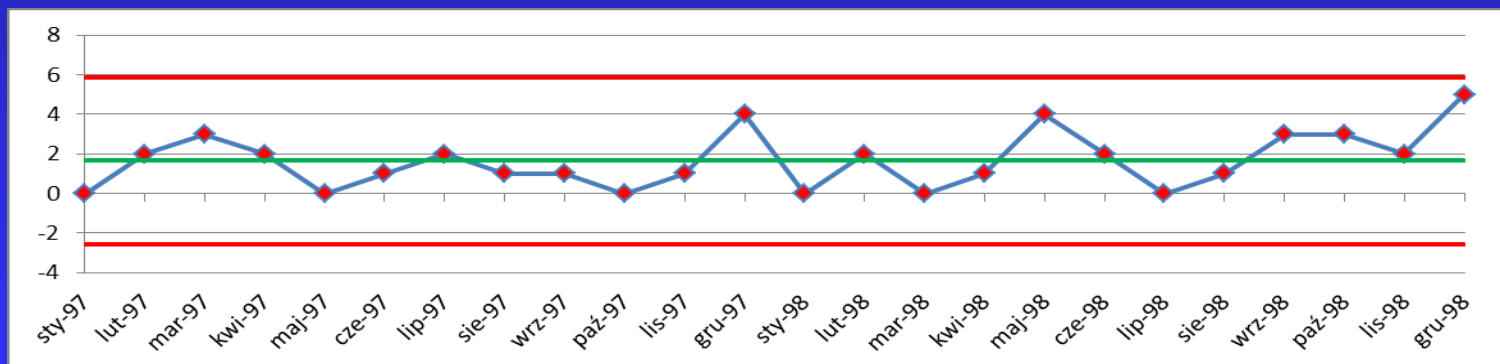
Porównywanie danych z oczekiwaniami klienta jest ważne, ale nie przyczyni się do poprawienia procesu!

Przykład 2: Wypadki w fabryce

(Wheeler s.74)



Rada Nadzorcza do Zarządu: W grudniu 97, maju 98 i grudniu 98 szczególnie wysoka wypadkowość. **Wznosząca się linia trendu!** Należy niezwłocznie zbadać przyczyny tej sytuacji.

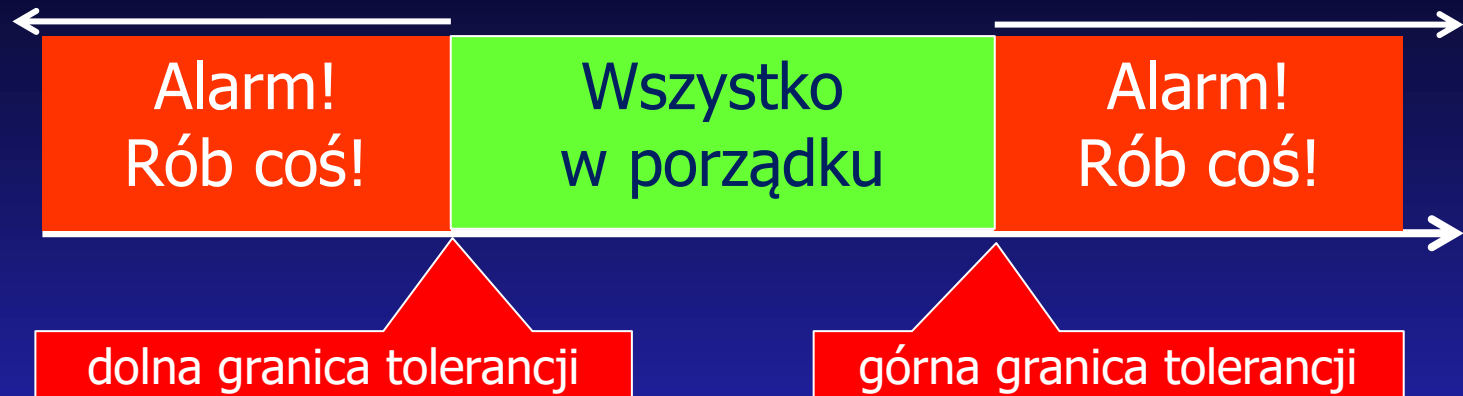


Nie ma żadnego trendu, natomiast jeżeli nie wprowadzimy zmian modyfikujących proces musimy się liczyć nawet z 6 wyp/mies!

