

# KOMPUTEROWE SYSTEMY POMIAROWE

**Dr inż. Eligiusz PAWŁOWSKI**

**Politechnika Lubelska**

**Wydział Elektrotechniki i Informatyki**

*Prezentacja do wykładu dla EMNS - ITwE*

**Semestr letni**

**Wykład nr 1**



# Prawo autorskie

Niniejsze materiały podlegają ochronie zgodnie z **Ustawą o prawie autorskim i prawach pokrewnych** (Dz.U. 1994 nr 24 poz. 83 z późniejszymi zmianami).

Materiał ten udostępniam **do celów dydaktycznych** jako materiały pomocnicze do wykładu z przedmiotu Komputerowe Systemy Pomiarowe prowadzonego dla studentów Wydziału Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Lubelskiej. Mogą z nich również korzystać inne osoby zainteresowane tą tematyką. Do tego celu materiały te można **bez ograniczeń przeglądać, drukować i kopiować wyłącznie w całości**.

Wykorzystywanie tych materiałów bez zgody autora w inny sposób i do innych celów niż te, do których zostały udostępnione, **jest zabronione**.

W szczególności **niedopuszczalne jest**: usuwanie nazwiska autora, edytowanie treści, kopiowanie fragmentów i wykorzystywanie w całości lub w części do własnych publikacji.

Eligiusz Pawłowski

## Uwagi dydaktyczne

Niniejsza prezentacja stanowi **tylko i wyłącznie materiały pomocnicze** do wykładu z przedmiotu Komputerowe Systemy Pomiarowe prowadzonego dla studentów Wydziału Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Lubelskiej. Udostępnienie studentom tej prezentacji nie zwalnia ich z konieczności sporządzania **własnych notatek z wykładów** ani też nie zastępuje **samodzielnego studiowania** obowiązujących podręczników.

Tym samym zawartość niniejszej prezentacji w szczególności **nie może być** traktowana jako zakres materiału obowiązujący na egzaminie.

Na egzaminie obowiązujący jest **zakres materiału faktycznie wyłożony podczas wykładu** oraz zawarty w odpowiadających mu fragmentach **podręczników** podanych w wykazie literatury do wykładu.

Eligiusz Pawłowski

## Regulamin Studiów – fragmenty §17 ÷ §22

**Warunkiem zaliczenia** przez studenta semestru i roku w terminie jest:

- 1) **uzyskanie zaliczeń** do końca sesji semestru, w którym prowadzone są dane zajęcia zgodnie z ich harmonogramem ;
- 2) **złożenie egzaminów** do końca ostatniej sesji w roku akademickim, w którym prowadzone są dane zajęcia zgodnie z ich harmonogramem;

**Wszystkie oceny wpisywane są do protokołów** w terminach przewidzianych organizacją roku akademickiego.

**W przypadku nieobecności nieusprawiedliwionej na zaliczeniu lub egzaminie student otrzymuje ocenę niedostateczną.**

Student ma prawo do **dwóch terminów zaliczeń poprawkowych.**

Student, który nie przystąpił do zaliczenia poprawkowego, **traci prawo** do przywrócenia terminu poprawkowego i **otrzymuje ocenę niedostateczną.**

**Warunkiem przystąpienia do egzaminu** z przedmiotu jest uzyskanie pozytywnej oceny ze wszystkich innych form zajęć przypisanych do tego przedmiotu.

Jeżeli student nie uzyskał zaliczenia zajęć do czasu terminów poprawkowych egzaminu, brak zaliczenia nie usprawiedliwia nieobecności na egzaminie i **skutkuje utratą wszystkich terminów egzaminów**, które odbyły się przed uzyskaniem zaliczenia.

Student (...) ma prawo do **dwóch egzaminów poprawkowych.**

Student, który nie przystąpił do egzaminu poprawkowego z przyczyn nieusprawiedliwionych, **traci prawo** do przywrócenia terminu poprawkowego i **otrzymuje ocenę niedostateczną.**

# Tematyka wykładu

**Informacje organizacyjne**

**Literatura podstawowa i dodatkowa**

**Przypomnienie podstawowych wiadomości o pomiarach**

**System i system pomiarowy, zadania systemu pomiarowego**

**Komputery i Komputerowe Systemy Pomiarowe**

**Szybkość, koszty i niezawodność systemów pomiarowych**

## Informacje organizacyjne

**Przedmiot:** Wykład Komputerowe Systemy Pomiarowe (sala E-211)

**Zaliczenie:** egzamin w sesji letniej. Egzamin obejmuje 14 pytań ocenianych w skali od 0 do 5 punktów (po 2 pytania z każdego wykładu). Udokumentowana obecność na wykładzie jest premiowana dodatkowymi punktami doliczanymi do wyników egzaminu: 1 punkt za 1 godzinę obecności na wykładzie

**Zajęcia powiązane z wykładem :** Laboratorium KSP, sala E-303

**Prowadzący:** dr inż. Eligiusz Pawłowski

**Konsultacje:** pok. E-318 (2 piętro WEiI), środa godz. 13 – 14

**Wymiar wykładu:** 7 zjazdów x 3 godz. = 21 godz.

**Wymiar laboratorium:** 7 zjazdów x 3 godz. = 21 godz.

**Program, literatura itp.:** gablota ogłoszeniowa przy pok. E-318

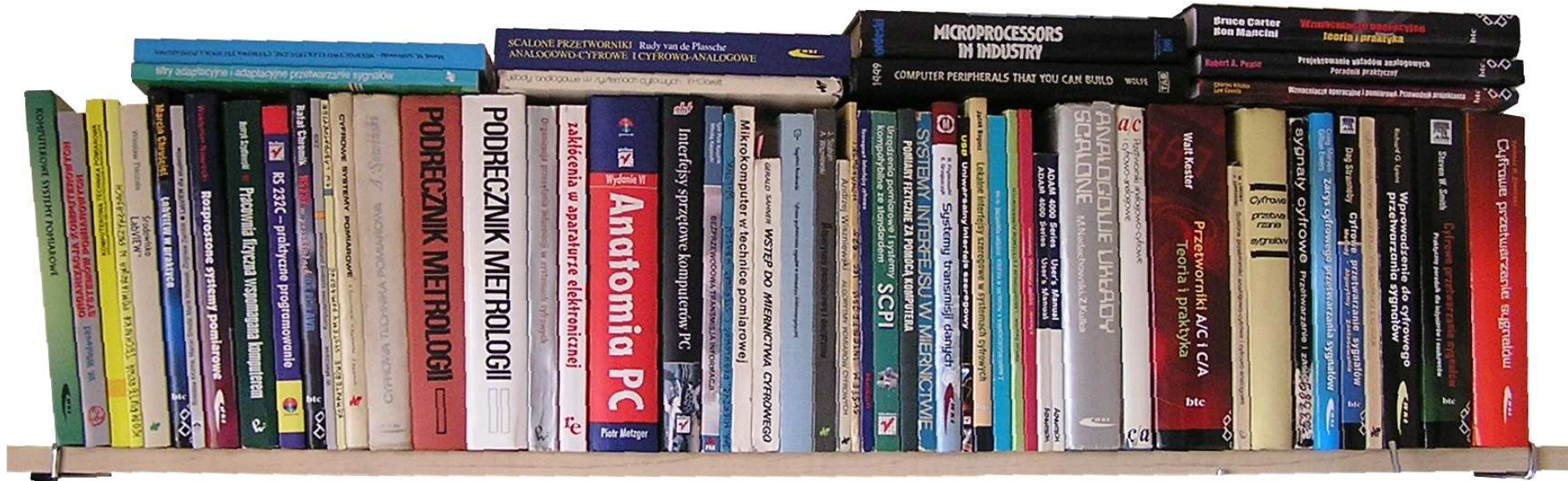
## Egzamin

- Zgodnie z § 21 Regulaminu Studiów warunkiem przystąpienia do egzaminu jest zaliczenie laboratorium.
- Egzamin obejmuje 14 pytań, średnio po 2 pytania z każdego wykładu.
- Na każdą odpowiedź przeznaczony jest czas 5 minut.
- Czas trwania egzaminu: 70 minut.
- Każda odpowiedź jest oceniana w skali 0 – 5 punktów.
- Łącznie za egzamin można otrzymać maksymalnie 70 punktów.
- Do sumy wyników z egzaminu doliczane są punkty za obecności na wykładach: 1 godzina = 1punkt, maksymalnie można więc uzyskać dodatkowe 21 punktów.
- Łączna liczba punktów przeliczana jest na ocenę końcową zgodnie z § 18 Regulaminu Studiów.

**Tabela do przeliczania punktów na ocenę końcową**

<b>Brak zaliczenia</b>	<b>3,0</b>	<b>3,5</b>	<b>4,0</b>	<b>4,5</b>	<b>5,0</b>
<b>0 - 35</b>	<b>36 - 42</b>	<b>43 - 49</b>	<b>50 - 56</b>	<b>57 - 63</b>	<b>64-70</b>

# Półka z książkami



Literatura podstawowa

Literatura dodatkowa



## Literatura podstawowa do przedmiotu

1. Nawrocki W.: Komputerowe systemy pomiarowe, WKiŁ, Warszawa 2002.
2. Winiecki W.: Organizacja komputerowych systemów pomiarowych, Oficyna Wydawnicza PW, Warszawa 1997.
3. Świsulski D.: Komputerowa technika pomiarowa Oprogramowanie wirtualnych przyrządów pomiarowych w LabView, Wyd. PAK, Warszawa 2005.
4. Tłaczała W.: Środowisko LabVIEW w eksperymencie wspomaganym komputerowo, WNT Warszawa 2014.
5. Chruściel M.: LabVIEW w praktyce, Wyd. BTC, Warszawa 2008.

## Literatura podstawowa do przedmiotu c.d.

6.Nawrocki W.: Rozproszone systemy pomiarowe, WKiŁ, Warszawa 2006.

7.Szydłowski H.: Pracownia fizyczna wspomagana komputerem, PWN, Warszawa 2003.

8.Daniluk A.: RS 232C. Praktyczne programowanie, wyd. 3, Wyd. Helion, Gliwice 2007.

9. Chromik R.: RS232 w przykładach na PC i AVR, Wyd. BTC, Legionowo 2010.

10.Mielczarek W. (red.): Komputerowe systemy pomiarowe, ćwiczenia laboratoryjne, Wyd. Politechniki Śląskiej, Gliwice 2004.

