



ČASOVÉ ŘADY



prof. Ing. Jiří Holčík, CSc.

UKB, A29 – RECETOX, dv.č.112
holcik@iba.muni.cz

© Institut biostatistiky a analýz

KDE A KDY SE BUDEME VÍDAT?

KDE A KDY SE BUDEME VÍDAT?

přednášky:

úterý 8-10 hod., UKB, A1, 6NP, PC učebna COMPK6

cvičení:

**úterý 10 – 12 hod., jednou za dva týdny,
UKB, A1, 6NP, PC učebna COMPK6
začínáme 3.10.2017**

LITERATURA

- ☑ Holčík, J.: Signály, časové řady a lineární systémy. CERM, Brno, 2012, 136s.
<http://www.iba.muni.cz/res/file/ucebnice/holcik-signal-y-casove-rady-linearni-systemy.pdf>
<http://www.iba.muni.cz/index.php?pg=vyuka--ucebnice>
- ☑ Holčík, J.: Signály a lineární systémy. Funkce, časové řady a jejich lineární modely.
<http://portal.matematickabiologie.cz/index.php?pg=analyza-a-modelovani-dynamickych-biologickych-dat--signal-y-a-linearni-systemy>
- ☑ Holčík, J.: přednáškové prezentace
webová stránka předmětu

LITERATURA

<http://portal.matematickabiologie.cz/>

The screenshot shows a web browser window with the URL <http://portal.matematickabiologie.cz/>. The page features a navigation bar with the following items: E-learningová učebnice, Matematická biologie, and Slovník | Vyhledávání | Mapa webu. Below the navigation bar, there are five main menu items: Analýza a hodnocení biologických dat, Aplikovaná analýza klinických a biologických dat, Analýza a modelování dynamických biologických dat, Základy informatiky pro biologie, and Analýza genomických a proteomických dat. The main content area is divided into several sections: 'standardní struktura', 'AKTUALITY', 'Podklady pro pracovní skupinu', and a list of topics under the heading 'matematická biologie'. The list of topics includes: Algoritmizace a programování, Analýza dat v R, Analýza genomických a proteomických dat, Analýza sekvencí DNA, Analýza a management dat pro zdravotnické obory, Analýza klinických dat, Aplikovaná analýza přežití, Biostatistika pro matematickou biologii, Databázové systémy v biomedicině, Lineární a adaptivní zpracování dat, Regresní modelování, Signály a lineární systémy, Statistické hodnocení biodiverzity, Teoretické základy informatiky, Umělá inteligence, Úvod do matematického modelování, and Vícerozměrné metody pro analýzu a klasifikaci dat. The footer of the page contains the text '© Institut biostatistiky a analýz' and logos for IBA and MU.

LITERATURA

- ☑ Holčík, J.: Signály, časové řady a lineární systémy. CERM, Brno, 2012, 136s.
<http://www.iba.muni.cz/res/file/ucebnice/holcik-signal-y-casove-rady-linearni-systemy.pdf>
<http://www.iba.muni.cz/index.php?pg=vyuka--ucebnice>
- ☑ Holčík, J.: Signály a lineární systémy. Funkce, časové řady a jejich lineární modely.
<http://portal.matematickabiologie.cz/index.php?pg=analyza-a-modelovani-dynamickych-biologickych-dat--signal-y-a-linearni-systemy>
- ☑ Holčík, J.: přednáškové prezentace
webová stránka předmětu

LITERATURA

- ☑ Jan, J.: Číslicová filtrace, analýza a restaurace signálů. VUTIUM, Brno 2002.
- ☑ Šebesta, V., Smékal, Z.: Signály a soustavy (Elektronické studijní texty FEKT VUT v Brně), Brno 2003.

LITERATURA

- ✓ Proakis J. G. Manolakis D. K. Digital Signal Processing (4th Edition), CRC; 1 edition, 2006
- ✓ Kamen, E.W., Heck, B.S. Fundamentals of Signals and Systems Using the Web and Matlab (3rd Edition), Prentice Hall (2006)
- ✓ Lathi, B.P. Signal Processing and Linear Systems, Oxford Univ. Press, Oxford 1998
- ✓ Carlson G.E. Signal and Linear System Analysis: with MATLAB, 2e, John Wiley & Sons, Inc., 1998,
- ✓ Oppenheim, A.V., Willsky, A.S., Hamid, S.: Signals and Systems (2nd Edition) Prentice-Hall Signal Processing Series, Prentice Hall; 1996

LITERATURA

- ✓ Kalouptsidis N. Signal Processing Systems: Theory and Design. John Wiley & Sons, Inc., 1997
- ✓ Chen C.T. Linear System Theory and Design (Oxford Series in Electrical and Computer Engineering) Oxford University Press, USA; 3rd ed. 1998
- ✓ Oppenheim A V., Schafer R W., Buck J R. Discrete-Time Signal Processing (2nd Edition) (Prentice-Hall Signal Processing Series), Prentice Hall; 1999
- ✓ Brockwell, P.J., Davis, R.A.: Introduction to Time Series and Forecasting, Springer; 2 edition (2003),
- ✓ Engelberg, S. Random Signals and Noise: A Mathematical Introduction, CRC Press, Inc., 2007

UKONČENÍ PŘEDMĚTU

Požadavky na ukončení předmětu:

☑ ústní zkouška

→ učená rozprava o dvou z témat, která budou naplní předmětu



II. ČASOVÉ ŘADY (SIGNÁLY) ZÁKLADNÍ POJMY



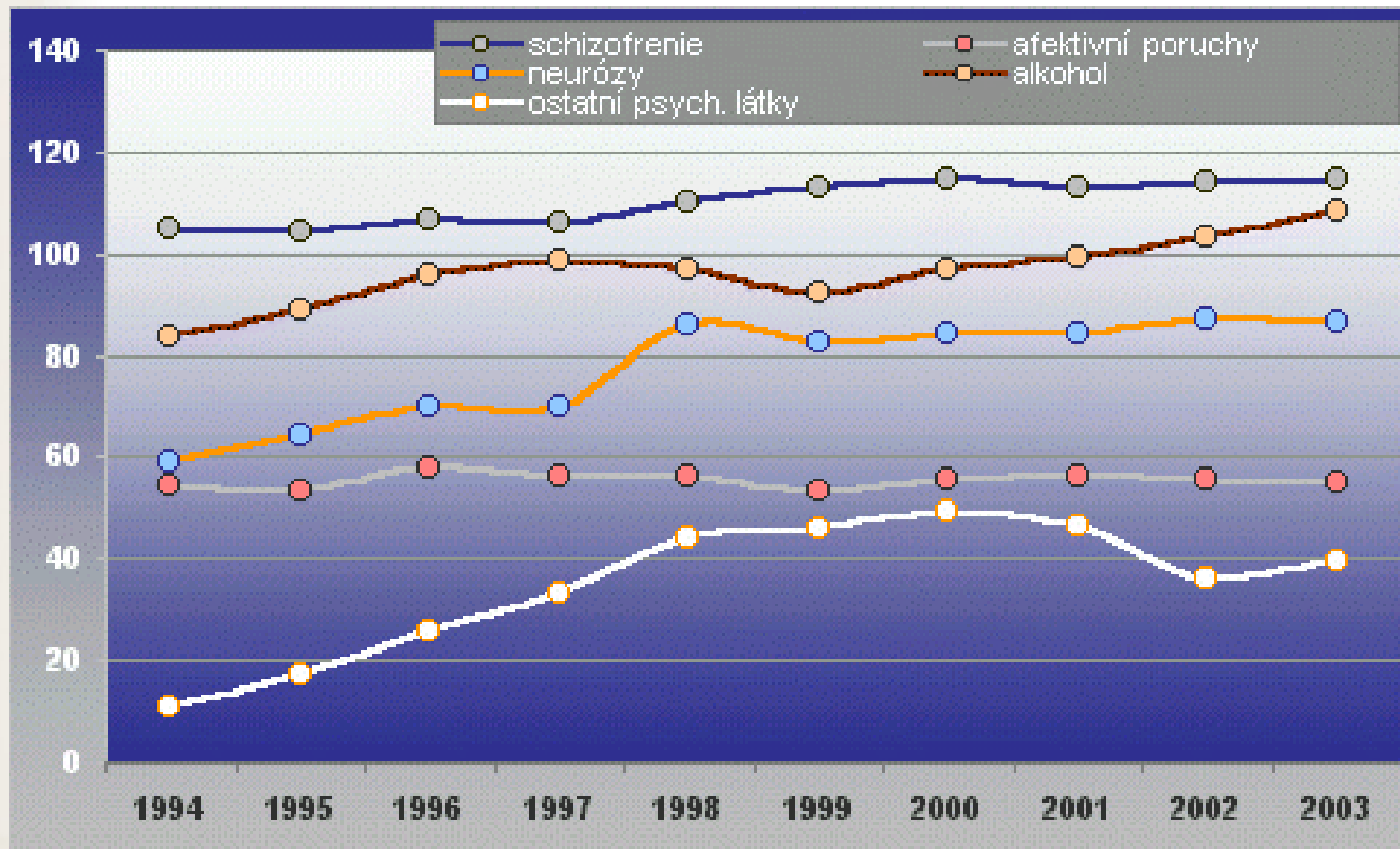
ČASOVÁ ŘADA

ČASOVÁ ŘADA

Definice (základní):

Časová řada je uspořádaná množina hodnot $\{y_t : t=1, \dots, N\}$, kde index t určuje čas, kdy byla hodnota y_t určena.

ČASOVÁ ŘADA



Vývoj počtu hospitalizací v lůžkových psychiatrických zařízeních (na 100 000 osob)

Pramen: Ústav zdravotnických informací a statistiky

ČASOVÁ ŘADA

Definice (základní):

Časová řada je uspořádaná množina hodnot $\{y_t : t=1, \dots, N\}$, kde index t určuje čas, kdy byla hodnota y_t určena.

Mnohé další modifikace:

- ☑ Časové okamžiky t jednotlivých pozorování nemusí být rovnoměrné $\{y(t_i) : i=1, \dots, n\}$.
- ☑ Každá hodnota může vyjadřovat okamžitý stav nebo mít akumulární (integrační) charakter za určité období.

ČASOVÁ ŘADA

Definice (základní):

Časová řada je uspořádaná množina hodnot $\{y_t : t=1, \dots, N\}$, kde index t určuje čas, kdy byla hodnota y_t určena.

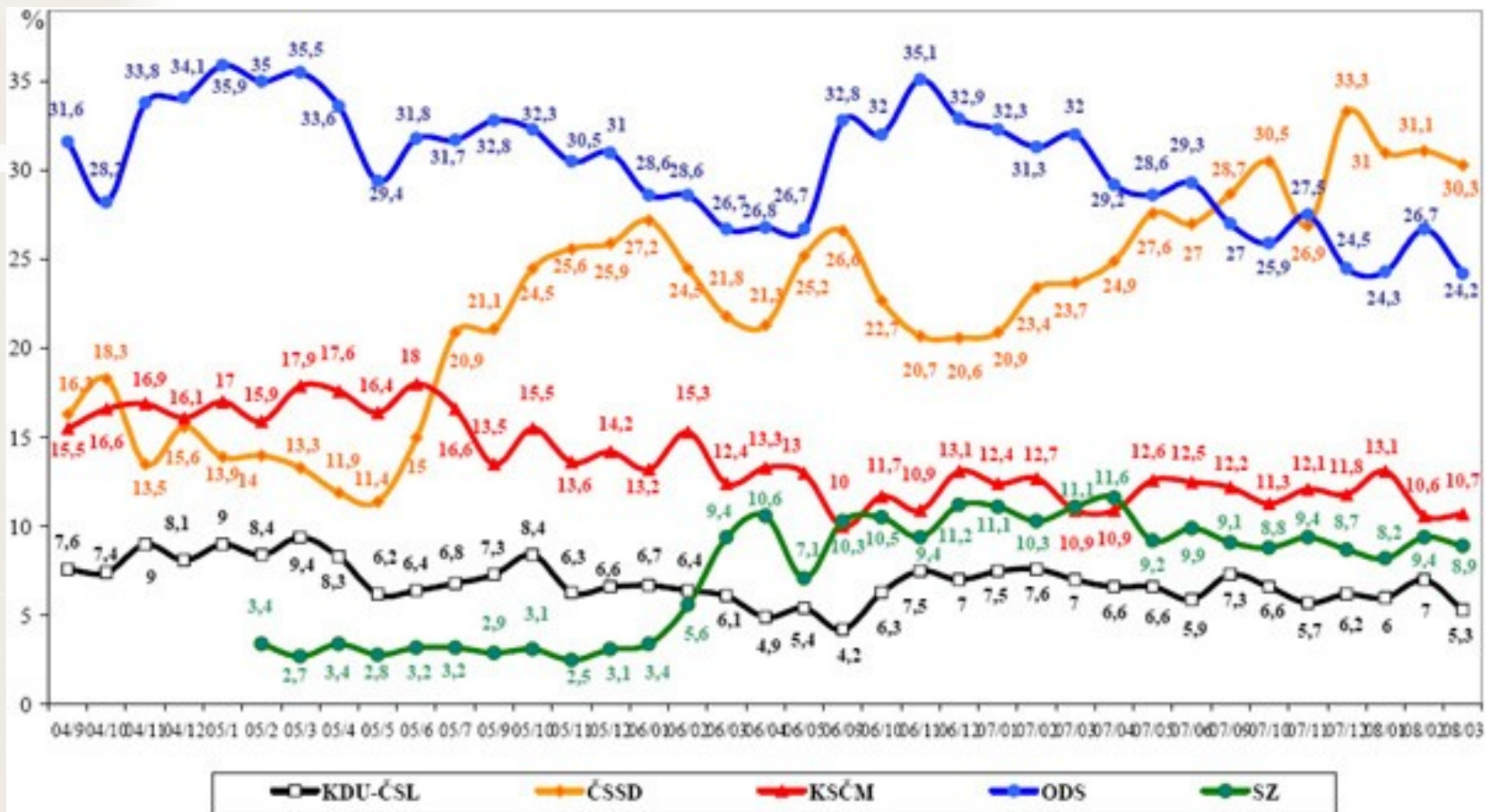
Mnohé další modifikace:

- ☑ Hodnoty mohou být rozšířeny o násobná měření (vývoj hmotnosti každého experimentálního zvířete v dané skupině)



skalár y_t může být nahrazen vektorem p hodnot $\mathbf{y}_t = (y_{1t}, \dots, y_{pt})$

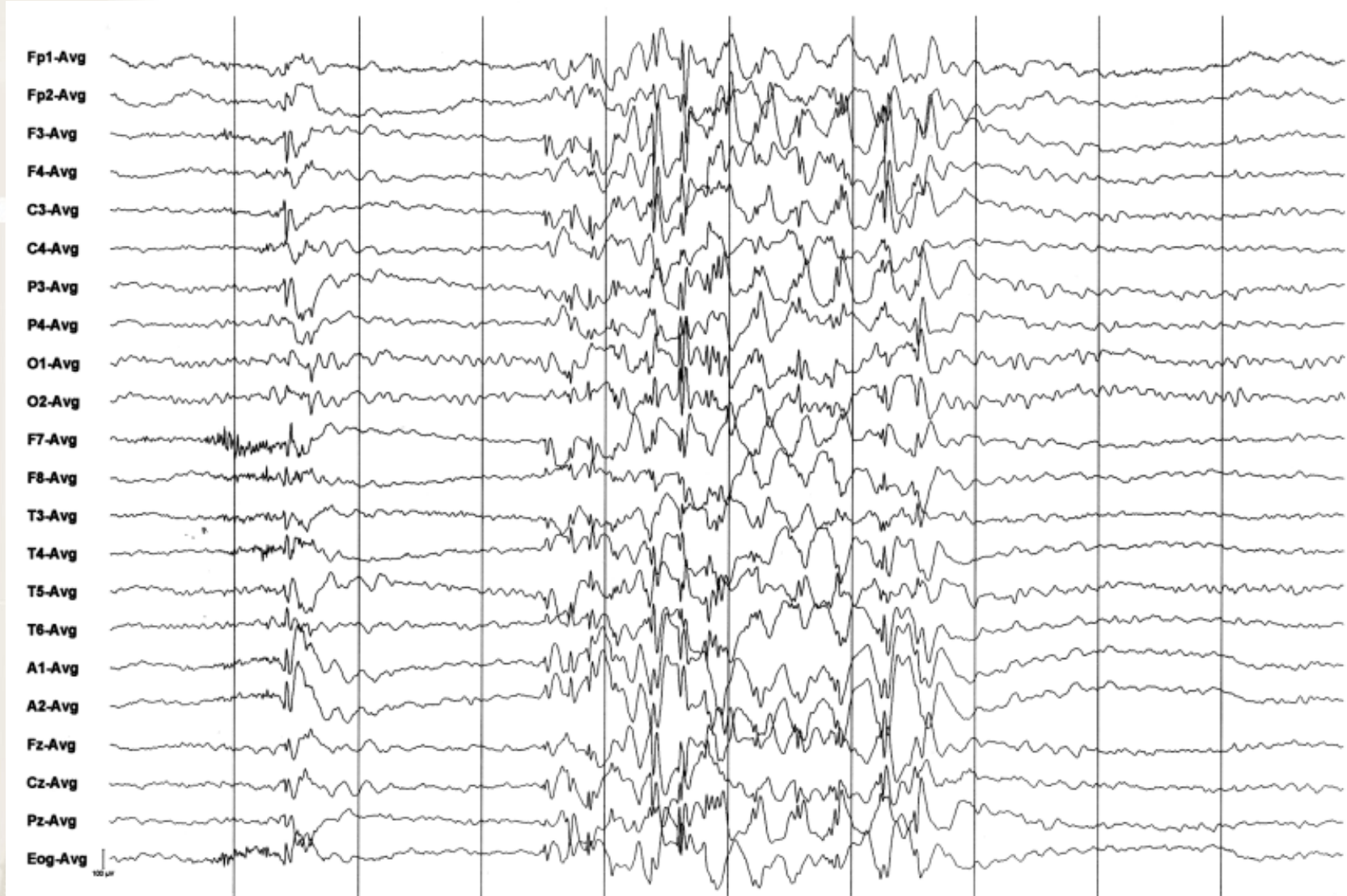
NĚKOLIK PŘÍKLADŮ NA ÚVOD



Zdroj: STEM, Trendy 2004/9 - 2008/03

Preference politických stran v ČR v období od 8/2004 do 3/2008

NĚKOLIK PŘÍKLADŮ NA ÚVOD



ČASOVÉ ŘADY – CO S NIMI?

