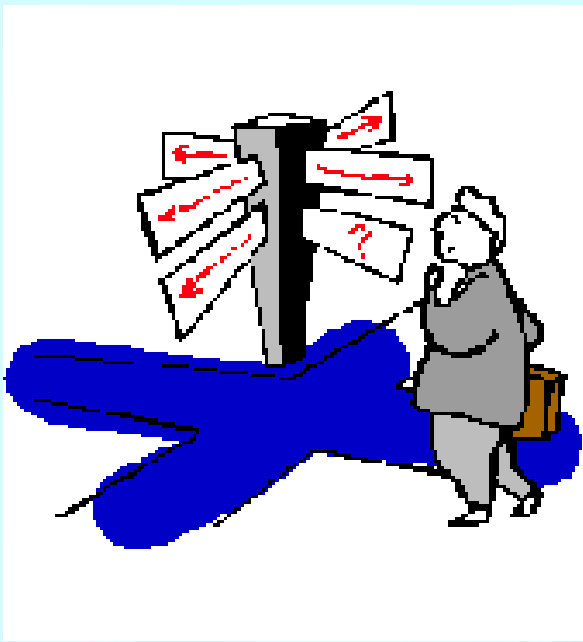
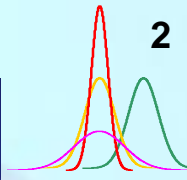
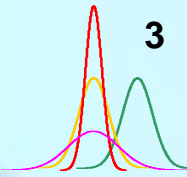


OCENA NIEPEWNOŚCI W BADANIACH JAKOŚCIOWYCH

Piotr Konieczka

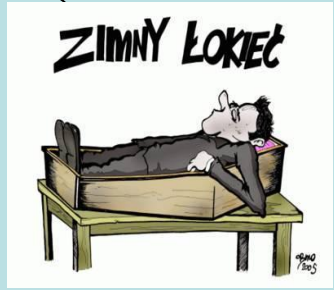
E-mail: piotr.konieczka17@gmail.com



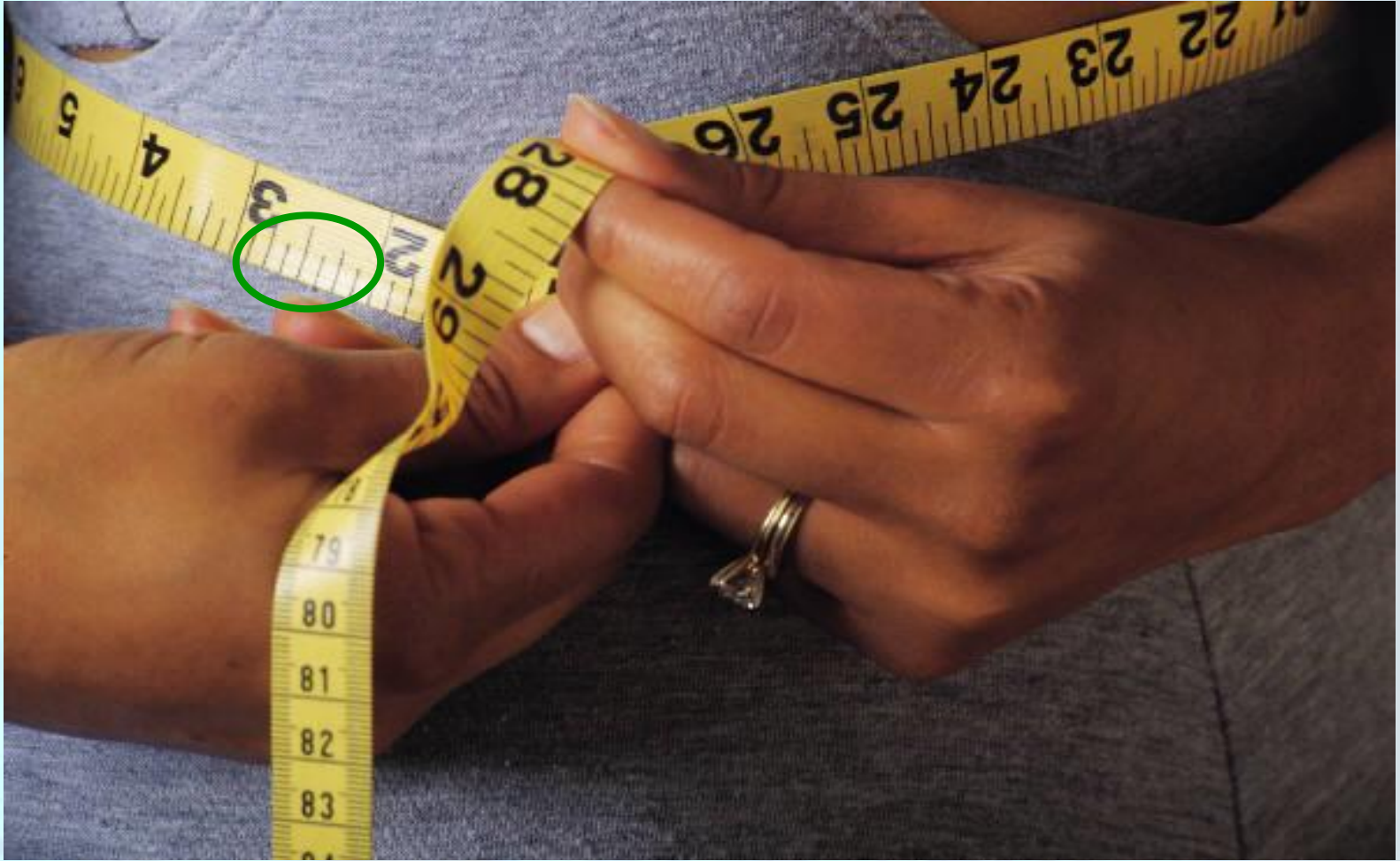
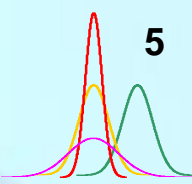