Część czwarta

Głos klienta

Specyfikacja celu czyli głos klienta



Trzy rodzaje granic tolerancji:

Granice faktograficzne, np. temperatura kotła
Muszą być bezwzględnie przestrzegane

Granice prognostyczne, np. pogoda, budżet
Służą do monitoringu, ale nie powinny być traktowane jako cele

Granice życzeniowe, np. oczekiwania klienta
Mogą być powodem wielu problemów, jeżeli nie są osiągalne.

Strojenie procesu

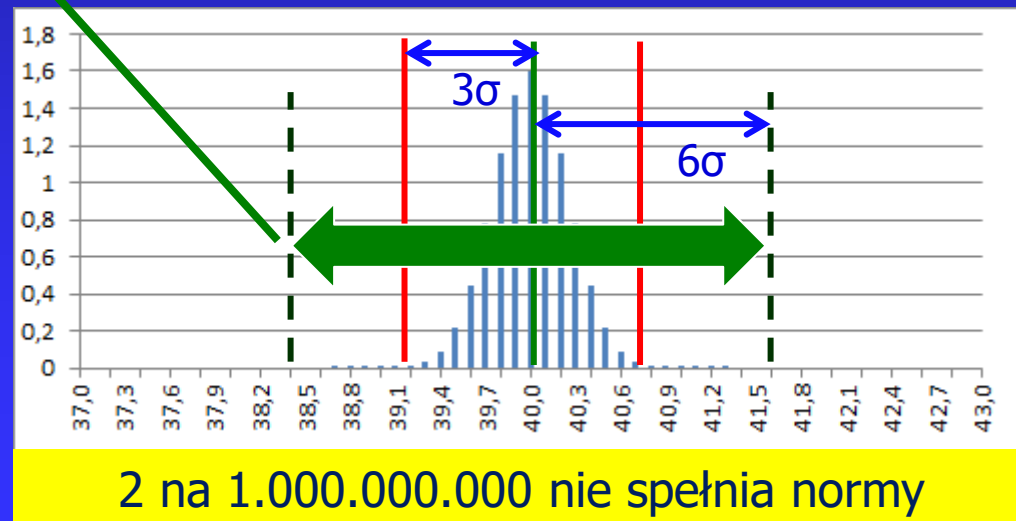
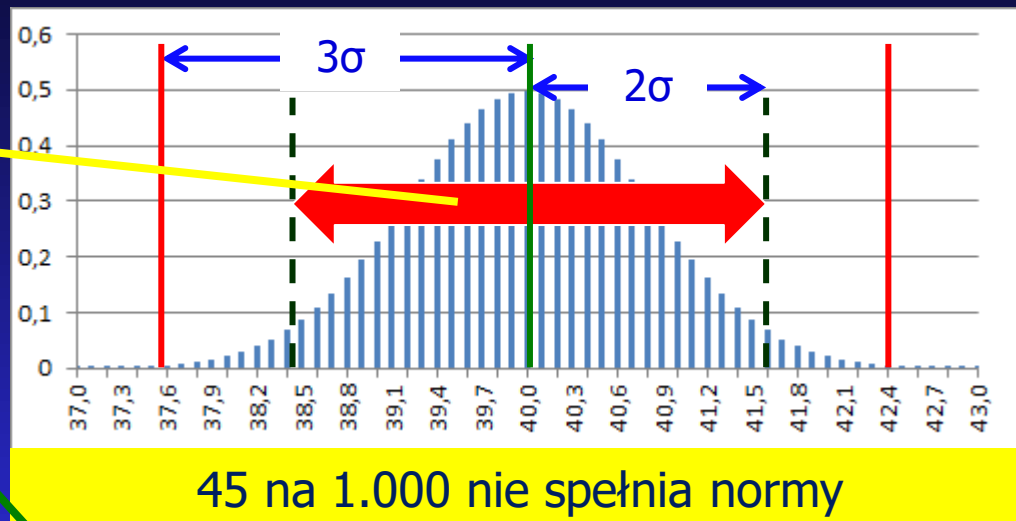
Produkujemy lek w pastylkach, w których waga substancji czynnej powinna wynosić $40 \pm 1,6$ mg.