ZPRACOVÁNÍ ČASOVÝCH ŘAD

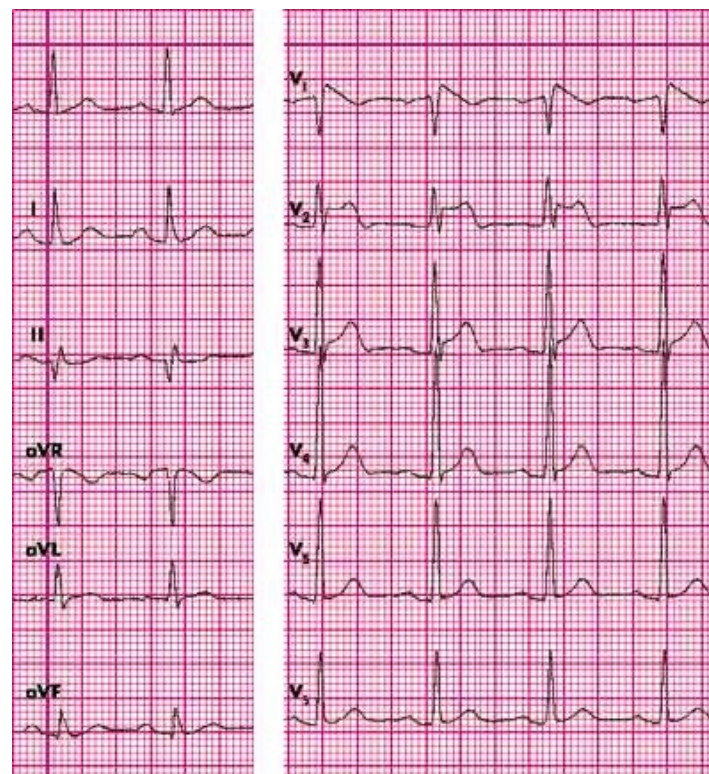
- ☑ abychom dokázali posoudit jeho stav (O.K., hypertenze, epilepsie, exitus, úroveň chemického zamoření dané lokality, ...);

ZPRACOVÁNÍ ČASOVÝCH ŘAD

- ☑ abychom dokázali posoudit stav objektu generujícího časová data (O.K., hypertenze, epilepsie, exitus, úroveň chemického zamoření dané lokality, ...);

EKG – elektrokardiogram

záznam signálu EKG



ZPRACOVÁNÍ ČASOVÝCH ŘAD

- ☑ abychom dokázali posoudit stav objektu generujícího časová data (O.K., hypertenze, epilepsie, exitus, úroveň chemického zamoření dané lokality, ...);



popis vlastností časové řady

(pomocí několika podstatných souhrnných parametrů (statistik?))



k popisu spíše funkce než jednoduchá hodnota, např. klouzavý průměr než střední hodnota;
složky řady – trend, sezónní změny, pomalé a rychlé změny, nepravidelné oscilace – **analýza**

ZPRACOVÁNÍ ČASOVÝCH ŘAD

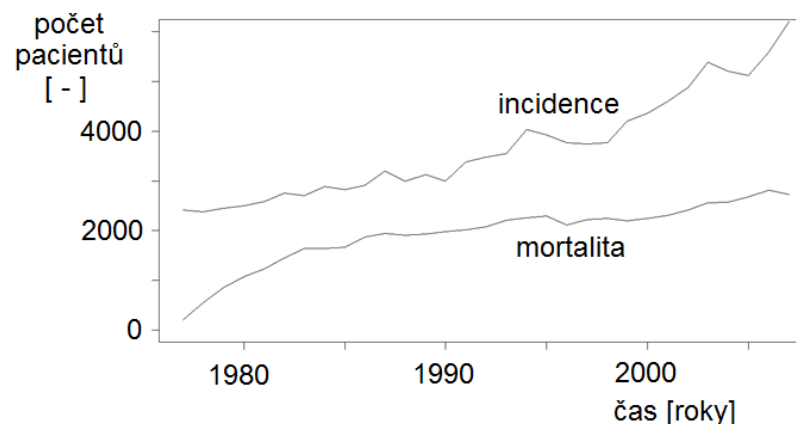
- ☑ abychom dokázali předpovědět jeho budoucnost (Ize léčit a vyléčit, ocenit finanční nároky léčení po dobu přežití, les do 20 let odumře, sociální složení obyvatelstva v daném časovém rozpětí, ...);

predikce budoucích hodnot (?) – velká část analytických metod pro časové řady;

(**Predikce** (z lat. *prae-*, před, a *dicere*, říkat) znamená **předpověď** či prognózu, tvrzení o tom, co se stane nebo nestane v budoucnosti. Na rozdíl od věštění nebo hádání se slovo predikce obvykle užívá pro odhady, opřené o vědeckou hypotézu nebo teorii, tj. **matematický model**.

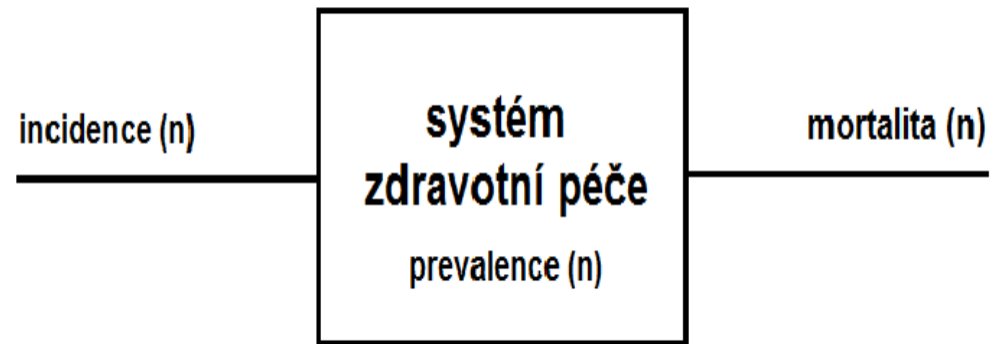
ZPRACOVÁNÍ ČASOVÝCH ŘAD

- ☑ abychom dokázali předpovědět jeho budoucnost (Ize léčit a vyléčit, ocenit finanční nároky léčení po dobu přežití, les do 20 let odumře, sociální složení obyvatelstva v daném časovém rozpětí, ...);



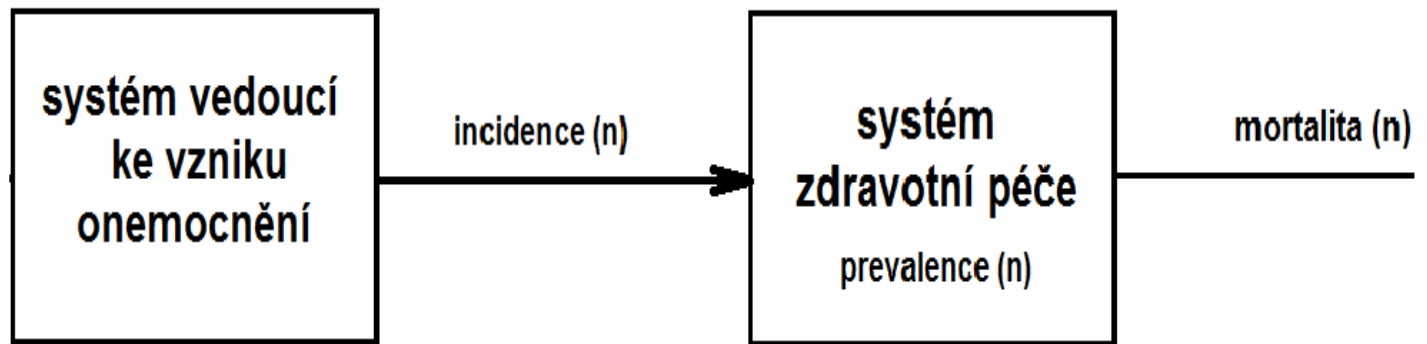
musíme umět popsat dynamiku vývoje časové řady ⇒
⇒ vytvořit matematický **MODEL** vývoje časové řady