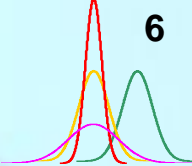


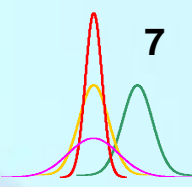
SAZEN (SIAG)

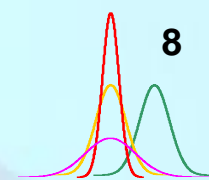


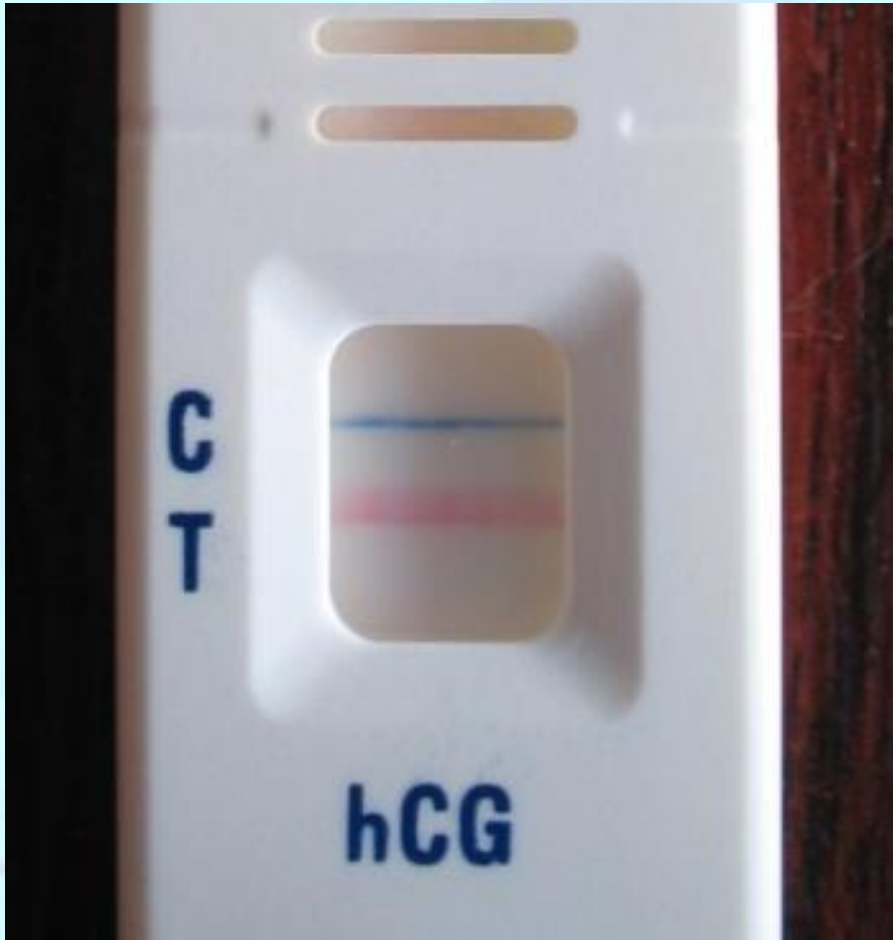
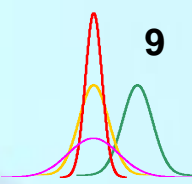
LOKIEC











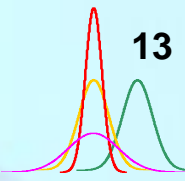


temysli.pl temysli.pl temysli.pl temysli.pl temysli.pl temysli.pl

Albowiem niepewność jest
najstraszliwszą ze wszystkich tortur.
temysli.pl

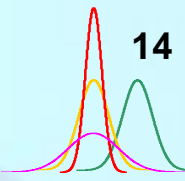


Źródła (przyczyny) niepewności w pomiarach



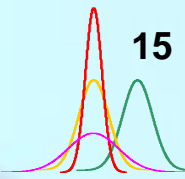
- błędnie lub nieprecyzyjnie zdefiniowana wielkość oznaczana
- brak spełnienia wymogu reprezentatywności dla pobranej próbki
- nieprawidłowo zastosowana procedura pomiarowa
- osobowe błędy systematyczne w odczytach sygnałów analogowych
- nieznaną wpływ wszystkich warunków zewnętrznych na wynik pomiaru
- niepewność związana z kalibracją stosowanego przyrządu kontrolno-pomiarowego

Źródła (przyczyny) niepewności w pomiarach



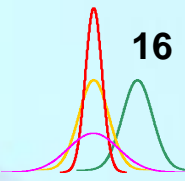
- rozdzielczość stosowanego przyrządu pomiarowego
- niepewności związane ze stosowanymi wzorcami
- niepewności parametrów wyznaczonych w osobnych pomiarach a stosowanych w obliczeniach wyniku końcowego oznaczenia np.: stałe fizyko chemiczne
- przybliżenia i założenia związane ze stosowaniem danego przyrządu pomiarowego i zastosowane w trakcie wykonywania pomiaru
- wahania w trakcie powtórzeń pomiarów w zdawałoby się identycznych warunkach zewnętrznych