Cel niebezpieczny

Trzeba dostroić proces

Cel bezpieczny

Reżim jakości	Wad na milion pomiarów
1 σ	317 310
2 σ	45 500
3 σ	2 700
4 σ	63
5 σ	0,57
6 σ	0,002

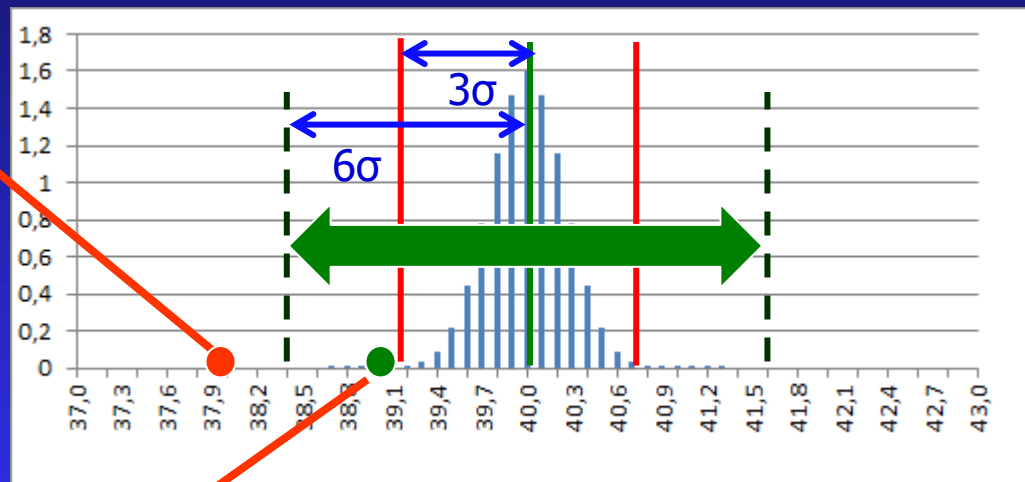


Karta kontrolna w reżimie 6 σ

Jak ustawić granice kontrolne?

Pacjent umiera

Proces być może rozregulowany, a więc nieprzewidywalny



Karty kontrolne służą wykrywaniu rozregulowania, które nie ma żadnego związku z reżimem jakości związanym z głosem klienta.