## Literatura dodatkowa do przedmiotu

- 1.K.Badźmirowski, H.Karkowska, Z.Karkowski - Cyfrowe systemy pomiarowe, WNT, W-wa 1979.
- 2.P.H.Sydenham (redakcja) - Podręcznik metrologii cz. I i II, WKiŁ, W-wa 1988r., 1990.
- 3.W.Kwiatkowski, M.Stabrowski, M.Gielciński, Z.Staroszczyk - Analogowe i cyfrowe systemy pomiarowe, Wyd. Politechniki Warszawskiej, W-wa 1983.
- 4.M.Stabrowski - Miernictwo elektryczne, cyfrowa technika pomiarowa, Oficyna Wydawnicza PW, W-wa 1994.
- 5.M.Nadachowski, Z.Kulka - Analogowe układy scalone, WKiŁ, W-wa 1987.

## Literatura dodatkowa do przedmiotu c.d.

6.P.H.Garet - Układy analogowe w systemach cyfrowych (tłum. z ang.), WNT, W-wa 1981.

7.Z.Kulka, A.Libura, M.Nadachowski - Przetworniki A/C i C/A, WKiŁ, W-wa 1989

8.J.Bolikowski (redakcja)- Podstawy projektowania inteligentnych przetworników pomiarowych wielkości elektrycznych, Wyd. WSInż w Zielonej Górze, Zielona Góra 1993.

9.Ch.Lober, G.Will - Mikrokomputer w technice pomiarowej (tłum. z niem.), WKiŁ, W-wa 1989.

10.W.Link - Jak mierzyć i sterować w Basicu ? (tłum. z niem.), WNT, W-wa 1989.

## Literatura dodatkowa do przedmiotu – c.d.

11.H.Joas - Komputer i pomiary (tłum. z niem.), WKiŁ, W-wa 1990.

12.W.Nowakowski - Systemy interfejsu w miernictwie, WKiŁ, W-wa 1987.

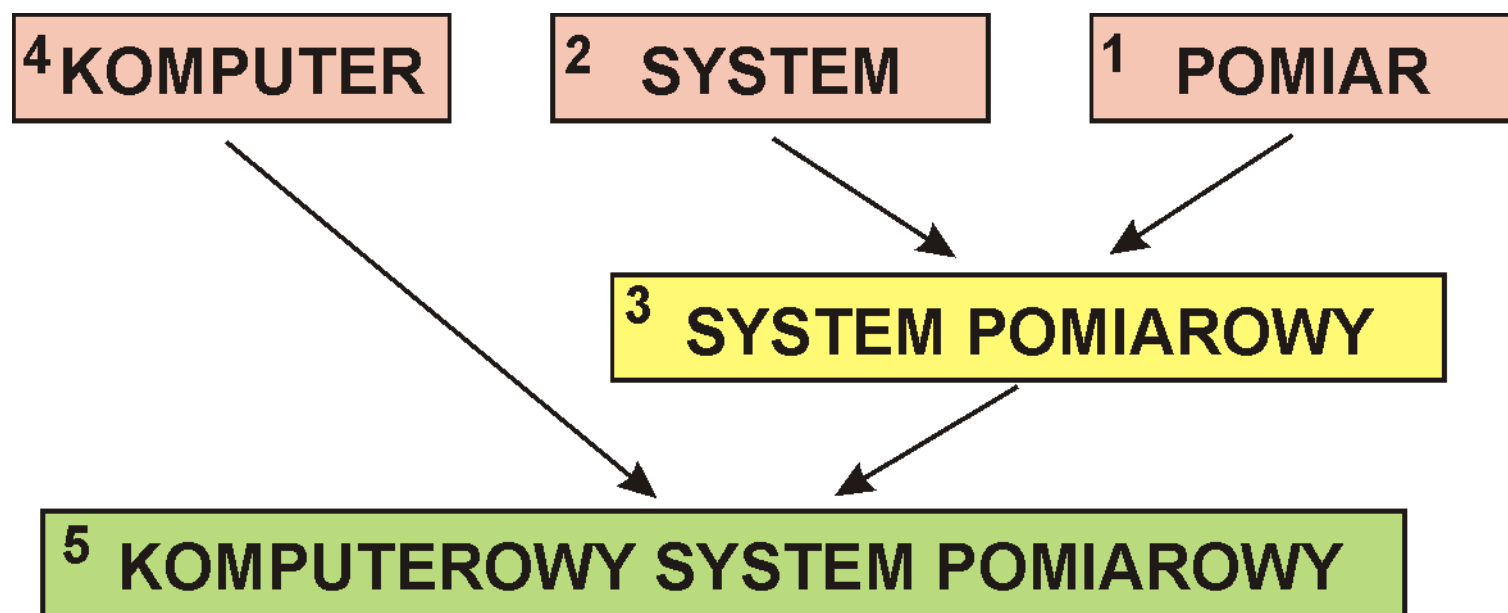
13.W.Nowakowski, A.Boratyński - System interfejsu IEC-625, WKiŁ, W-wa 1984.

14.W.Mielczarek - Szeregowe interfejsy cyfrowe, wyd. Helion, Gliwice 1993.

15.W.Mielczarek, Urządzenia pomiarowe i systemy kompatybilne ze standardem SCPI, wyd. Helion, Gliwice 1999.

16.A.Wiszniewski - Algorytmy pomiarów cyfrowych w automatyce elektroenergetycznej, WNT, W-wa 1990.

## Podstawowe definicje (przypomnienie)

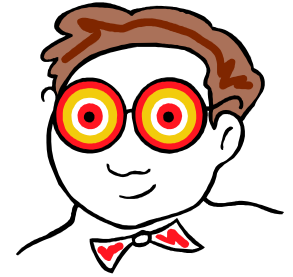


# Krótkie wprowadzenie do pomiarów - przypomnienie



## Etapy poznawania otaczającej nas rzeczywistości

**Spostrzeganie** – najbardziej elementarny akt poznawania rzeczywistości, w dużej mierze spostrzeganie jest przypadkowe, ale pozwala wyciągać wnioski i uogólniać.



**Obserwacja** – spostrzeganie kierowane zadaniem, czyli spostrzeganie zaplanowane, prowadzone celowo dla uzyskania odpowiedzi na postawione z góry pytania, bez oddziaływania na obiekt obserwacji.



**Eksperyment** – zabieg realizowany w celu dokonania obserwacji, który bądź to wywołuje, bądź to wpływa na obserwowane zjawisko.





## Spostrzeganie, obserwacja, eksperyment - przykłady

**Spostrzeganie** – człowiek pierwotny zauważa, że słońce wschodzi w kolejne dni w różnych miejscach nad horyzontem. Wyciąga wniosek, że jest to związane z porą roku.

**Obserwacja** – człowiek obserwuje wschody słońca i zaznacza miejsce wschodu słońca w kolejne dni roku, chce uzyskać odpowiedź na pytanie: jaki jest związek z porami roku?

**Eksperyment** – człowiek buduje obserwatorium astronomiczne, (np.: **Stonehenge, Anglia**) mierzy czas trwania kolejnych pór roku, przewiduje nadejście wiosny i konieczność rozpoczęcia prac polowych.

**Spostrzeganie, obserwacja, eksperyment - przykłady**

**Wschód słońca nad Stonehenge w dniu przesilenia letniego**

Pomiar – szczególny rodzaj eksperymentu

**Eksperyment** jest to celowe działanie prowadzące do uzyskania informacji o otaczających nas obiektach i zjawiskach.

**Informacja** ta może mieć charakter:

Co to jest **Obiekt pomiaru**?

- jakościowy (odpowiada na pytania typu: jakie coś jest ? )

Np.: duże, małe, okrągłe, kwadratowe, zielone, czerwone, brzydkie, ładne, słodkie, kwaśne, ciekawe, nudne (to o wykładzie) ...

- ilościowy (odpowiada na pytanie: ile czegoś jest ?)

Np.: 2 kilogramy, 3 metry, 10 omów, 40 $\mu$ T, 1 mol (6,02214179 · 10<sup>23</sup>) cząsteczek tlenu, 5 zł, 90 minut (wykład) ...

## Pomiar – definicje pomocnicze

**Cecha** – pojęcie pierwotne, nie definiowane (coś, co opisuje pewne własności obiektu).

**Obiekt pomiaru** – zbiór cech rozróżnialnych jakościowo.

**Wielkość** (fizyczna, mierzona) – cecha obiektu (ciała, substancji, zjawiska) którą można wyróżnić jakościowo i określić ilościowo.

**Wartość** (wielkości) – ilościowe wyrażenie wielkości poprzez podanie liczby i jednostki miary.

## Pomiar - definicje

Ogólniej:

**Pomiar jest to eksperyment mający na celu pozyskanie ilościowej informacji o obiekcie.**

Ściślej:

**Pomiar jest to zbiór operacji mających na celu określenie wartości wielkości mierzonej. Wartość wielkości mierzonej wyrażamy iloczynem liczby i jednostki miary. Jest to wynik pomiaru.**

## Wynik pomiaru

**Wynik pomiaru jest to wartość wielkości mierzonej wyrażona iloczynem liczby i jednostki miary**

$$\text{Wynik pomiaru} = \text{Liczba} * \text{jednostka miary}$$

Przykład:

$$R = 120 \Omega$$

### Wnioski

- **Wynik pomiaru** odpowiada na pytanie: **ile** czegoś jest ?
- Do wykonania pomiaru niezbędna jest **jednostka miary**