Podstawowe terminy i definicje



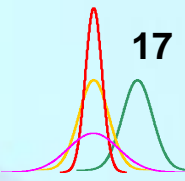
- niepewność pomiaru (*uncertainty*) – parametr związany z wynikiem pomiaru, który określa przedział wokół wartości średniej, w którym może (na założonym poziomie istotności) znaleźć się wartość oczekiwana
- standardowa niepewność pomiaru (*standard uncertainty*) – $u(x_i)$ – niepewność pomiaru przedstawiona i obliczona jako odchylenie standardowe
- złożona standardowa niepewność (*combined standard uncertainty*) – $u_c(y)$ – standardowa niepewność wyniku y pomiaru, której wartość jest obliczona na podstawie niepewności parametrów wpływających na wartość wyniku analizy z zastosowaniem prawa propagacji niepewności

Podstawowe terminy i definicje *cd.*

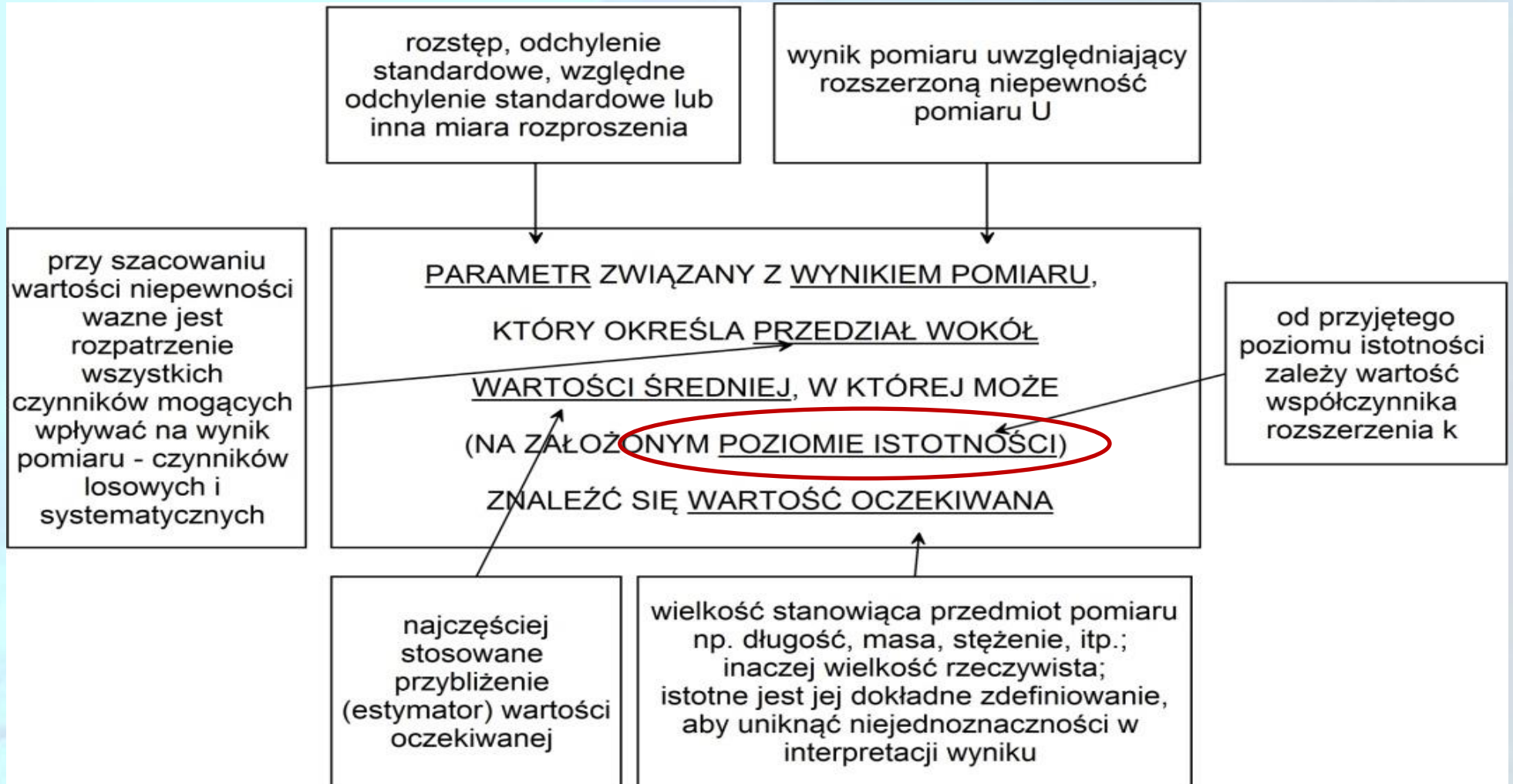
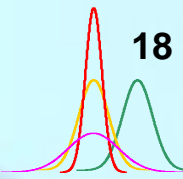