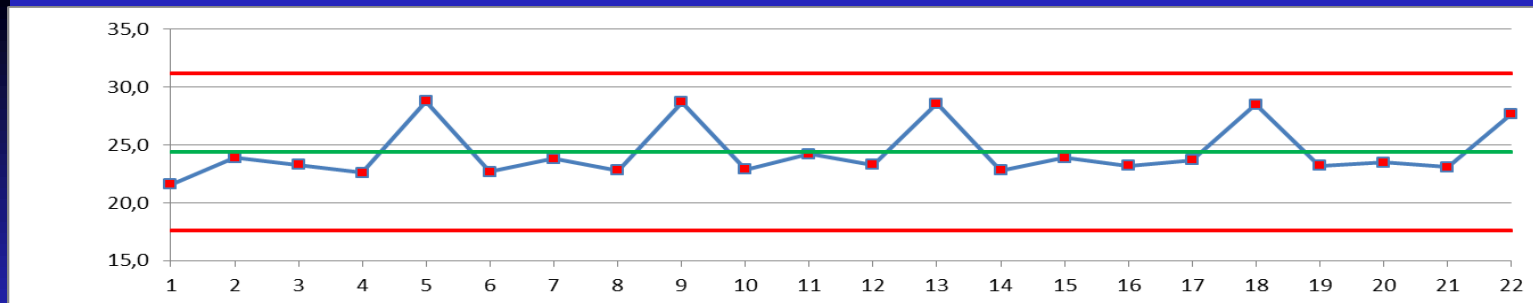
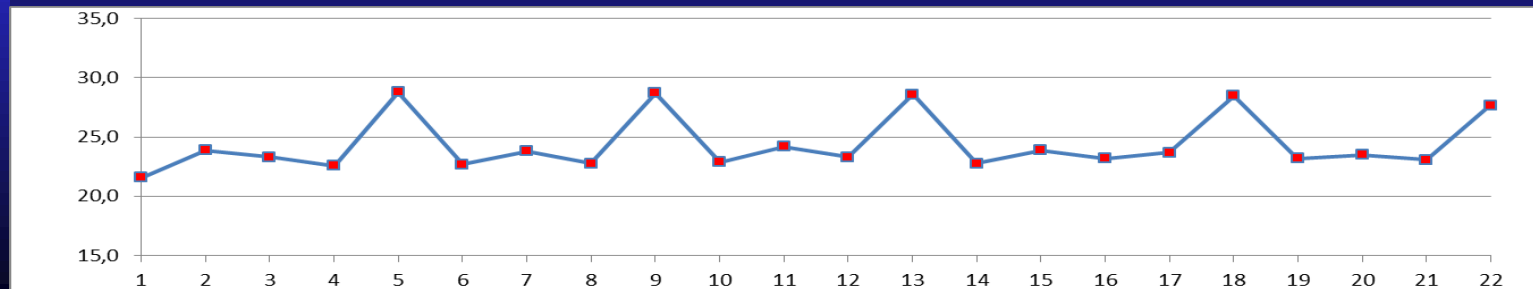
Gdy proces nie pozwala na osiągnięcie celu

1. Poprawić proces
2. Oszukać proces
 - brygadzista,
 - huta szkła,
 - szpitale w Wielkiej Brytanii
3. Oszukać pomiar
 - zwiększyć wartość pojedynczego zakupu
 - fabryka produktów chemicznych

Oszukanie pomiaru

21,6	23,9	23,3	22,6	28,8	22,7	23,8	22,8	28,7	22,9	24,2	23,3
28,6	22,8	23,9	23,2	23,7	28,5	23,2	23,5	23,1	27,7		

Tygodniowe wartości produkcji chemicznej w tys. USD (Wheeler s. 67)



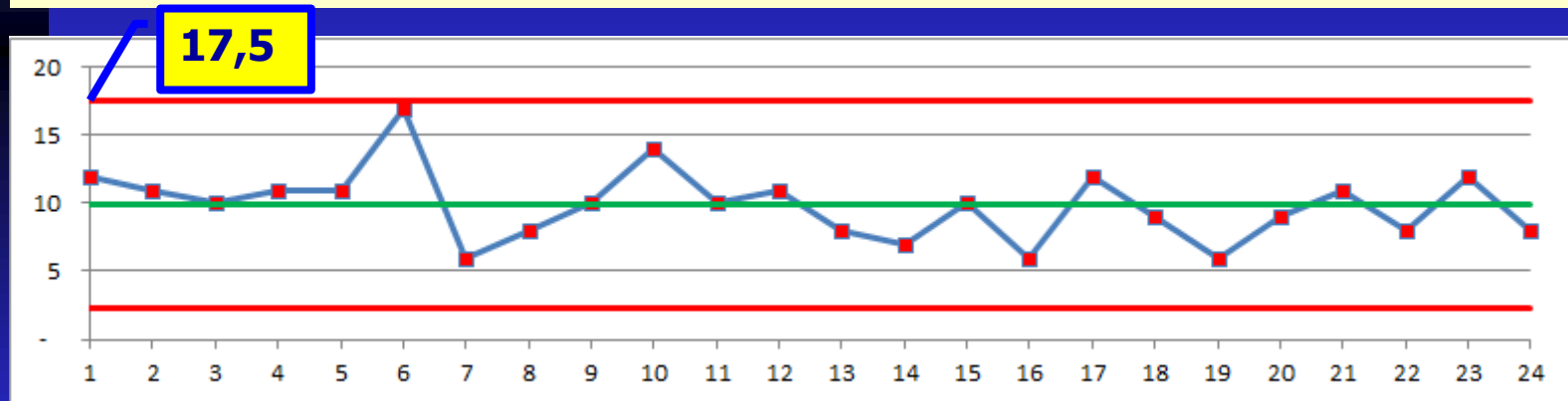
Systematyczne zaburzenie pomiaru stało się
cechą charakterystyczną procesu