## Wynik pomiaru – rozszerzenie pojęcia

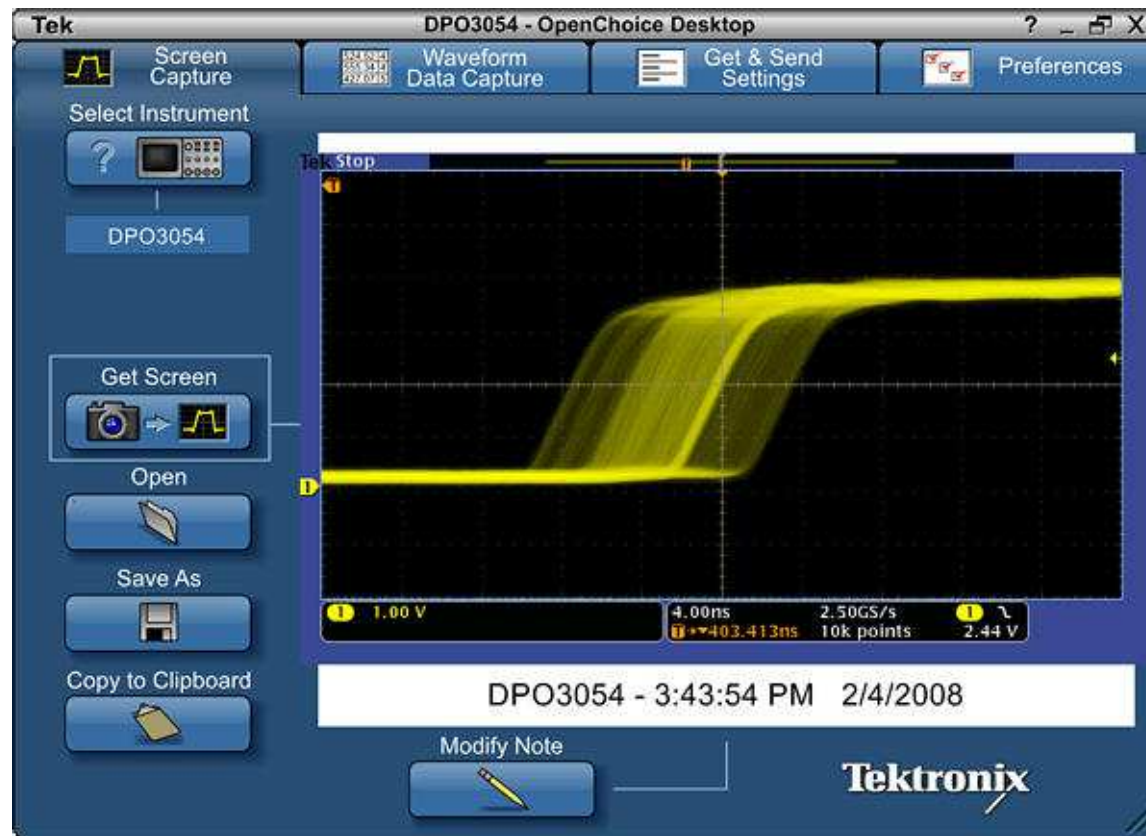
### Wynikiem pomiaru może być:

- Pojedyncza liczba (klasyczne podejście),
- Rozkład czasowy lub przestrzenny wielkości mierzonej,
- Matematyczne reprezentacje wielkości i ich rozkładów, np.: wartość średnia, skuteczna, widmo sygnału,
- Zależności pomiędzy kilkoma wielkościami (funkcja w postaci tablicy, wykresu, współczynników wielomianu aproksymującego).

### Nowe, dodatkowe pojęcie:

Ze względu na rozszerzenie pojęcia **wynik pomiaru** wprowadza się również rozszerzone pojęcie wielkości mierzonej : **mezurand**

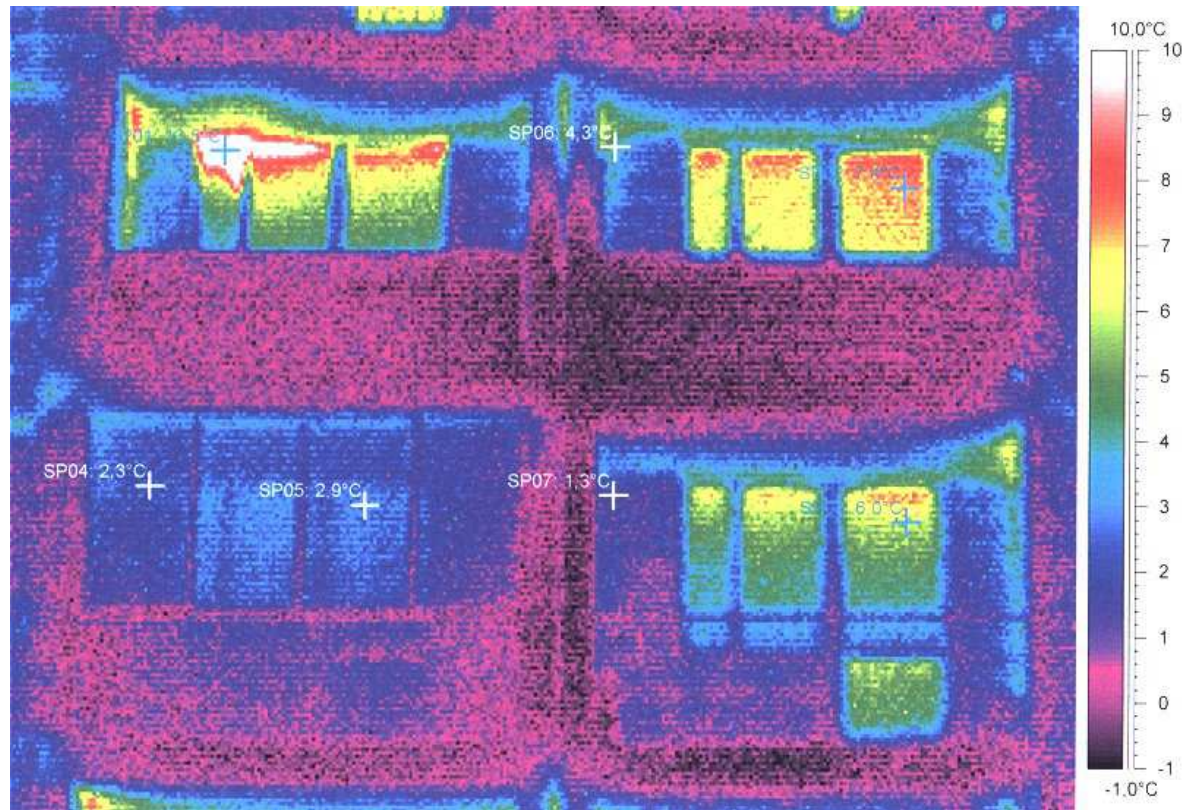
## Mezurand i wynik pomiaru – przykłady



**Oscylogram** – **rozkład czasowy** napięcia w wybranym punkcie układu elektronicznego

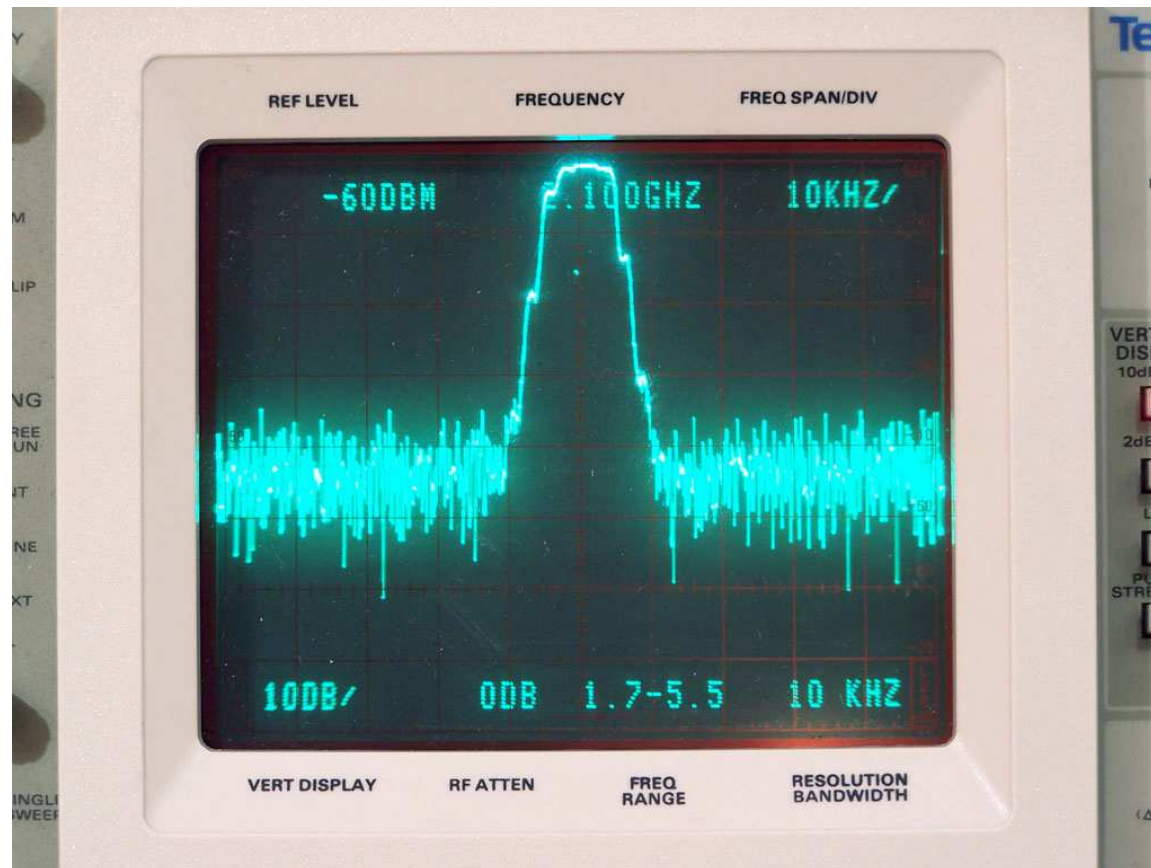


## Mezurand i wynik pomiaru – przykłady



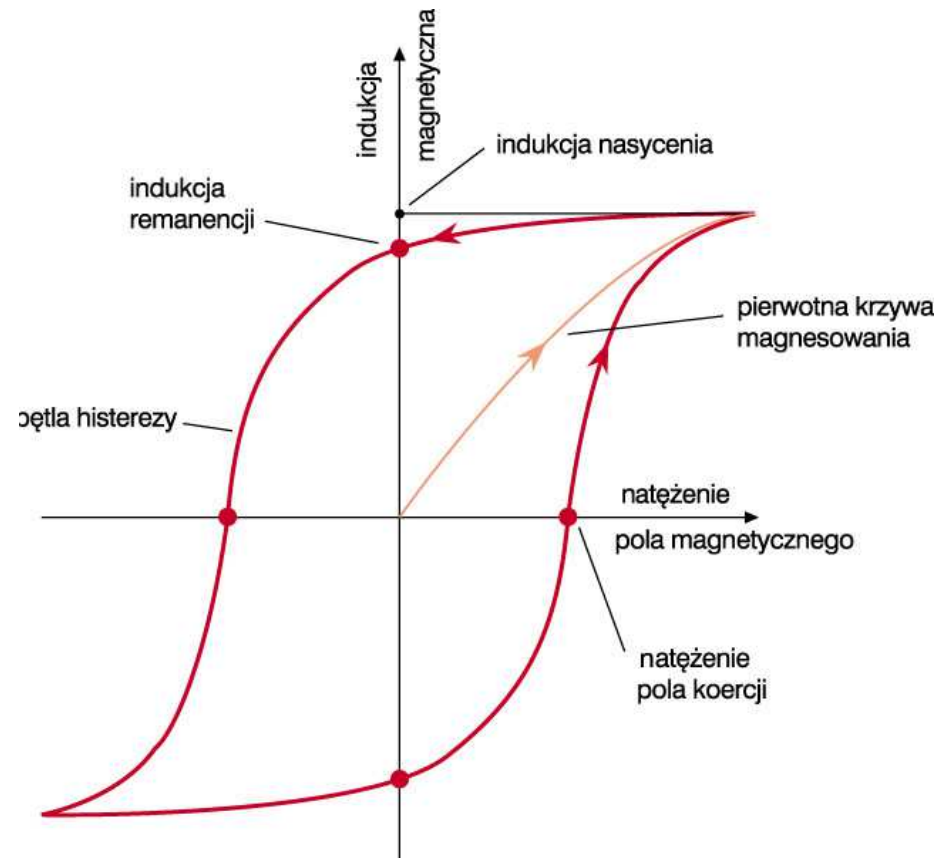
**Termogram** – **rozkład przestrzenny** temperatury na powierzchni elewacji budynku mieszkalnego