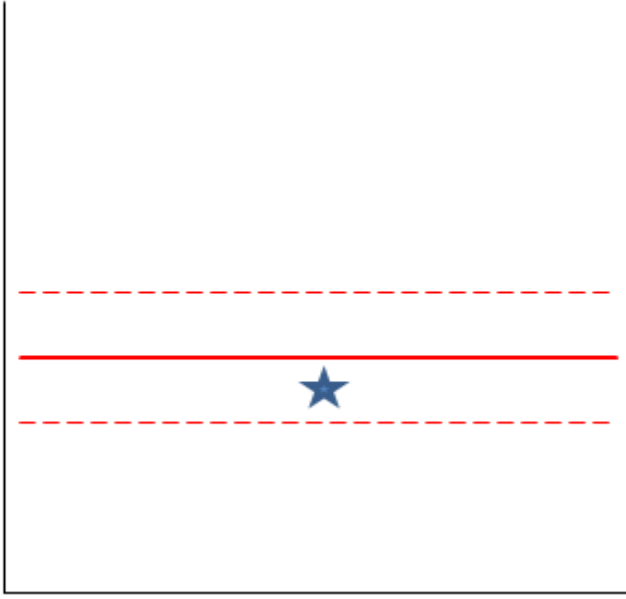
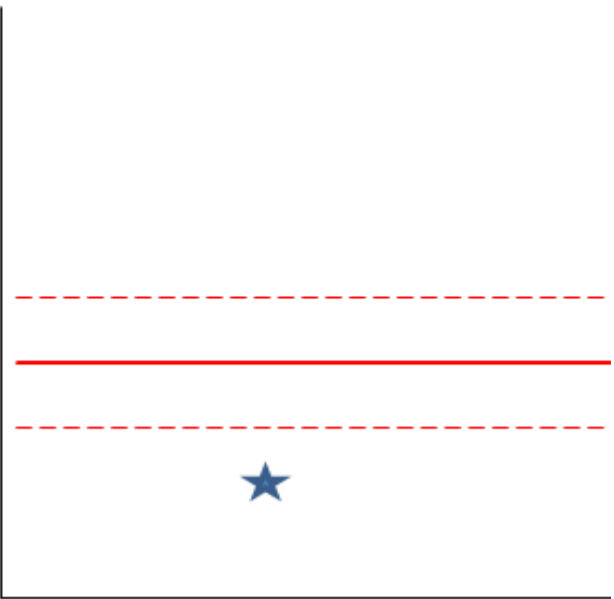
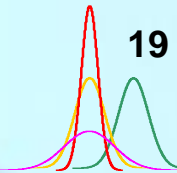
- rozszerzona niepewność (*expanded uncertainty*) - **U** – wielkość określająca przedział wokół uzyskanego wyniku analizy, w którym można, na odpowiednim, przyjętym poziomie istotności (prawdopodobieństwa) oczekiwać wystąpienia wartości oczekiwanej
- współczynnik rozszerzenia (*coverage factor*) – **k** – wartość liczbowa użyta do wymnożenia złożonej standardowej niepewności pomiaru w celu uzyskania rozszerzonej niepewności, wartość współczynnika zależy od przyjętego poziomu prawdopodobieństwa (np.: dla 95% wynosi 2) i najczęściej jest wybierana z przedziału 2-3

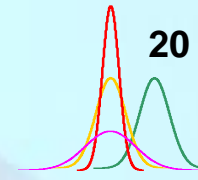
Podstawowe terminy i definicje *cd.*



- metoda typu A szacowania niepewności – metoda szacowania niepewności oparta na pomiarach statystycznych (w oparciu o odchylenie standardowe serii pomiarów)
- metoda typu B szacowania niepewności – metoda szacowania niepewności wykorzystująca inne metody niż statystyczne:
 - wcześniejsze doświadczenia
 - wcześniejsze wyniki podobnych badań
 - dostarczone przez producenta specyfikacje wykorzystywanych instrumentów, stosowanych odczynników czy też np. naczyń miarowych
 - wyniki zaczerpnięte z wcześniejszych raportów np. dotyczące kalibracji
 - niepewność obliczona na podstawie wyników badań dla materiału odniesienia



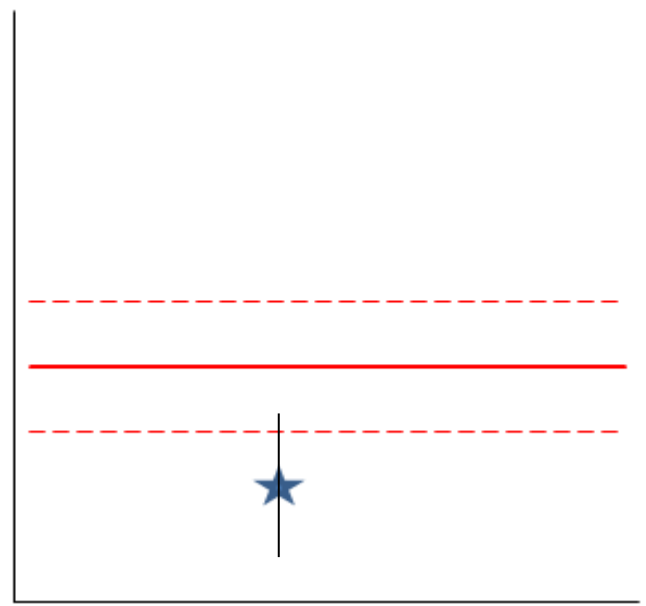
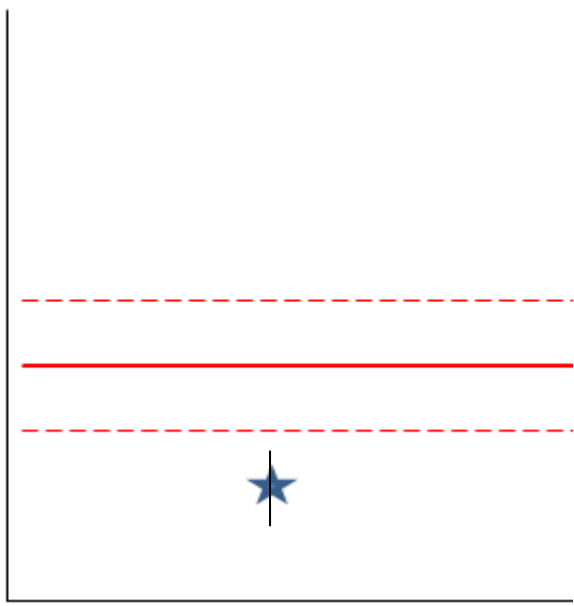