Syndrom „traf w mój kamień”

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
12	11	10	11	11	17	6	8	10	14	10	11
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
8	7	10	6	12	9	6	9	11	8	12	8

Liczby braków w kolejnych miesiącach okresu dwóch lat

Jak widać stać was na 6. To będzie wasz cel na najbliższy rok



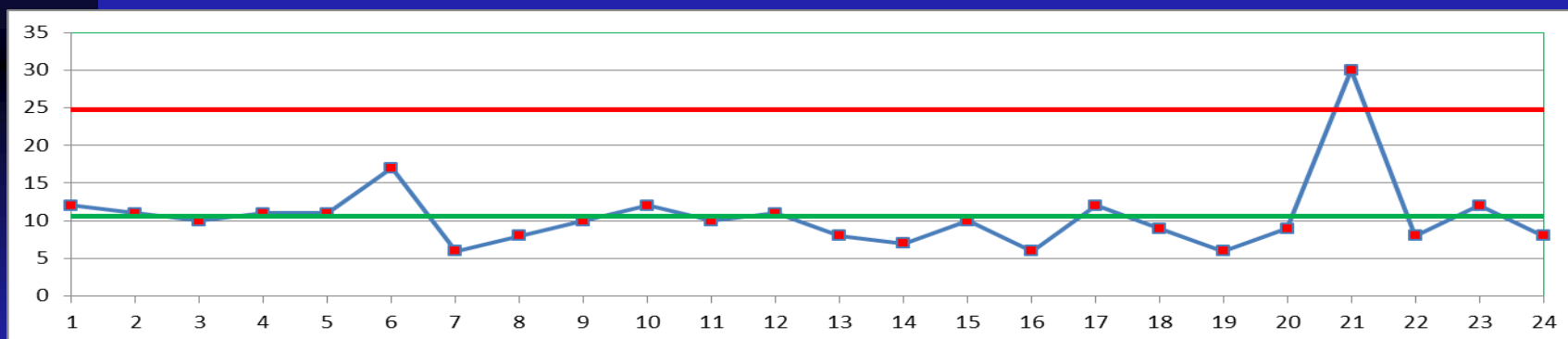
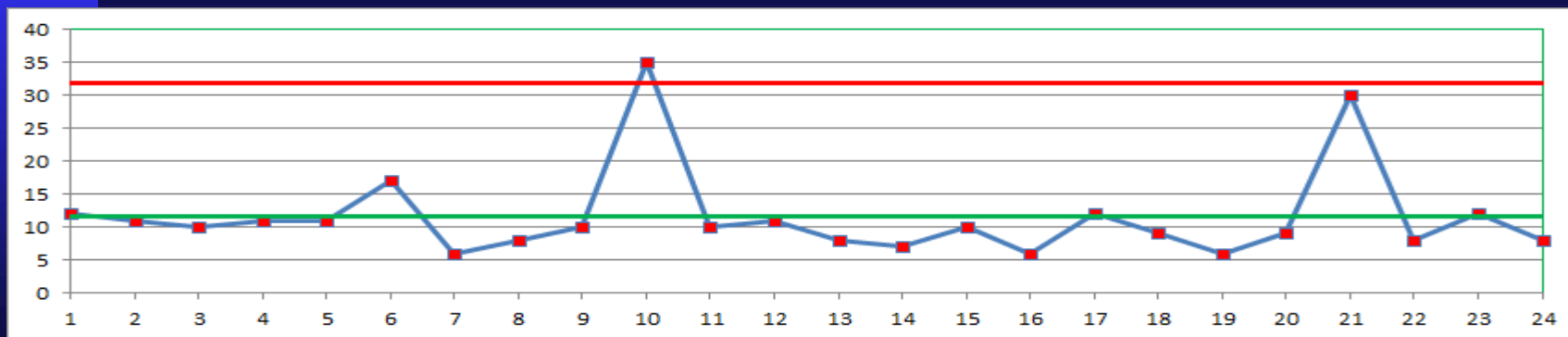
Aby osiągnąć ten cel GGK musi spaść z 17,5 do 6. To wymaga daleko idącej zmiany procesu!