## Mezurand i wynik pomiaru – przykłady



**Widmo sygnału** – **matematyczna reprezentacja rozkładu**  
wielkości w dziedzinie częstotliwości

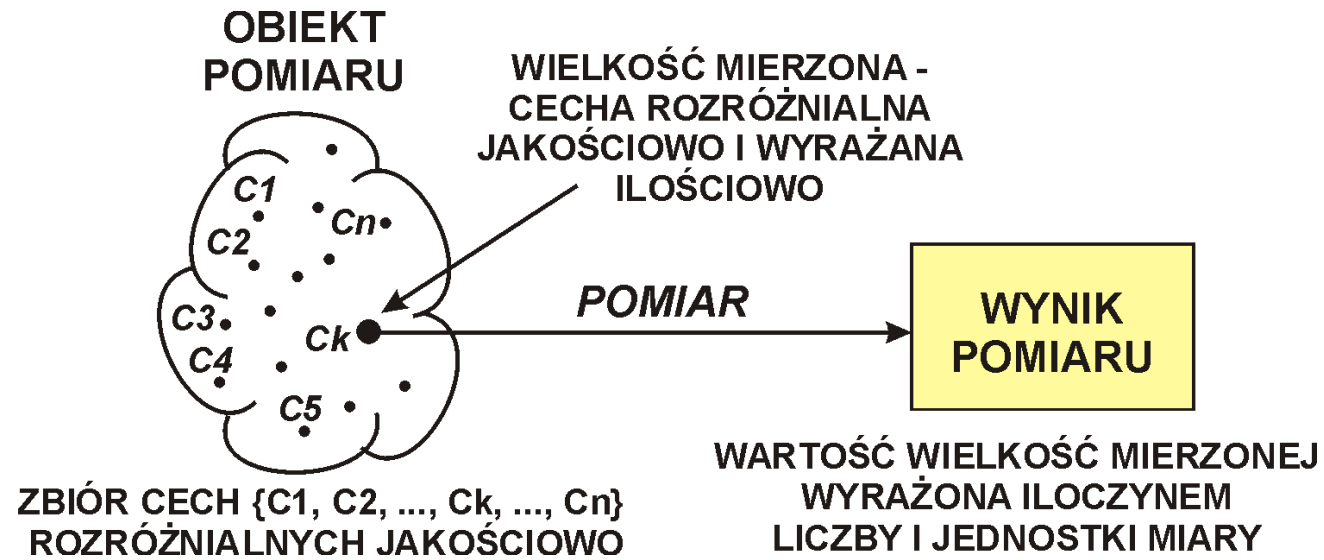
## Mezurand i wynik pomiaru – przykłady



**Pętla histerezy** – **zależność pomiędzy dwoma wielkościami**

(indukcji magnetycznej od natężenia pola magnetycznego)  
przedstawiona w postaci wykresy funkcji

# Pomiar - podsumowanie



## System – podejście ogólne, filozoficzne

System jest to byt przejawiający istnienie przez **synergiczne** współdziałanie swych części.

**Synergia, efekt synergiczny** - współdziałanie różnych czynników, którego efekt jest większy niż suma poszczególnych oddzielnych działań.

**Synergiczność działań**, „**2 + 2 > 4**”, - wspólne działanie dające większe, lepsze efekty; działania uzupełniają się poprzez kooperację i synchronizację.

Matematycznie nieprawda !!!

**Wniosek: wszystko jest systemem.**

**Ogólna Teoria Systemów** ma umożliwić lepsze zrozumienie otaczającej nas rzeczywistości poprzez badanie spełnianej roli i funkcji poszczególnych części w całości systemu, z uwzględnieniem powiązań przyczynowo - skutkowych.

## Systemy –przykłady z różnych dziedzin

**System biologiczny** – komórka → tkanka → organizm → ekosystem

**System ekonomiczny** – pracownik → firma → rynek → giełda

**System społeczny** – obywatel → rodzina → społeczeństwo → ludzkość

**System techniczny** – komponent → moduł → maszyna → system

## System – podejście matematyczne

System jest to zbiór **Elementów** o określonych własnościach (**Atrybutach**), tak powiązanych ze sobą **Relacjami**, że stanowią one całość zdolną do funkcjonowania w określony sposób.

$$S = \{E, A, R\}, E = [E_1, \dots, E_m], A = [A_1, \dots, A_n], R = [R_1, \dots, R_k]$$

**System - S** jest zdefiniowany jako **zbiór współdziałających** ze sobą **elementów - E**, stanowiący **celowo zorientowaną** jedną **całość**. Elementy systemu posiadające pewne **atrybuty (własności) - A** i znajdują się w określonych **relacjach - R** (związkach, współdziałaniach) między sobą.

## System pomiarowy – definicja klasyczna

System pomiarowy jest to zbiór narzędzi pomiarowych tak zorganizowany, że może być użyty do wykonania pomiaru.

Do narzędzi pomiarowych zaliczamy:

- wzorce miar (odtworzą wzorcową wartość danej wielkości),
- przyrządy pomiarowe (przetwarzają wielkość mierzoną na wskazanie),
- przetworniki pomiarowe (przetwarzają wielkość mierzoną na równoważną informację).



## System pomiarowy – definicja współczesna

Nie tylko narzędzi pomiarowych !

System pomiarowy jest to zbiór **środków technicznych** podporządkowanych **wspólnemu celowi** i **ogólnemu algorytmowi działania**, przeznaczony do automatycznego pozyskiwania informacji **bezpośrednio z obiektu**, w celu

**przekształcenia,**

**pomiaru,**

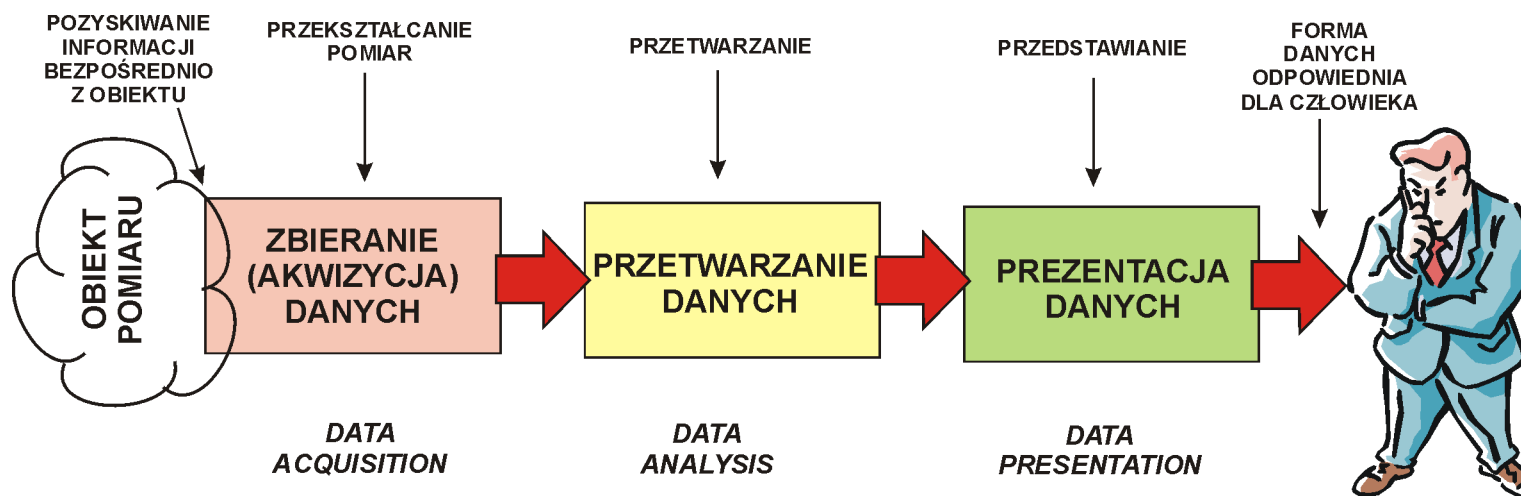
**przetworzenia i**

**przedstawienia**

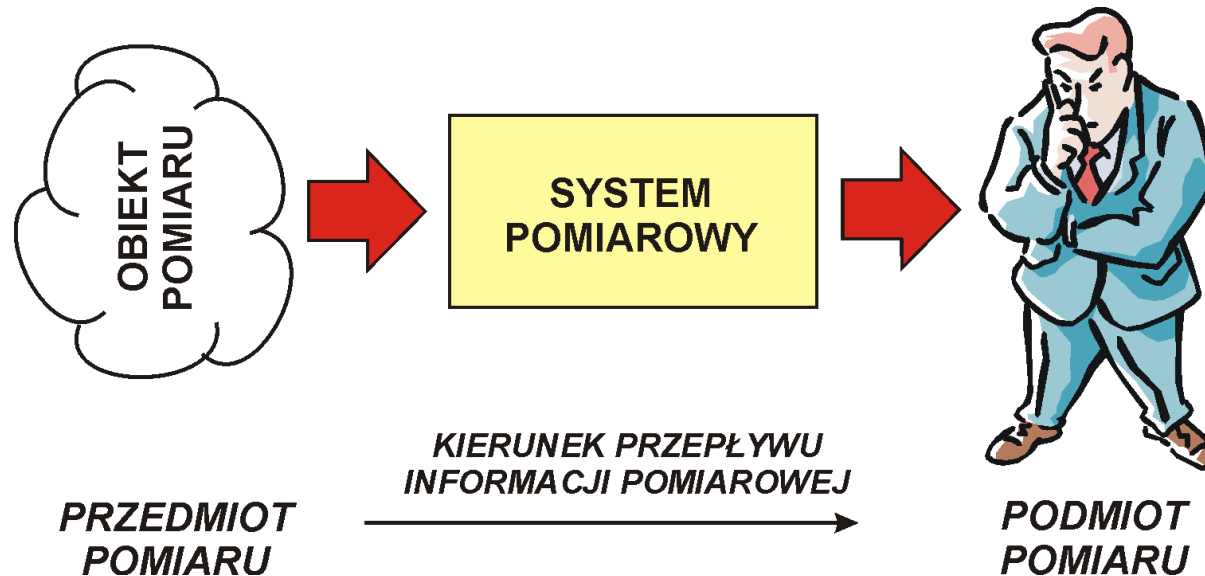
Więcej zadań !