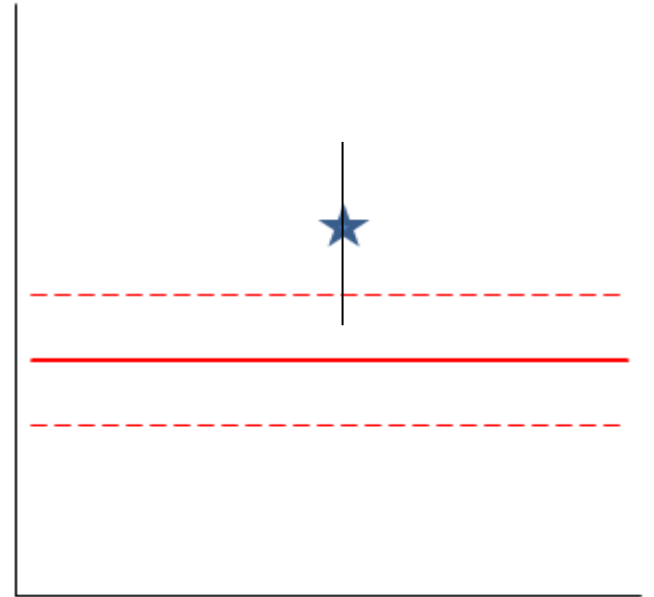
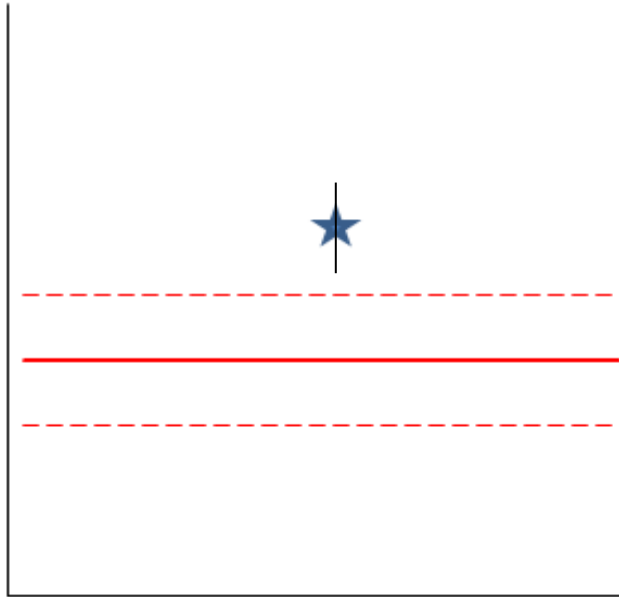
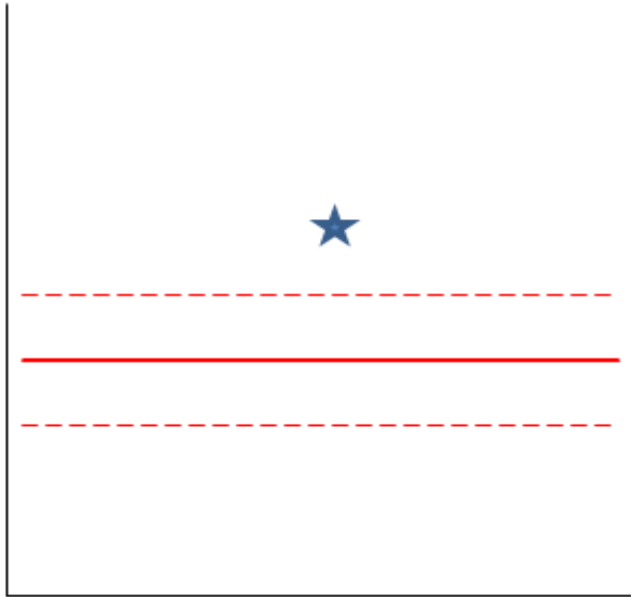