NĚKOLIK PŘÍKLADŮ NA ÚVOD



- ☑ vstupní veličina(y)
- ☑ výstupní veličina(y)
- ☑ stavová(é) veličina(y)

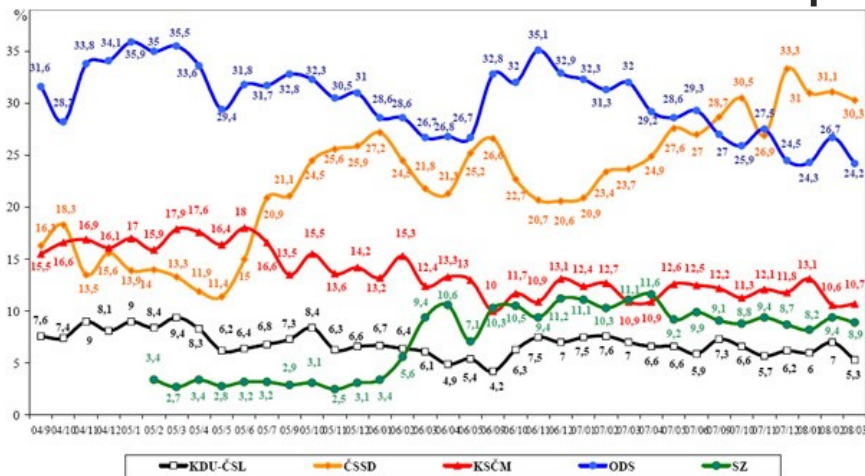
NĚKOLIK PŘÍKLADŮ NA ÚVOD



- ☑ parametry popisující vlastnosti systému
- ☑ vstupní veličina(y)
- ☑ výstupní veličina(y)
- ☑ stavová(é) veličina(y)

ZPRACOVÁNÍ ČASOVÝCH ŘAD

- ☑ abychom dokázali předpovědět jeho budoucnost (Ize léčit a vyléčit, ocenit finanční nároky léčení po dobu přežití, les do 20 let odumře, sociální složení obyvatelstva v daném časovém rozpětí, ...);



musíme umět popsat dynamiku vývoje časové řady ⇒
⇒ vytvořit matematický **MODEL** vývoje časové řady

ČASOVÉ ŘADY – CO S NIMI?

- ☑ **monitorování průběhu a detekce významných změn** - např. sledování funkce ledvin po transplantaci;



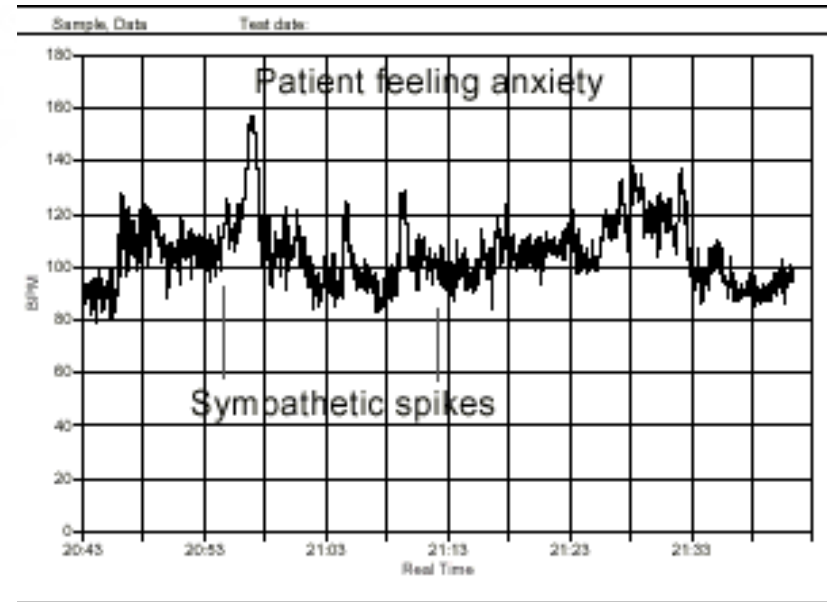
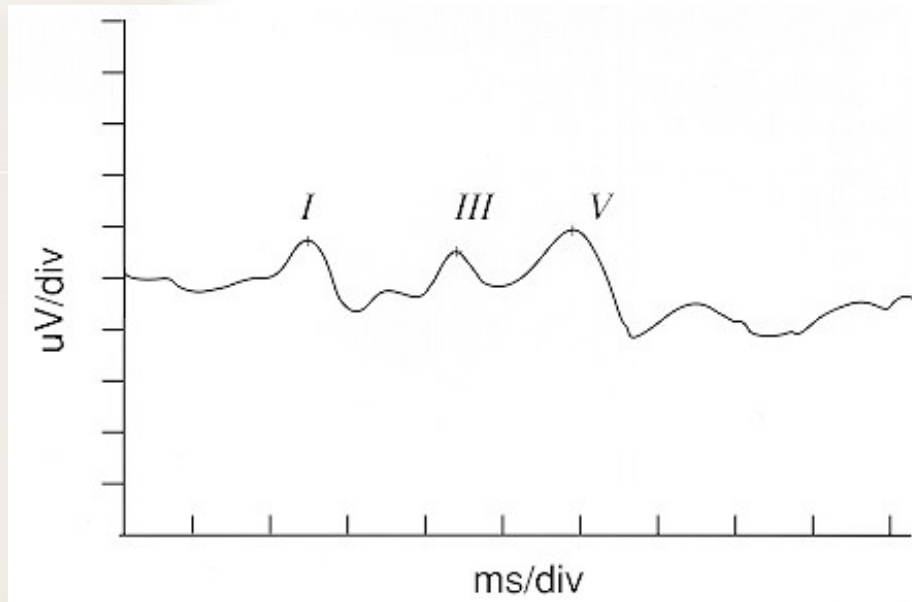
opět potřebujeme **matematický model** popisující normální stav

ČASOVÉ ŘADY – CO S NIMI?