w formie dostosowanej do wykorzystania przez **człowieka** oraz dla wprowadzenia do zautomatyzowanego **urządzenia** sterującego

# Zadania realizowane w systemie pomiarowym



## Elementy biorące udział w procesie pomiarowym



Najważniejszymi elementami procesu pomiarowego są: **przedmiot pomiaru** (obiekt) i **podmiot pomiaru** (człowiek). Niektóre proste pomiary mogą być zrealizowane bez udziału systemu pomiarowego, np.: pomiar długości „na oko” !

## Komputer – przykładowe definicje

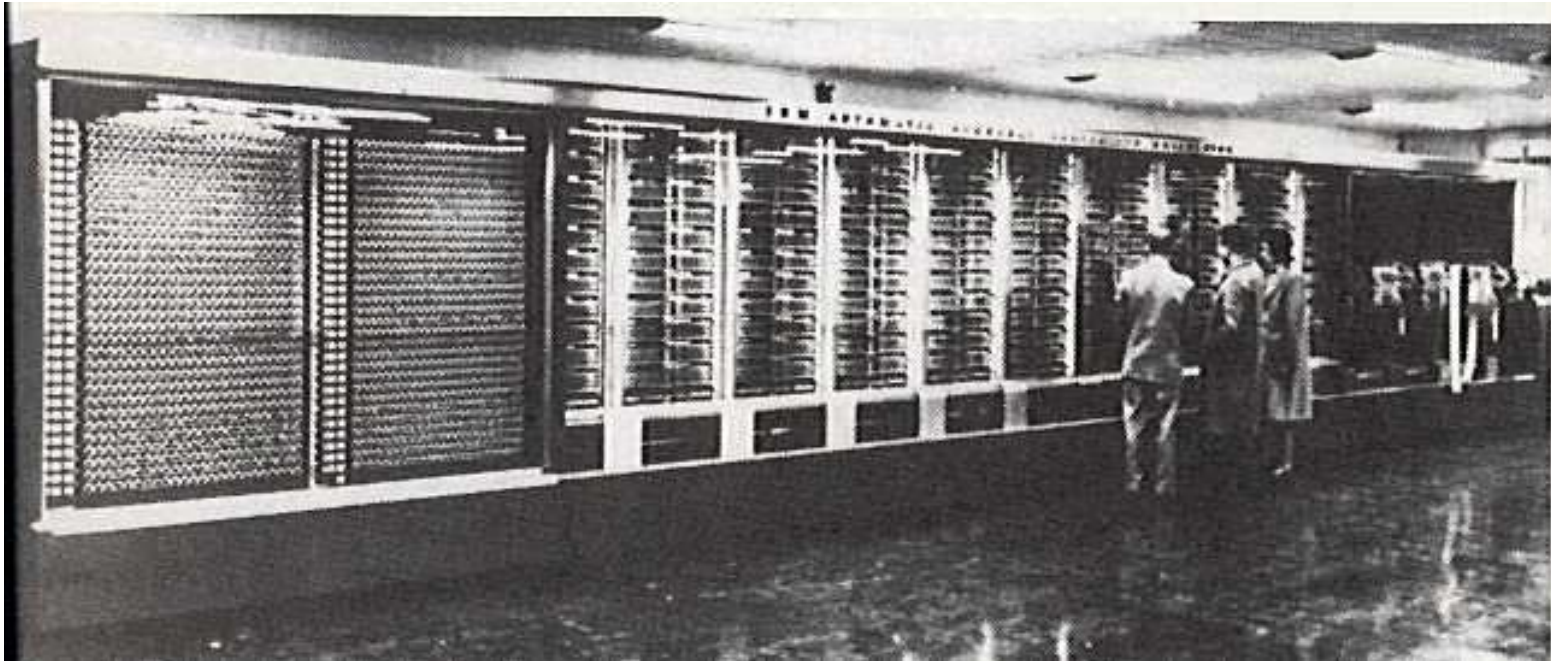
**Komputer** (z ang. *computer* od łac. *computare* – obliczać, dawne nazwy: mózg elektronowy, elektroniczna maszyna cyfrowa, maszyna matematyczna) – urządzenie elektroniczne służące do przetwarzania wszelkich informacji, które da się zapisać w formie ciągu cyfr albo sygnału ciągłego.

*(Wikipedia, wolna encyklopedia)*

**A computer** is a device, usually electronic, that processes data according to a set of instructions.

*(Collins Dictionary)*

## Komputer – przykładowe konstrukcje



The IBM Automatic Sequence Controlled Calculator Mark I after installation at *Harvard University*, 1944. It is 51 feet long, and 8 feet high, weighs 5 tons, and incorporates 750,000 parts, including 72 accumulators and 60 sets of rotary switches, plus card readers, a card punch, paper tape readers, and typewriters. An addition takes 1/3 second, and a multiplication, 1 second. The Mark I was in operation until 1959. **15 years !**

## Komputer – bardzo krótka historia



Mathematician Grace Hopper of the U.S. Naval Reserve joined Aiken's team at Harvard and was instrumental in keeping the Mark I running. She repaired it one day by removing a moth that had fouled the Mark I's electromechanical innards, becoming the **first person to debug a computer**. She then coined the term *computer bug* .

# Komputer – bardzo krótka historia

Photo # NH 96566-KN First Computer "Bug", 1945

92

9/9

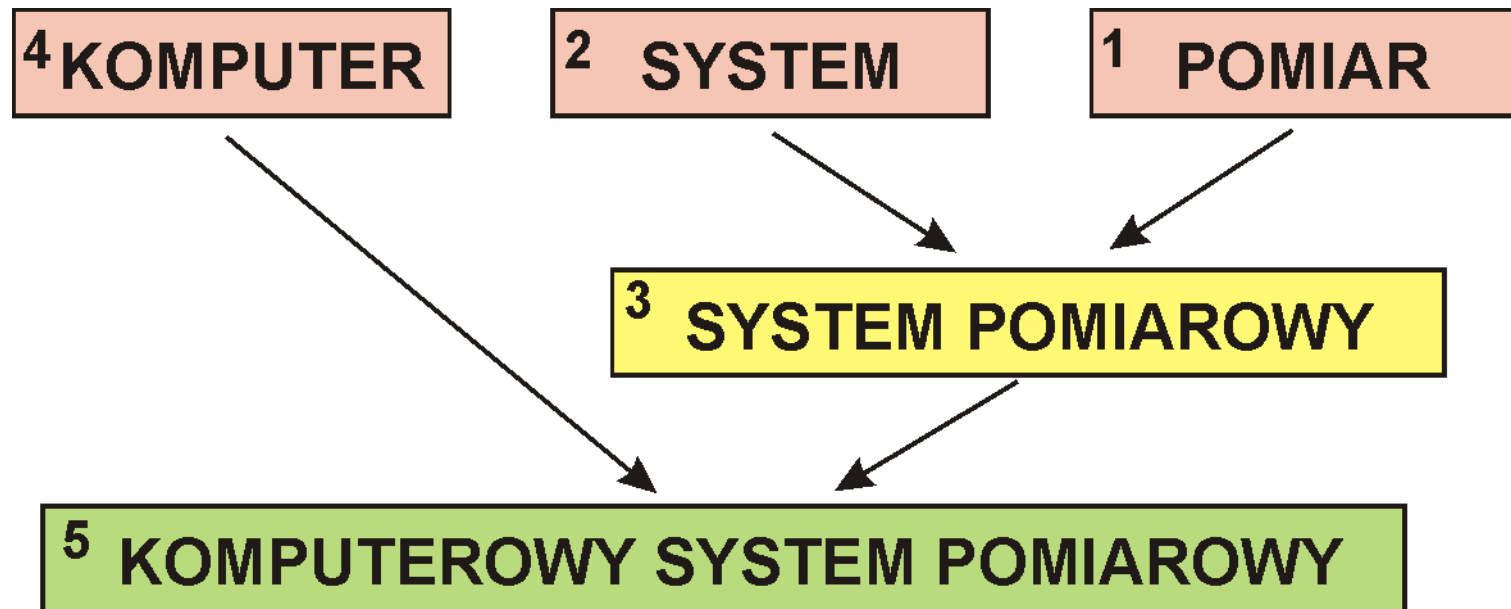
0800 Action started  
 1000 " stopped - action ✓  
 13<sup>00</sup> (032) MP - MC { 1.2700 9.037 847 025  
 (033) PRO 2 2.130476415 (03) 4.615925059 (-2)  
 2.130476415  
 2.130676415  
 Relays 6-2 in 033 failed special speed test  
 in Relay .. 11,000 test.  
 Relays changed  
 1100 Started Cosine Tape (Sine check)  
 1525 Started Multi Adder Test.  
 1545 Relay #70 Panel F  
 (moth) in relay.  
 First actual case of bug being found.  
 1630/1630 Action started.  
 1700 closed down.



The original **'bug'** was a **moth**, which caused a hardware fault in the Mark I

Notatka Grace Hopper po pierwszym „odpluskwaniu” czyli „debugowaniu” pierwszego na świecie komputera MARK I. Dziś „debugowanie” jest istotnym etapem uruchamiania każdego programu komputerowego.

Zbliżamy się do końca !