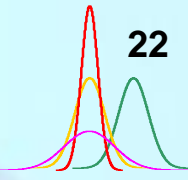
Q_{max}

Q_{min}

100



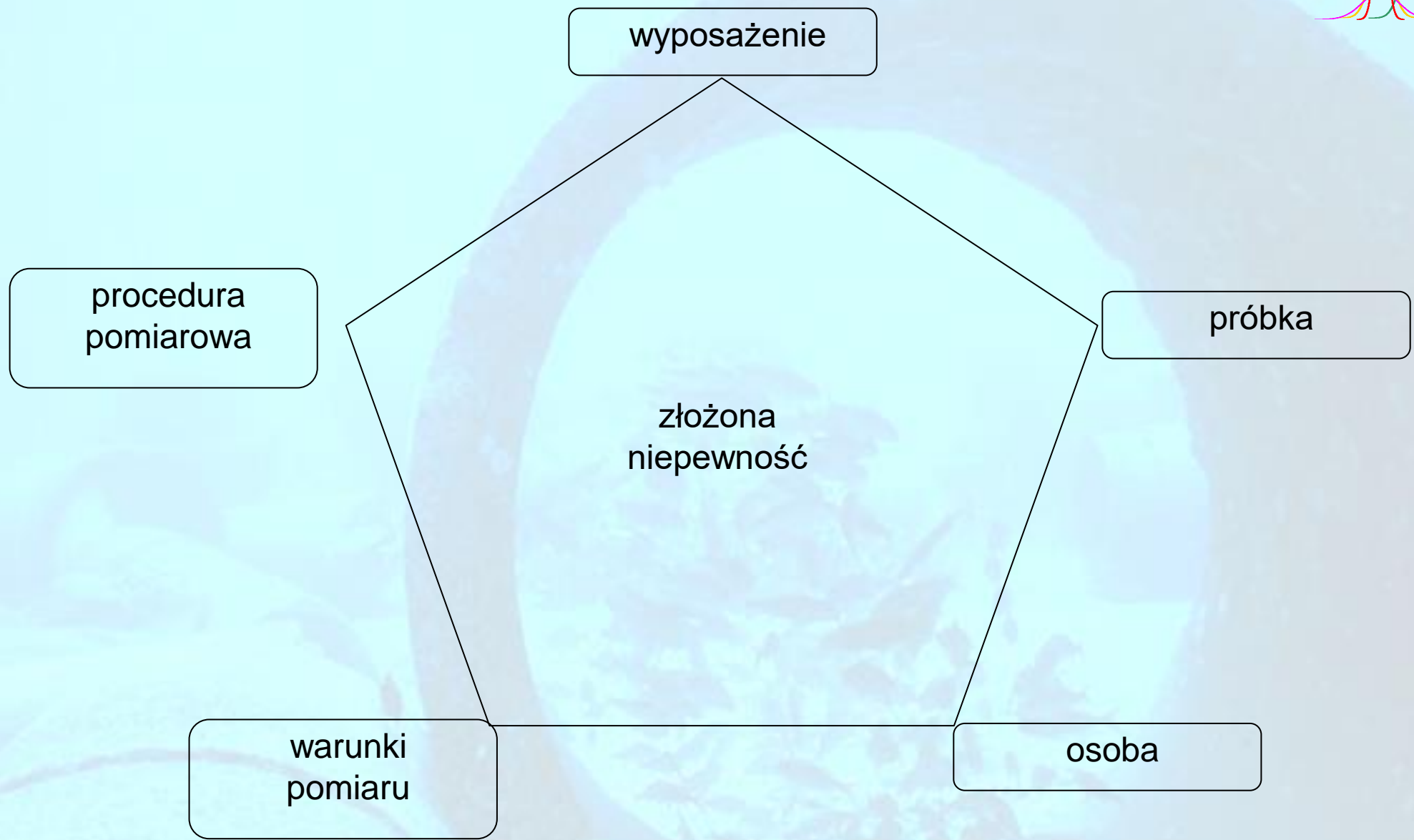
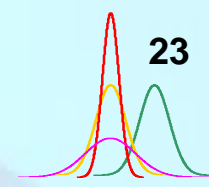




$$\cancel{U = 0}$$

$U \rightarrow$ minimalna **?!**

$U \rightarrow$ optymalna

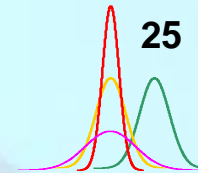


Niepewność w badaniach jakościowych

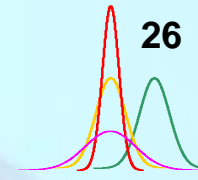
Przypisanie danego wniosku do danego obiektu w oparciu o wyniki badań.

Nie można wyrazić (oszacować) niepewności jako niepewność rozszerzonej (np. badania lub testy jakościowe).

Ocena niepewności pomiaru na podstawie prawdopodobieństwa fałszywie pozytywnych lub fałszywie negatywnych wyników badań.



Wartość „prawdziwa”	Wartość oznaczona	Wniosek	Znaczenie	Oznaczenie
+	+		Rzeczywiście Pozytywny	RP
+	-		Fałszywie Negatywny	FN
-	+		Fałszywie Pozytywny	FP
-	-		Rzeczywiście Negatywny	RN

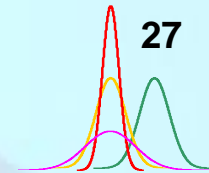


Wskaźnik fałszywie pozytywny

Wartość „prawdziwa”	Wartość oznaczona	Wniosek	Znaczenie	Oznaczenie
+	+	👍	Rzeczywiście Pozytywny	RP
+	-	👎	Fałszywie Negatywny	FN
-	+	👎	Fałszywie Pozytywny	FP
-	-	👍	Rzeczywiście Negatywny	RN

$$\% FP = \frac{FP}{FP + RN}$$

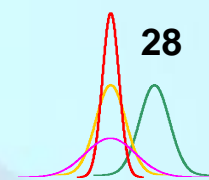
Wskaźnik fałszywie negatywny



Wartość „prawdziwa”	Wartość oznaczona	Wniosek	Znaczenie	Oznaczenie
+	+	👍	Rzeczywiście Pozytywny	RP
+	-	👎	Fałszywie Negatywny	FN
-	+	👎	Fałszywie Pozytywny	FP
-	-	👍	Rzeczywiście Negatywny	RN