☑ **modelování průběhu časové řady**

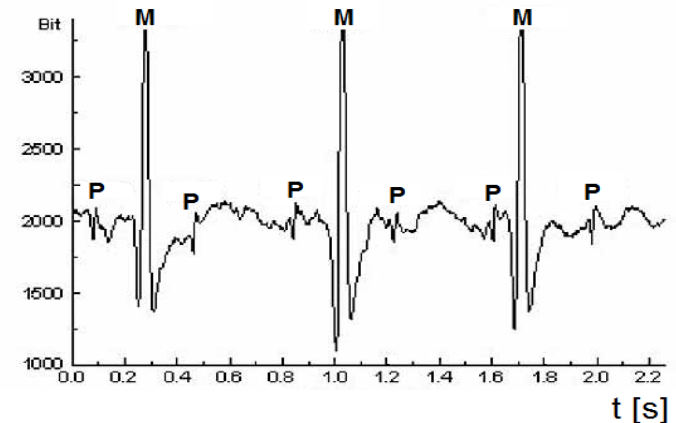
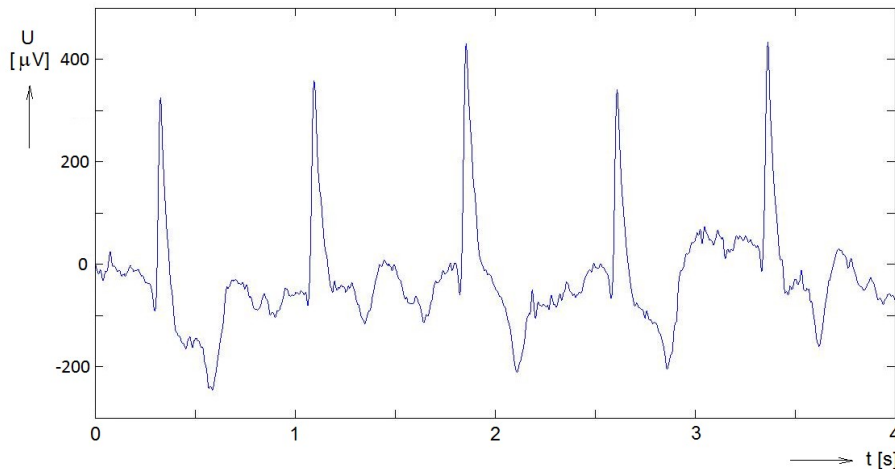
- pochopení procesů způsobujících vznik dat;
- pragmatický nástroj pro splnění výše uvedených cílů