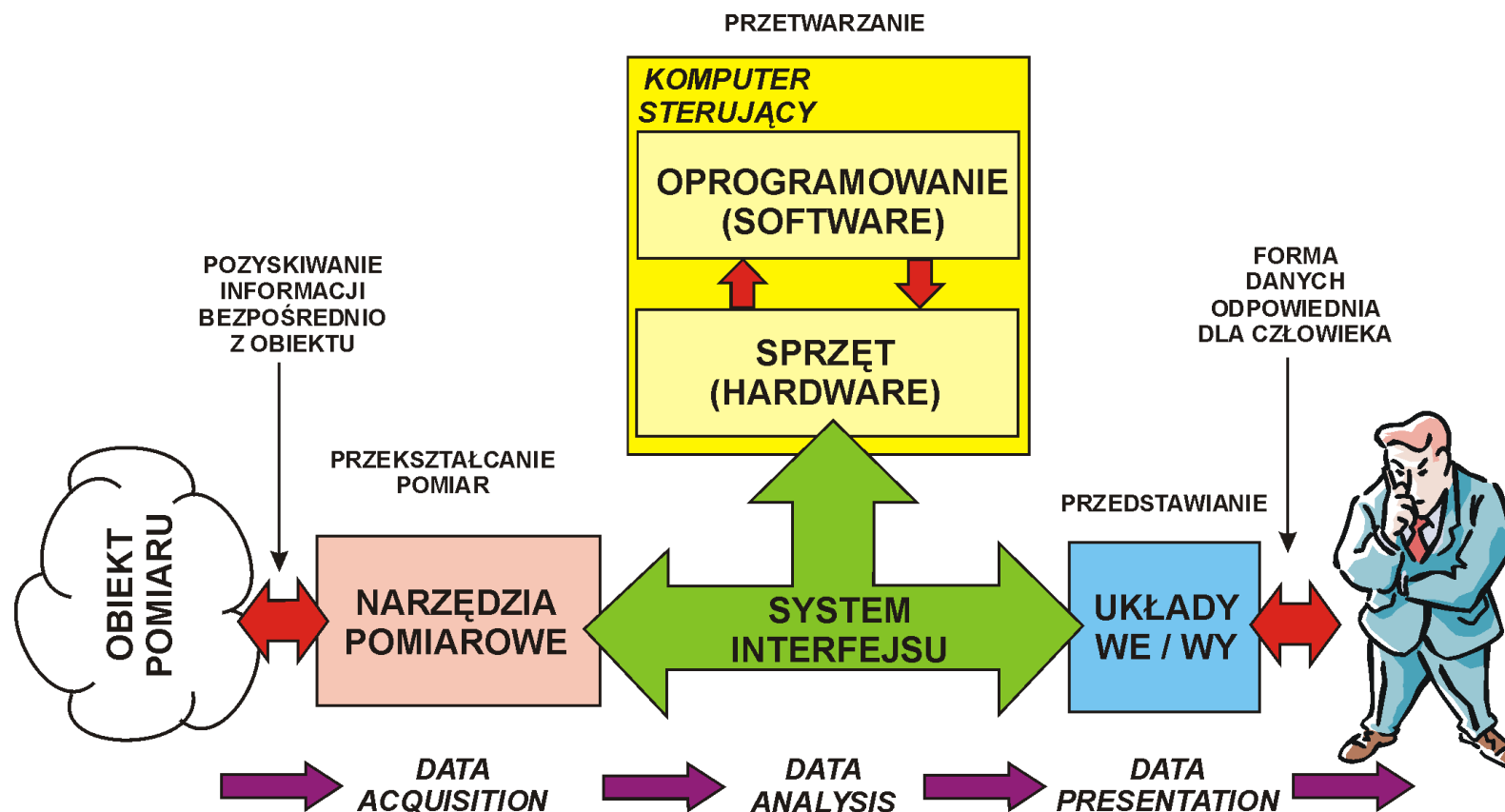
## Komputerowy System Pomiarowy - definicja

Komputerowy system pomiarowy jest to system pomiarowy wyposażony w komputer ogólnego przeznaczenia lub wyspecjalizowany sterownik mikroprocesorowy, których zadaniem jest :

- **sterowanie przepływem informacji** w systemie,
- **przetwarzanie danych pomiarowych** oraz ich
- **wizualizacja i**
- **archiwizacja.**

Integralną częścią komputerowego systemu pomiarowego jest **oprogramowanie sterujące.**

# Komputerowy System Pomiarowy - uproszczona struktura



**System interfejsu** jest centralnym elementem wokół którego zbudowany jest cały *Komputerowy System Pomiarowy*

# Dlaczego stosujemy komputerowe systemy pomiarowe?

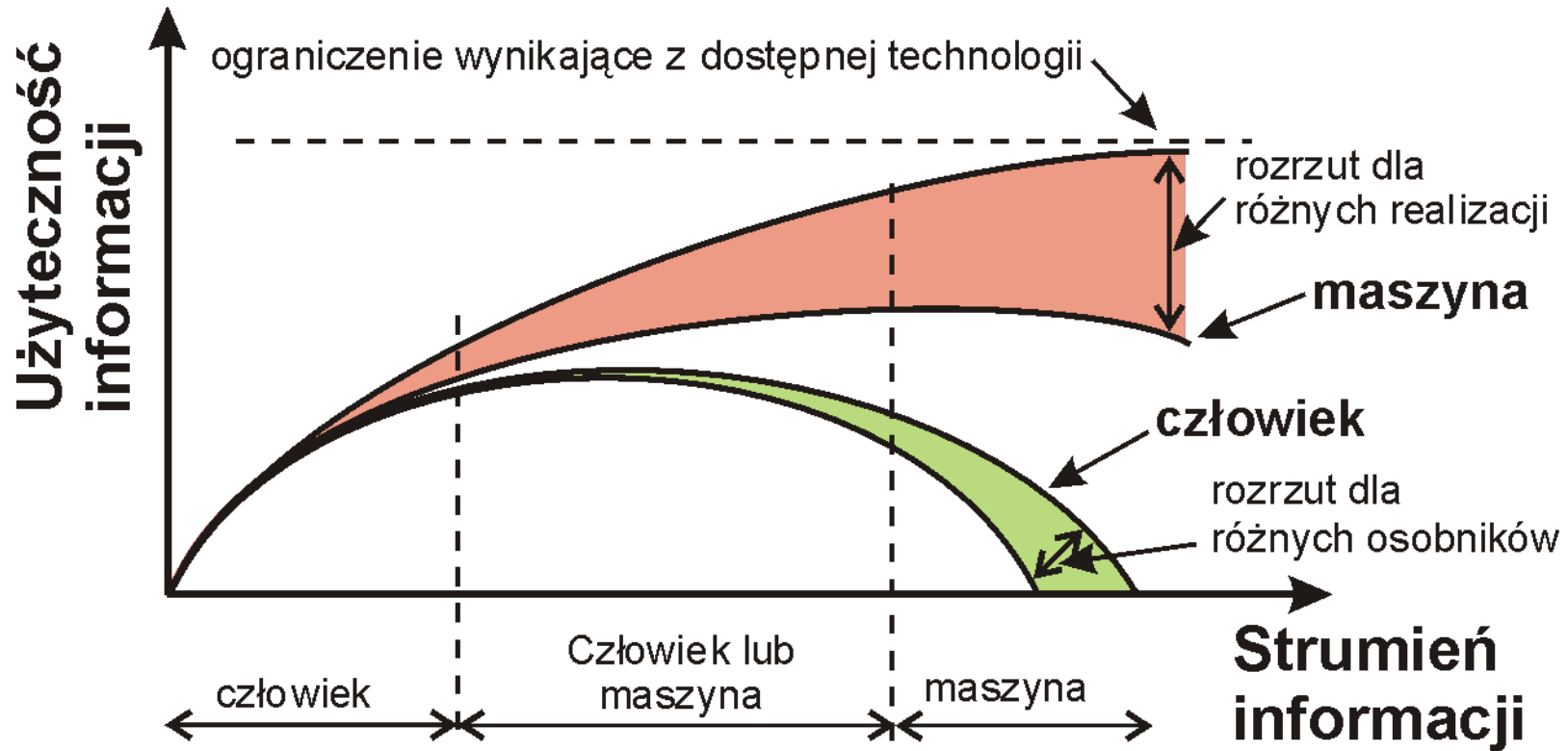
## **Przyczyny:**

1. Ograniczone możliwości percepcji i reakcji człowieka przy sterowaniu ręcznym systemem pomiarowym.
2. Rosnące wymagania wobec systemów pomiarowych w zakresie: szybkość działania, koszty realizacji, niezawodność działania.

## **Korzyści:**

1. Lepsze wykorzystanie dostępnej informacji o obiekcie.
2. Szybsze działanie przy rosnącej komplikacji systemu.
3. Obniżenie kosztów realizacji pomimo zwiększonej liczby zadań.
4. Podwyższenie niezawodności w rozbudowanych systemach.