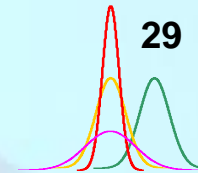
$$\% FN = \frac{FN}{FN + RP}$$

Czułość



Wartość „prawdziwa”	Wartość oznaczona	Wniosek	Znaczenie	Oznaczenie
+	+	👍	Rzeczywiście Pozytywny	RP
+	-	👎	Fałszywie Negatywny	FN
-	+	👎	Fałszywie Pozytywny	FP
-	-	👍	Rzeczywiście Negatywny	RN

$$CZUŁOŚĆ = \frac{RP}{FN + RP}$$



Selektywność (specyficzność)

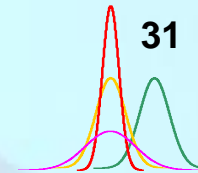
Wartość „prawdziwa”	Wartość oznaczona	Wniosek	Znaczenie	Oznaczenie
+	+	👍	Rzeczywiście Pozytywny	RP
+	-	👎	Fałszywie Negatywny	FN
-	+	👎	Fałszywie Pozytywny	FP
-	-	👍	Rzeczywiście Negatywny	RN

$$SELEKTYWNOŚĆ = \frac{RN}{RN + FP}$$





Dokładność (skuteczność)

Wartość „prawdziwa”	Wartość oznaczona	Wniosek	Znaczenie	Oznaczenie
+	+		Rzeczywiście Pozytywny	RP
+	-		Fałszywie Negatywny	FN
-	+		Fałszywie Pozytywny	FP
-	-		Rzeczywiście Negatywny	RN

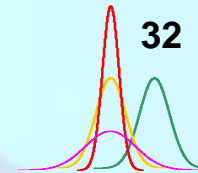
$$DOKŁADNOŚĆ = \frac{RP + RN}{RP + FN + FP + RN}$$



Przewidywanie wartości pozytywnej PPV (Precyzja)

Wartość „prawdziwa”	Wartość oznaczona	Wniosek	Znaczenie	Oznaczenie
+	+		Rzeczywiście Pozytywny	RP
+	-		Fałszywie Negatywny	FN
-	+		Fałszywie Pozytywny	FP
-	-		Rzeczywiście Negatywny	RN

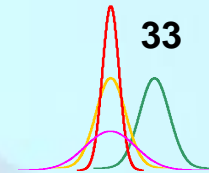
$$PPV = \frac{RP}{RP + FP}$$



Przewidywanie wartości negatywnej NPV

Wartość „prawdziwa”	Wartość oznaczona	Wniosek	Znaczenie	Oznaczenie
+	+	👍	Rzeczywiście Pozytywny	RP
+	-	👎	Fałszywie Negatywny	FN
-	+	👎	Fałszywie Pozytywny	FP
-	-	👍	Rzeczywiście Negatywny	RN

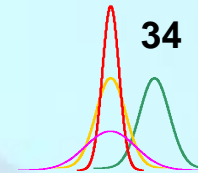
$$NPV = \frac{RN}{RN + FN}$$



Współczynnik prawdopodobieństwa (wartości pozytywne)

Wartość „prawdziwa”	Wartość oznaczona	Wniosek	Znaczenie	Oznaczenie
+	+	👍	Rzeczywiście Pozytywny	RP
+	-	👎	Fałszywie Negatywny	FN
-	+	👎	Fałszywie Pozytywny	FP
-	-	👍	Rzeczywiście Negatywny	RN

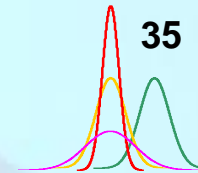
$$LR(+)=\frac{RP}{FP}$$



Współczynnik prawdopodobieństwa (wartości negatywne)

Wartość „prawdziwa”	Wartość oznaczona	Wniosek	Znaczenie	Oznaczenie
+	+	👍	Rzeczywiście Pozytywny	RP
+	-	👎	Fałszywie Negatywny	FN
-	+	👎	Fałszywie Pozytywny	FP
-	-	👍	Rzeczywiście Negatywny	RN

$$LR(-) = \frac{RN}{FN}$$



$$LR(+, -) = \frac{R(P, N)}{F(P, N)}$$

Im większa wartość współczynnika LR tym większe prawdopodobieństwo wykrywania wartości: dla LR(+) pozytywnych dla LR(-) negatywnych.

Mocniej udokumentowane wnioskowanie.

LR = 1 – każda z opcji jednakowo prawdopodobna

LR: 2-10 – słaba przewaga (prawdopodobieństwo) R nad F

LR: 10-100 – umiarkowana

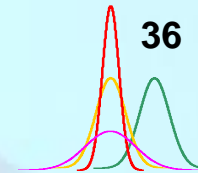
LR: 100-1000 – umiarkowanie silna....

LR: 1000-10000 – silna....

LR: 10000-100000 – bardzo silna.....