Część piąta

Odkrywanie ukrytych zaburzeń

Zagłuszanie sygnałów

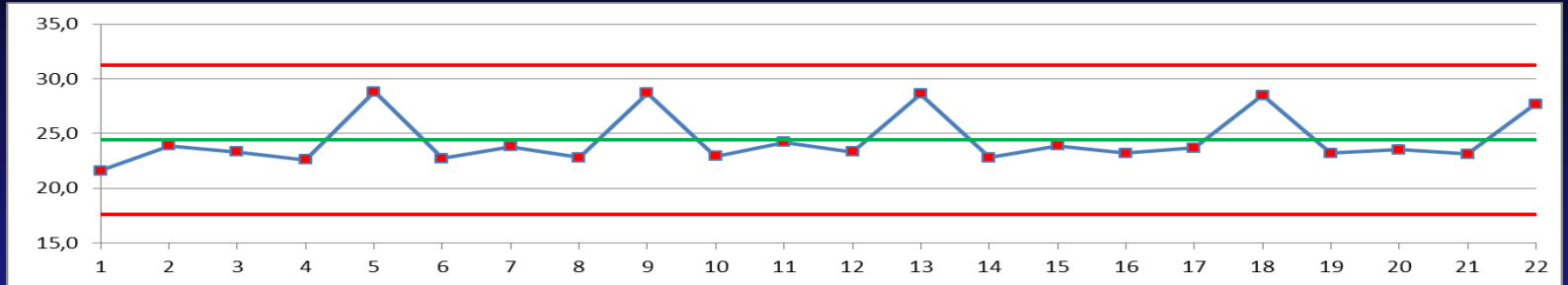
Czerwone paciorki z rozregulowaniami



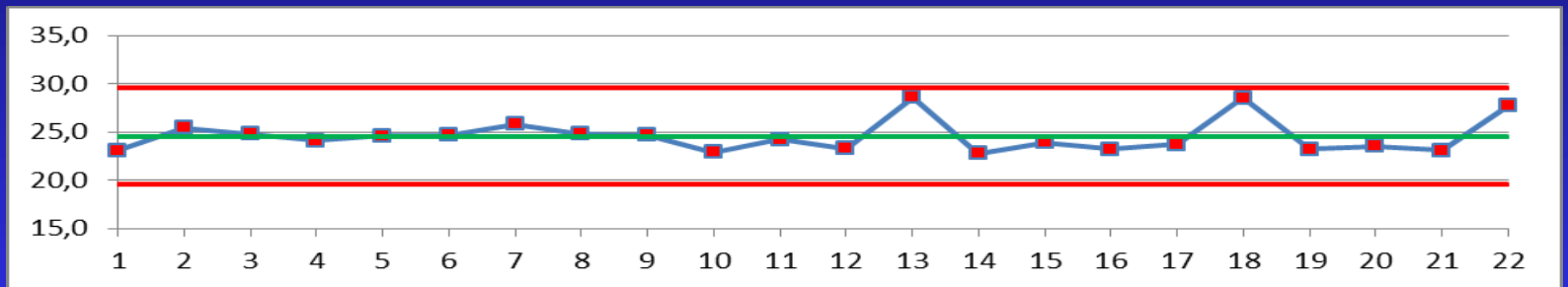
PRAWO SILNYCH ZABURZEŃ

Silne zaburzenia mogą ukryć sąsiadujące z nimi zaburzenia słabsze!