## Użyteczność informacji

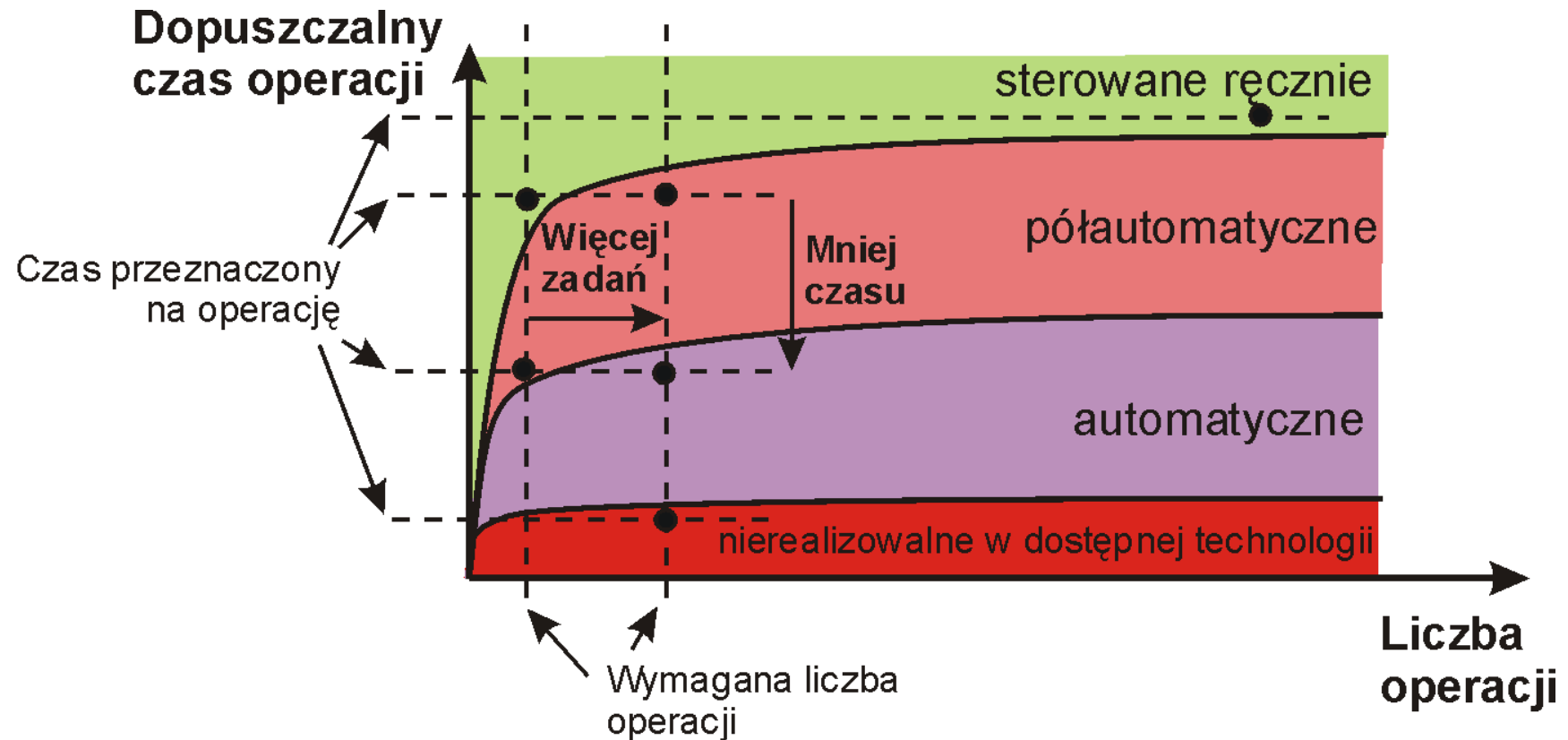


Stopień wykorzystania informacji (jej użyteczność) zależy od szybkości jej dopływu – możliwości realizacji systemów pomiarowych w różnych wykonaniach

## Użyteczność informacji - wnioski

- 1. Fizjologia człowieka ogranicza jego szybkość** percepcji (np. zmysł wzroku – kilkanaście obrazów/s) i reakcji (kilkadziesiąt do kilkuset milisekund), przy dużych różnicach pomiędzy osobnikami.
2. Przy małych strumieniach informacji (nieskomplikowane i wolne pomiary) zastosowanie systemu sterowanego ręcznie przez człowieka **może mieć swoje uzasadnienie.**
3. Aktualnie dostępna **technologia** realizacji systemu pomiarowego **zawsze stawia jakieś ograniczenie na szybkość** jego działania.

## Czas operacji

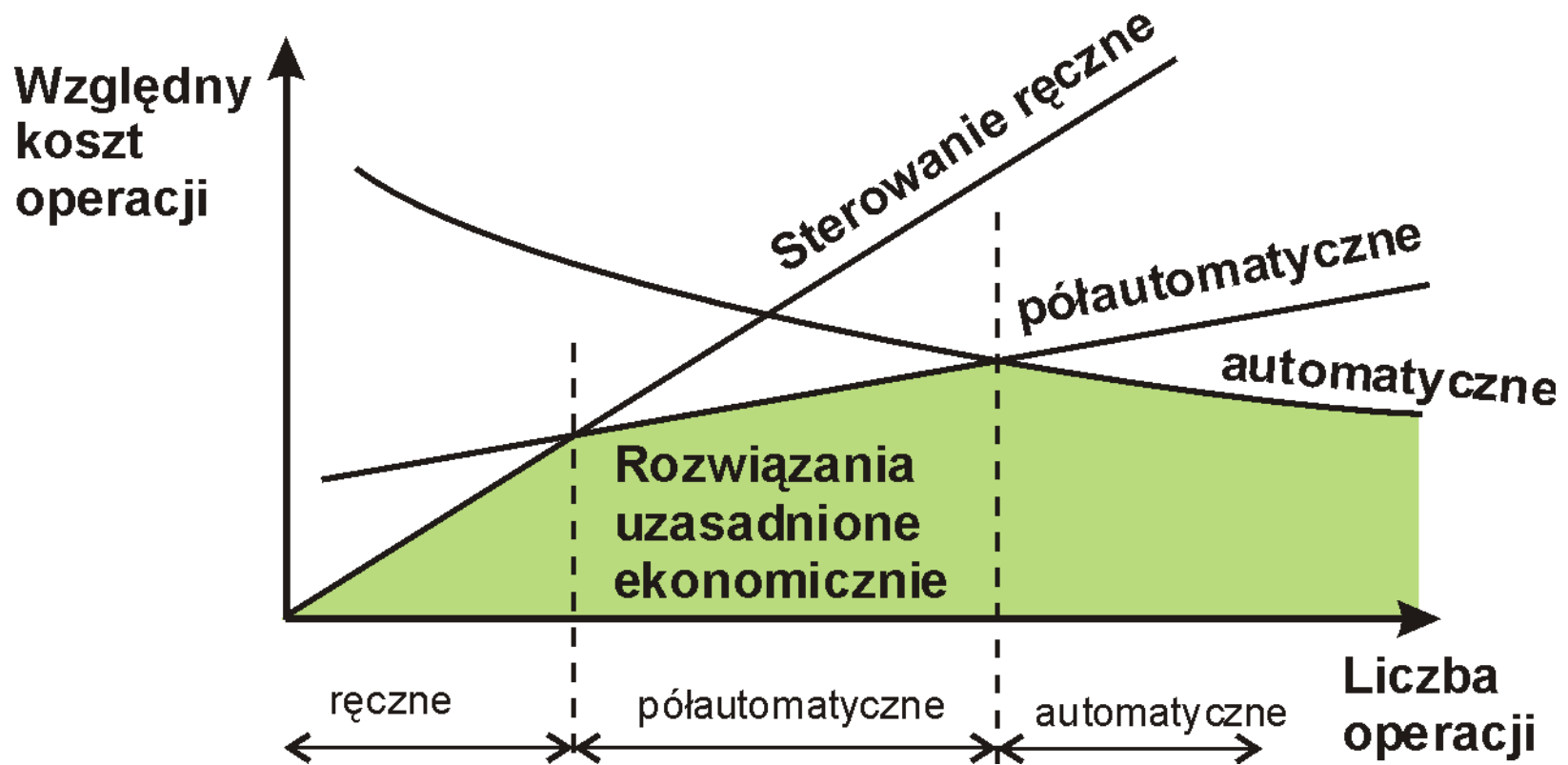


Możliwości realizacji systemów pomiarowych w zależności od stopnia komplikacji i wymaganej szybkości działania

## Czas operacji - wnioski

1. Jeśli dysponujemy odpowiednio długim czasem na realizację pojedynczej operacji (pomiaru), to możemy ich realizować **nieskończenie wiele**, nawet w systemie sterowanym ręcznie.
2. Przy rosnącej liczbie zadań i/lub ograniczaniu czasu dostępnego na realizację pojedynczej operacji konieczne jest zwiększanie stopnia **automatyzacji** systemu.
3. Zawsze istnieje technologiczne **ograniczenie** realizowalności systemów o zbyt wysokich wymaganiach na szybkość działania i stopień komplikacji.

## Koszty



Rozwiązania uzasadnione ekonomicznie w zależności od stopnia komplikacji systemu



## Koszty - wnioski

1. Do kosztów należy zaliczyć przede wszystkim: koszty zakupu aparatury, koszty przygotowania oprogramowania, koszty energii zasilającej, czas pracy obsługi (wynagrodzenia) i inne.
2. Ekonomicznie nieuzasadnione jest stosowanie systemów zautomatyzowanych do realizacji prostych zadań pomiarowych.
3. Przy rosnącej komplikacji systemu tylko rozwiązania zautomatyzowane pozwalają na ograniczenie kosztów realizacji.

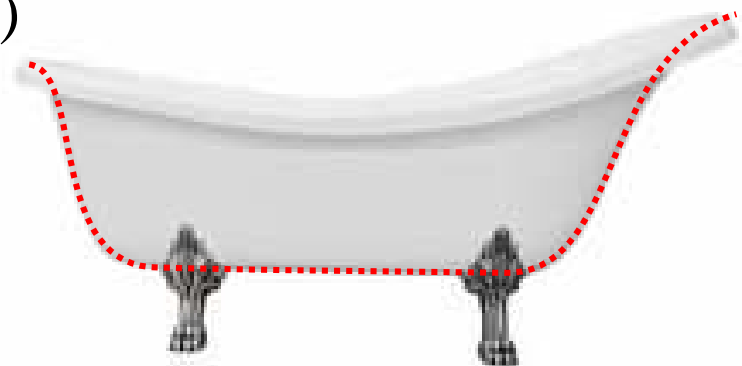
## Niezawodność – funkcja ryzyka $h(t)$

**Funkcja ryzyka**  $h(t)$  jest to prawdopodobieństwo  $P$  wystąpienia awarii systemu w przedziale czasu  $(t, t+dt)$  przy założeniu jego pracy w tym przedziale czasu, tzn. czas pracy systemu do chwili awarii  $t_S > t$ .