NĚKOLIK PŘÍKLADŮ NA ÚVOD

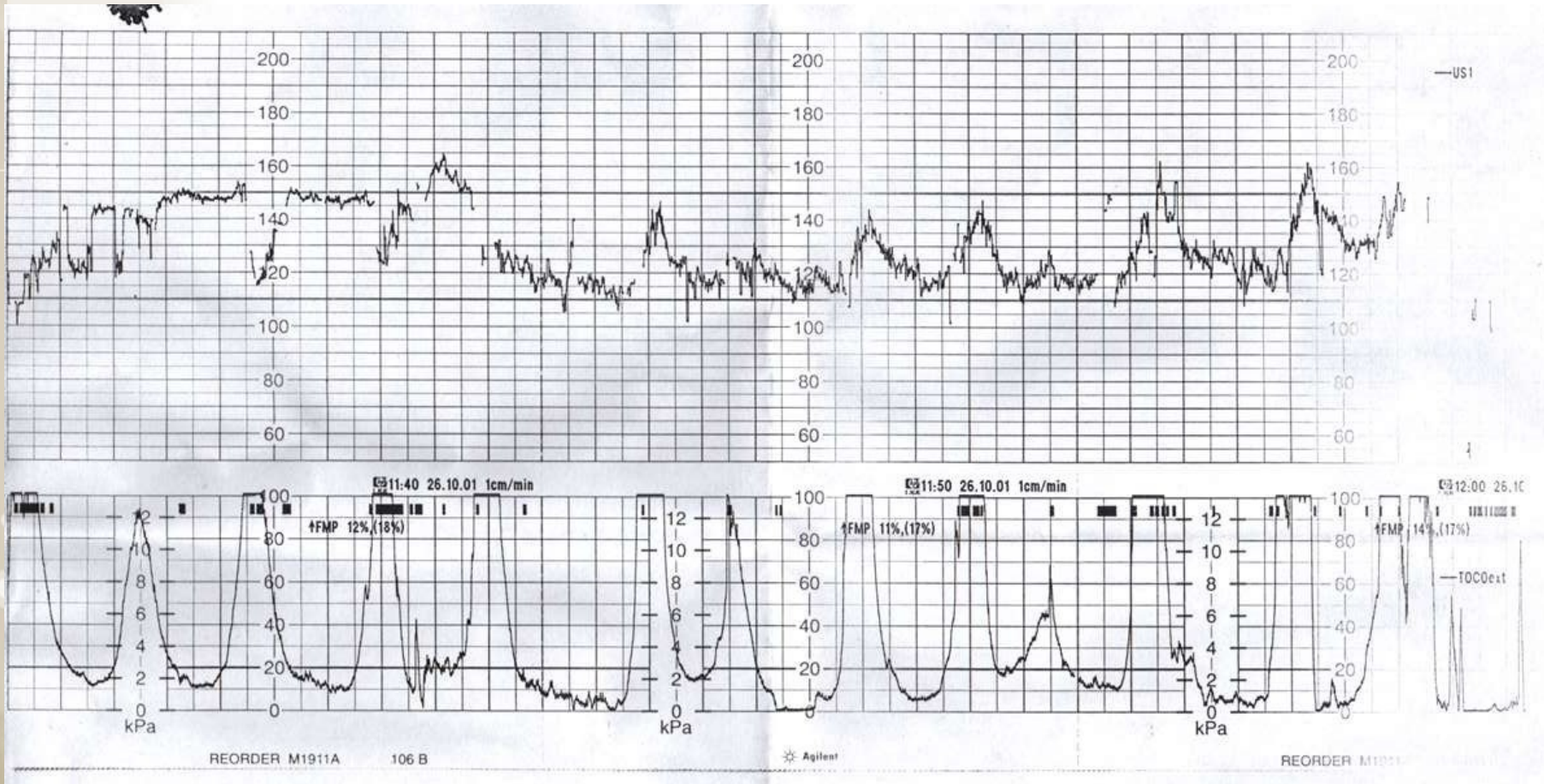


NĚKOLIK PŘÍKLADŮ NA ÚVOD

EKG - elektrokardiogram

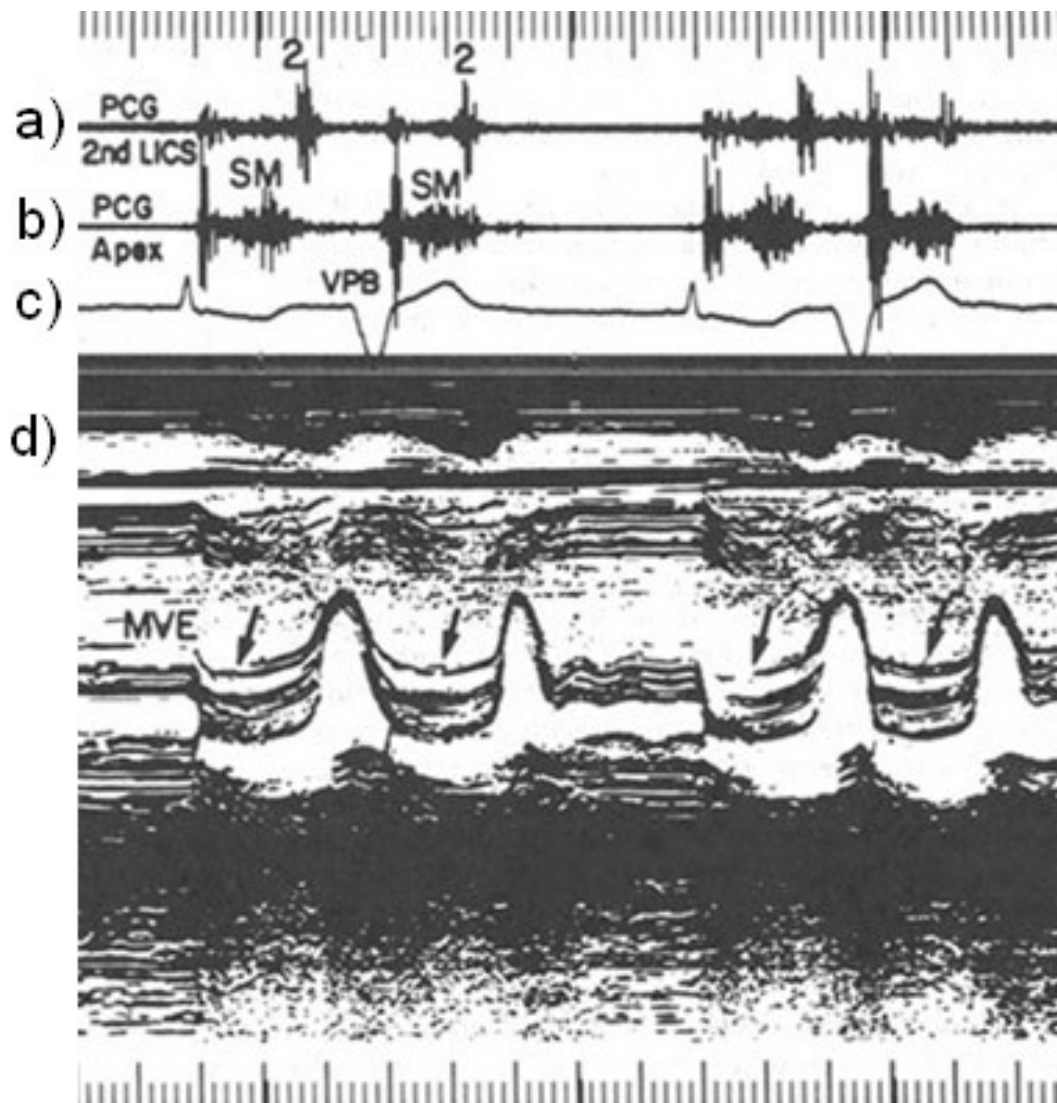


NĚKOLIK PŘÍKLADŮ NA ÚVOD

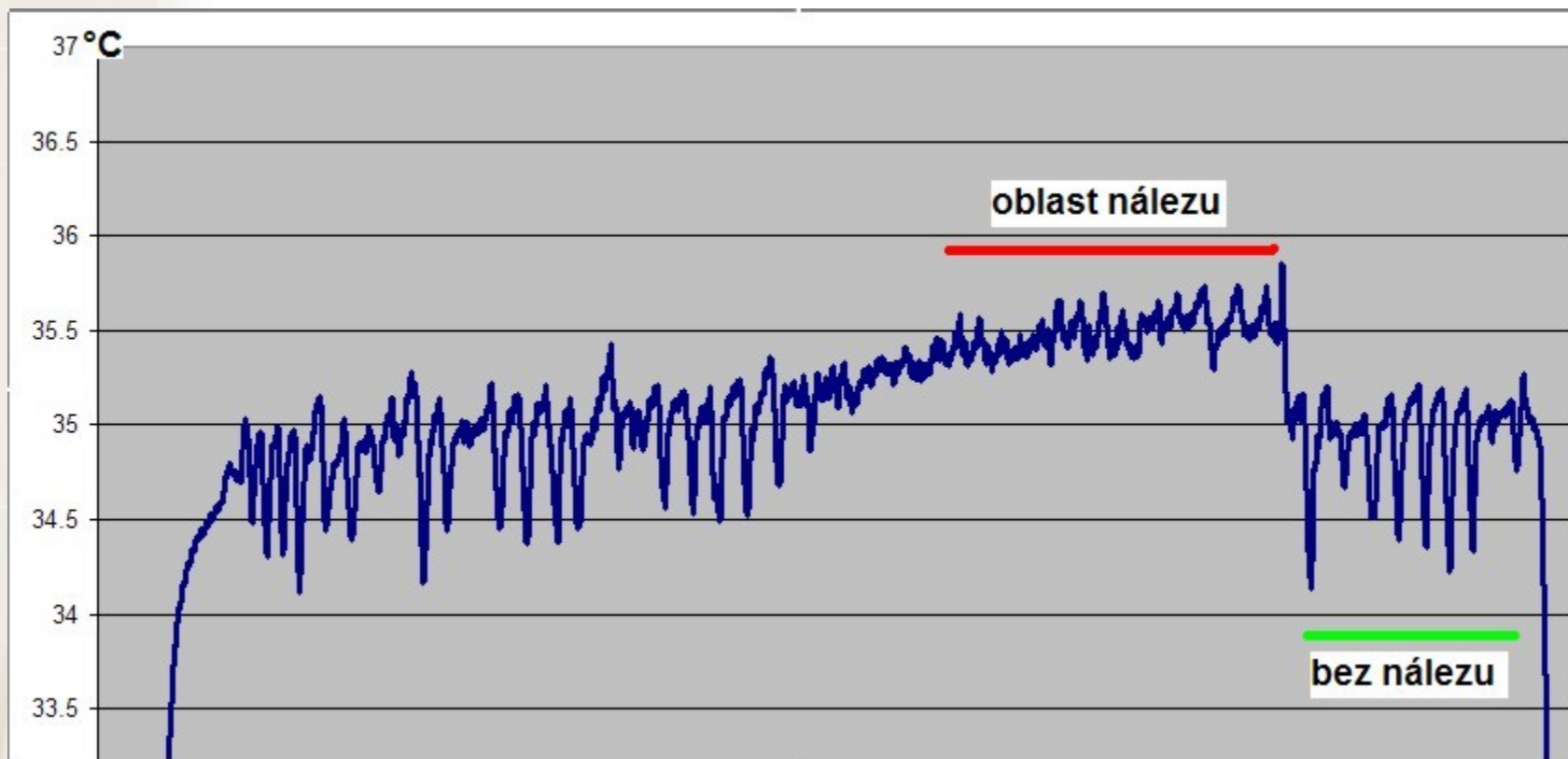


kardiotokogram

NĚKOLIK PŘÍKLADŮ NA ÚVOD



NĚKOLIK PŘÍKLADŮ NA ÚVOD



CO JE TO SIGNÁL ?