LR: >1000000 – ekstremalnie silna.....

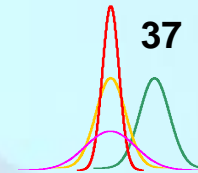
Przykład



W laboratorium wykonano analizy jakościowe (identyfikacyjne) 30 próbek krwi w celu określenia obecności SARS-CoV-2.

Do badań dostarczono 15 próbek, w których laboratorium akredytowane wykryło obecność SARS-CoV-2 i 15 próbek, w których nie wykryło.

Otrzymane wyniki analizy zestawiono w tabeli.



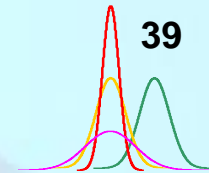
$$\begin{aligned} \sum RP &= 12 \\ \sum FN &= 3 \\ \sum RN &= 13 \\ \sum FP &= 2 \end{aligned}$$

Wartość „prawdziwa”	Wartość oznaczona	Wniosek	Znaczenie
+	+	👍	RP
+	+	👍	RP
+	+	👍	RP
+	+	👍	RP
+	-	👎	FN
+	+	👍	RP
+	-	👎	FN
+	+	👍	RP
+	+	👍	RP
+	+	👍	RP
+	+	👍	RP
+	-	👎	FN
+	+	👍	RP
+	+	👍	RP
+	+	👍	RP
-	-	👍	RN
-	-	👍	RN
-	+	👎	FP
-	-	👍	RN
-	-	👍	RN
-	-	👍	RN
-	-	👍	RN
-	-	👍	RN
-	-	👍	RN
-	-	👍	RN
-	-	👍	RN
-	+	👎	FP
-	-	👍	RN
-	-	👍	RN
-	-	👍	RN
-	-	👍	RN
-	-	👍	RN

$\sum RP = 12$
 $\sum FN = 3$
 $\sum RN = 13$
 $\sum FP = 2$

$$\% FP = \frac{FP}{FP + RN} = 13\%$$

$$\% FN = \frac{FN}{FN + RP} = 20\%$$



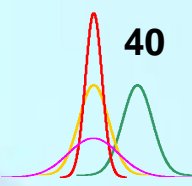
$\sum RP = 12$
 $\sum FN = 3$
 $\sum RN = 13$
 $\sum FP = 2$

$$CZUŁOŚĆ = \frac{RP}{FN + RP} = 0,8 \text{ (80\%)}$$

$$SELEKTYWNOŚĆ = \frac{RN}{RN + FP} = 0,87 \text{ (87\%)}$$

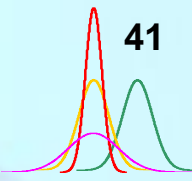
$$DOKŁADNOŚĆ = \frac{RP + RN}{RP + FN + FP + RN} = 0,83 \text{ (83\%)}$$

$$\begin{aligned}\sum RP &= 12 \\ \sum FN &= 3 \\ \sum RN &= 13 \\ \sum FP &= 2\end{aligned}$$



$$LR(+)=\frac{RP}{FP}=6$$

$$LR(-)=\frac{RN}{FN}=4,33$$



Przykład

Badanie wytrzymałości na rozciąganie przewodów z końcówkami

Otrzymane wyniki badań:

wyniki pozytywne: 230 w tym $RP = 225$, $FP = 5$

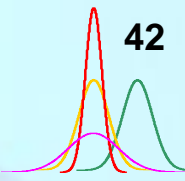
wyniki negatywne: 10 w tym $RN = 8$, $FN = 2$

$$CZUŁOŚĆ = \frac{RP}{FN + RP} = \frac{225}{2 + 225} = 99,1 \%$$

$$SELEKTYWNOŚĆ = \frac{RN}{RN + FP} = \frac{8}{8 + 5} = 61,5 \%$$

$$DOKŁADNOŚĆ = \frac{RP + RN}{RP + FN + FP + RN} = \frac{225 + 8}{230 + 10} = 96,7\%$$

Prezentowanie wyników badań jakościowych



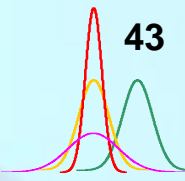
W badanej próbce wykryto SARS-CoV-2,

czułość testu 90% i selektywność 99%

$$CZUŁOŚĆ = \frac{RP}{FN + RP}$$

$$SELEKTYWNOŚĆ = \frac{RN}{RN + FP}$$

Prezentowanie wyników badań jakościowych



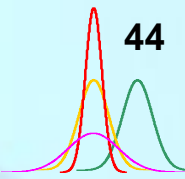
W badanej próbce wykryto SARS-CoV-2,

$$\underline{LR (+) = 5 \times 10^4}$$

$$LR(+)=\frac{RP}{FP}$$

czyli przypadki pozytywnie fałszywe to 1 na 50000

Prezentowanie wyników badań jakościowych



W badanej próbce wykryto SARS-CoV-2,

$$\underline{LR (+) = 5 \times 10^4}$$

gdyby założyć, że prawdopodobieństwa obecności i braku SARS-CoV-2 w próbce są takie same, czyli równe 50%, można obliczyć prawdopodobieństwo wnioskowania jako:

$$PP = \frac{\frac{P(+)}{P(-)} LR(+)}{\frac{P(+)}{P(-)} LR(+) + 1} = \frac{5 \times 10^4}{5 \times 10^4 + 1} = 99,998\%$$