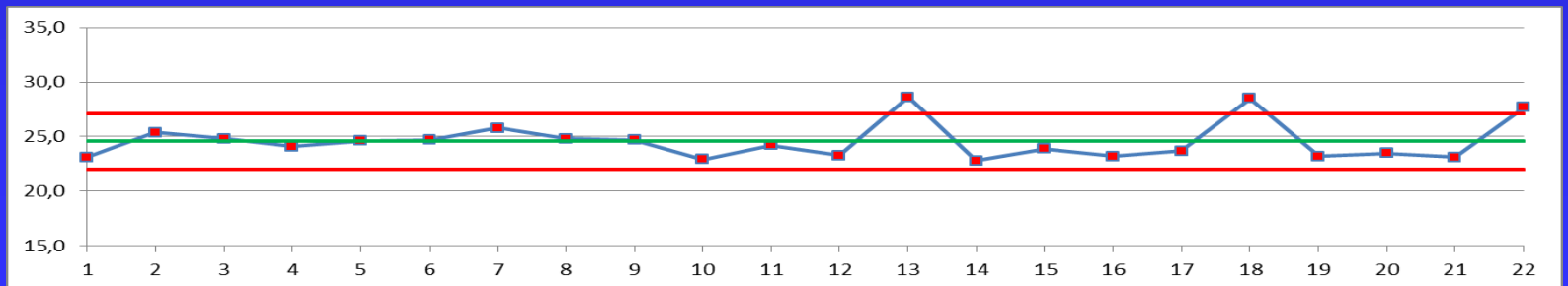
Gdy wyjątki stają się regułą



Karta wygładzona:



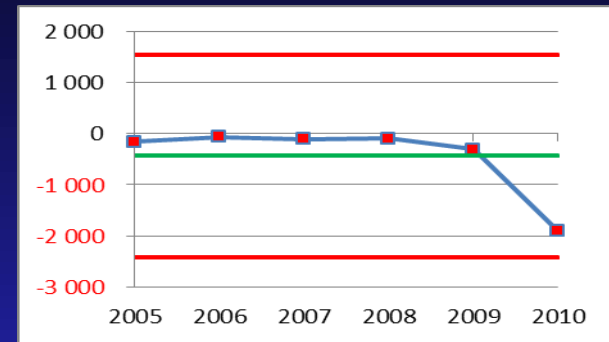
Karta wygładzona z odniesieniem historycznym (1 – 12):



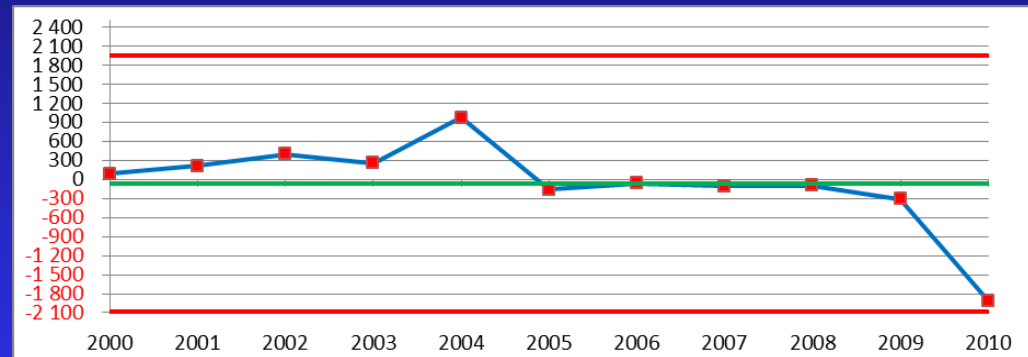
Gdy precedens tworzy nowy standard (zysk firmy X)

Wg. W.J.Wheelera (s. 60) do wyznaczenia karty może wystarczyć 5-6 pomiarów.