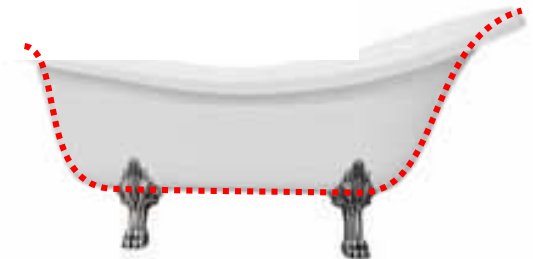
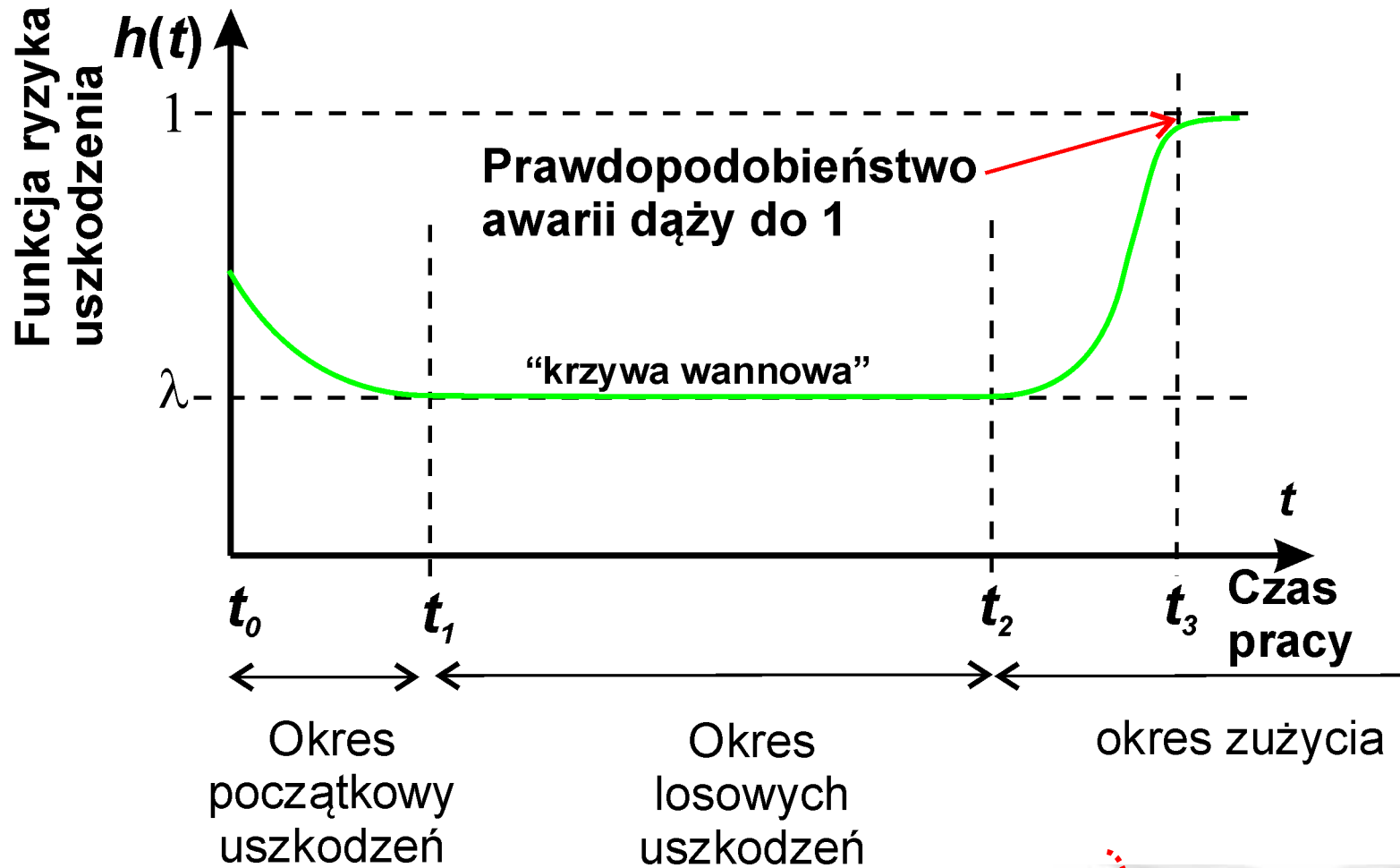
$$h(t) = P(t < t_S \leq t + dt, t_S > t)$$

**Funkcja ryzyka**  $h(t)$  ma kształt **krzywej wannowej**, w przedziale czasu  $(t_1, t_2)$  normalnego użytkowania systemu jest ona równa średniej intensywności uszkodzeń  $\lambda$  (liczba uszkodzeń  $q$  przypadająca na  $N$  godzin pracy systemu)

$$\lambda = \frac{q}{N}$$



# Niezawodność – krzywa wannowa

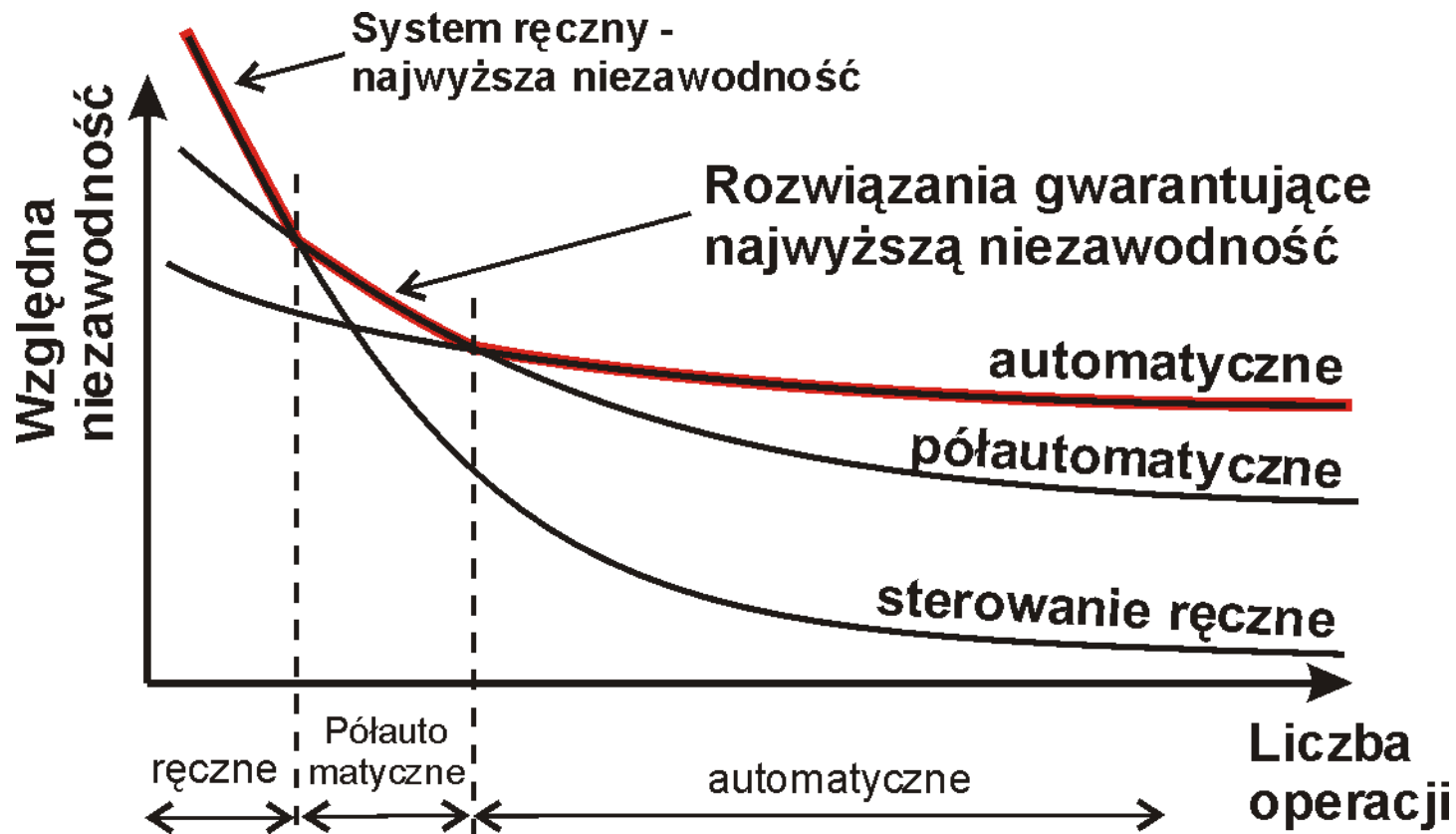


## Niezawodność – średni czas do uszkodzenia

**MTTF (Mean Time To Failure)** – średni czas do uszkodzenia, czyli średni czas od chwili  $t_0$  rozpoczęcia użytkowania do chwili wystąpienia pierwszego uszkodzenia równy wartości średniej zmiennej losowej  $t_s$  czasu pracy bez awarii.

**MTBF (Mean Time Between Failures)** – średni czas między uszkodzeniami, definiowany dla systemów naprawianych.

## Niezawodność



Rozwiązania gwarantujące najwyższą niezawodność w zależności od stopnia komplikacji systemu

## Niezawodność - wnioski

1. Przy rosnącej komplikacji systemu odpowiednio wysoką niezawodność mogą zapewnić tylko systemy automatyczne.
2. Nawet systemy wykorzystujące najnowocześniejsze technologie (przemysł wojskowy, kosmiczny, lotniczy) ulegają awariom.
3. Przy małej komplikacji systemu człowiek jest bardziej niezawodny od najlepszej technologii.
4. W szczególnie newralgicznych zastosowaniach (intensywna opieka medyczna, ratowanie życia, broń masowego rażenia, rozbudowane i niebezpieczne procesy technologiczne, elektrownie atomowe, samoloty i kontrola ruchu powietrznego) **należy z dużą ostrożnością zastępować człowieka przez systemy zautomatyzowane.**

## Podsumowanie

1. Człowiek poznaje otaczającą go rzeczywistość poprzez wzajemne oddziaływanie z nią, jedno i dwukierunkowe. Kolejnymi etapami zdobywania wiedzy są: **spostrzeganie, obserwacja, eksperyment, pomiar.**
2. **Obiekt pomiaru** jest zbiorem cech rozróżnialnych jakościowo.
3. **System** jest pojęciem bardzo ogólnym o wielorakim zastosowaniu.
4. Pojęcia **system pomiarowy, wynik pomiaru, wielkość mierzona** (mezurand) ulegają ciągłej ewolucji i rozszerzaniu.
5. Ograniczone możliwości człowieka i rosnące wymagania wymuszają stosowanie **systemów pomiarowych wspomaganym komputerowo.**
6. **Komputer** jest pojęciem bardzo ogólnym i może być technicznie zrealizowany na wiele sposobów. Pełni on rolę kontrolera w komputerowym systemie pomiarowym. Centralnym elementem jest **system interfejsu.**
7. Integralną część komputerowego systemu pomiarowego stanowi **oprogramowanie** komputera sterującego jego pracą.
8. Istotnymi zagadnieniami podczas projektowania automatycznych systemów pomiarowych są: **szybkość** działania, **koszty** realizacji i eksploatacji oraz **niezawodność.**