6 pomiarów (p. stabilny)

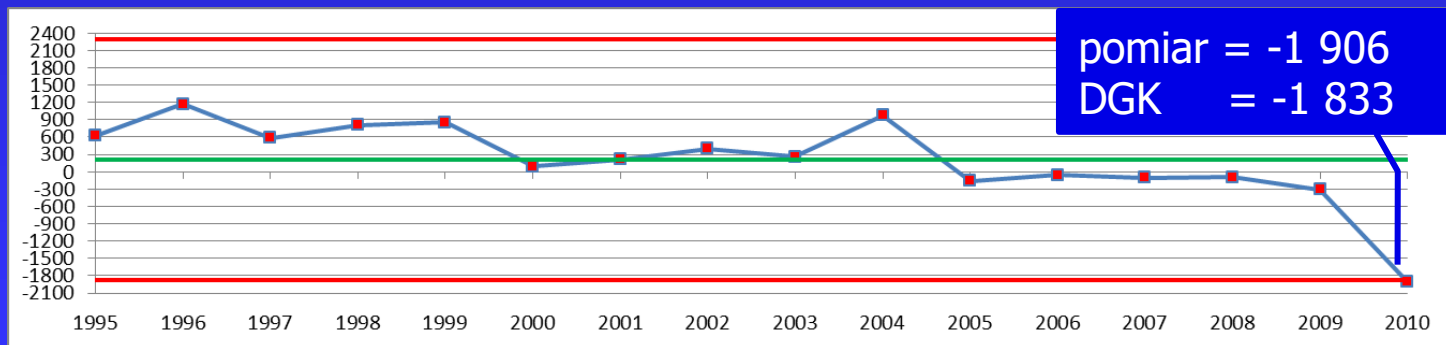


11 pomiarów (p. stabilny)



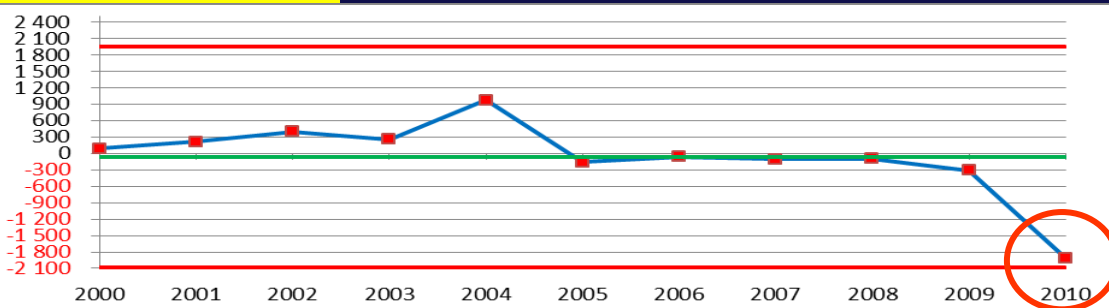
Od stycznia 2009 r. działał w firmie nowy zarząd.

16 pomiarów (sygnał)



Sygnal na tle historii

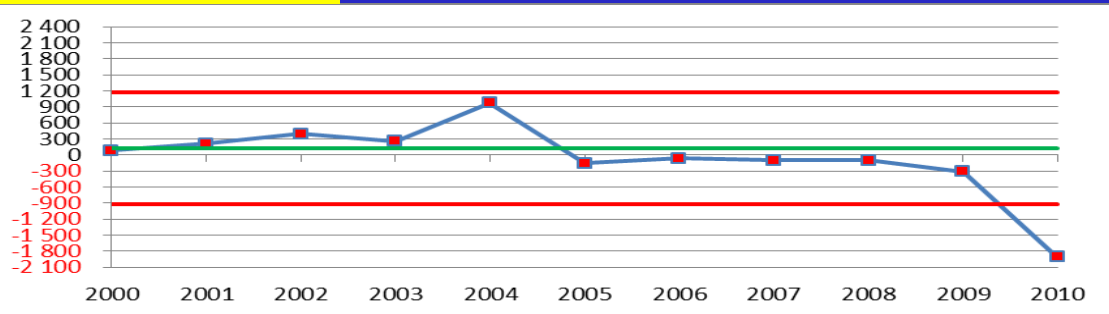
GK 2000-2010



W przyszłości taka strata może się zdarzyć

Skoro raz wydarzył się taki spadek, to szansa na powtórkę wzrosła powyżej 0,0013.

GK 2000-2008



W przeszłości taka strata nie mogłaby się zdarzyć.

W firmie okresu 2000-2008 taki spadek ma prawdopodobieństwo $1/18\,300\,000\,000$.



DZIĘKUJĘ
ZA UWAGĘ