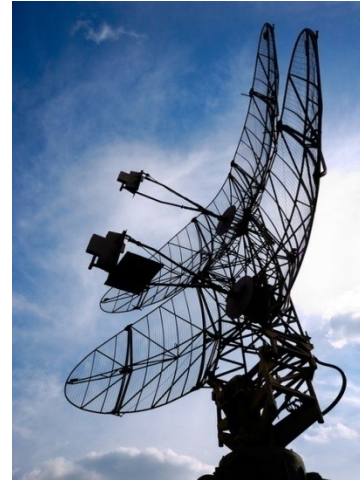
CO JE TO SIGNÁL ?



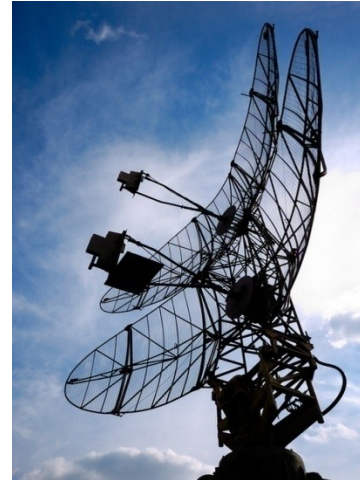
CO JE TO SIGNÁL ?



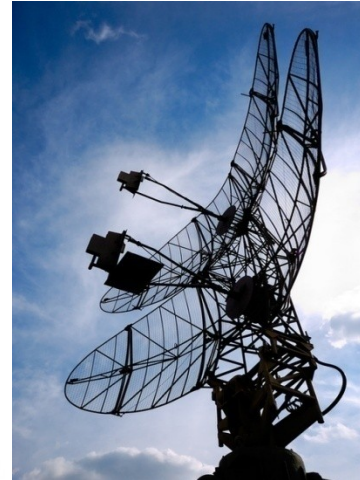
CO JE TO SIGNÁL ?



CO JE TO SIGNÁL ?



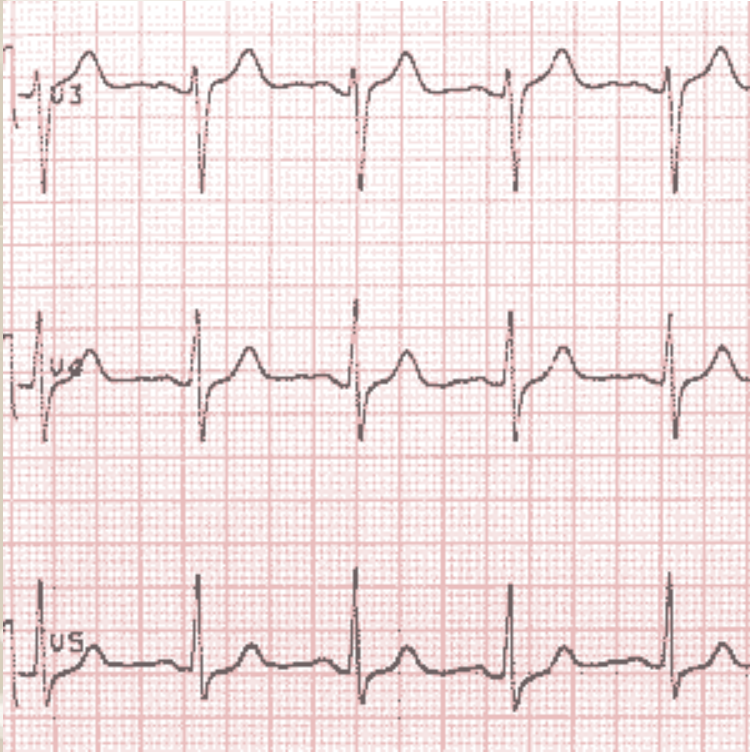
CO JE TO SIGNÁL ?



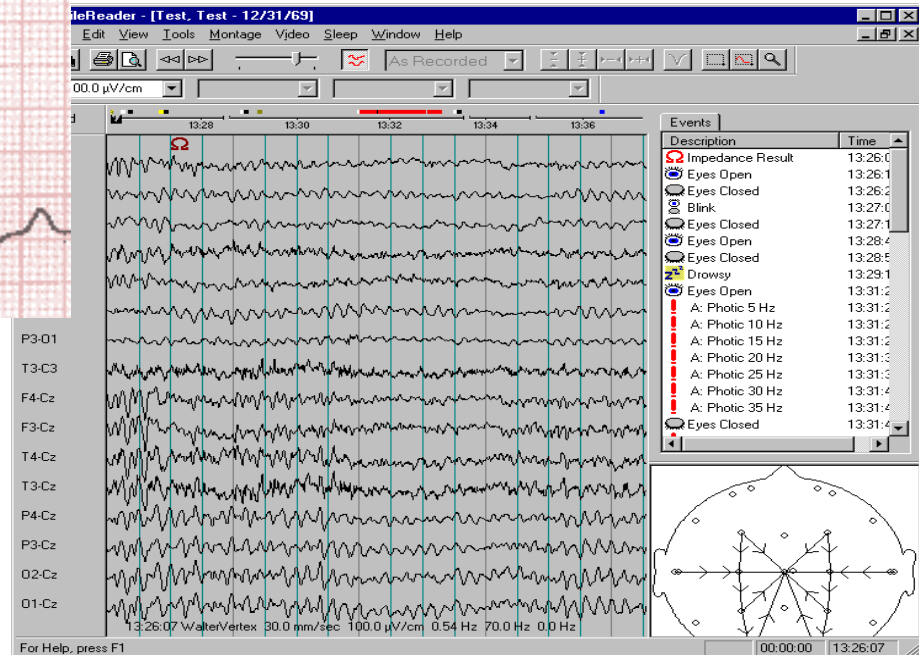
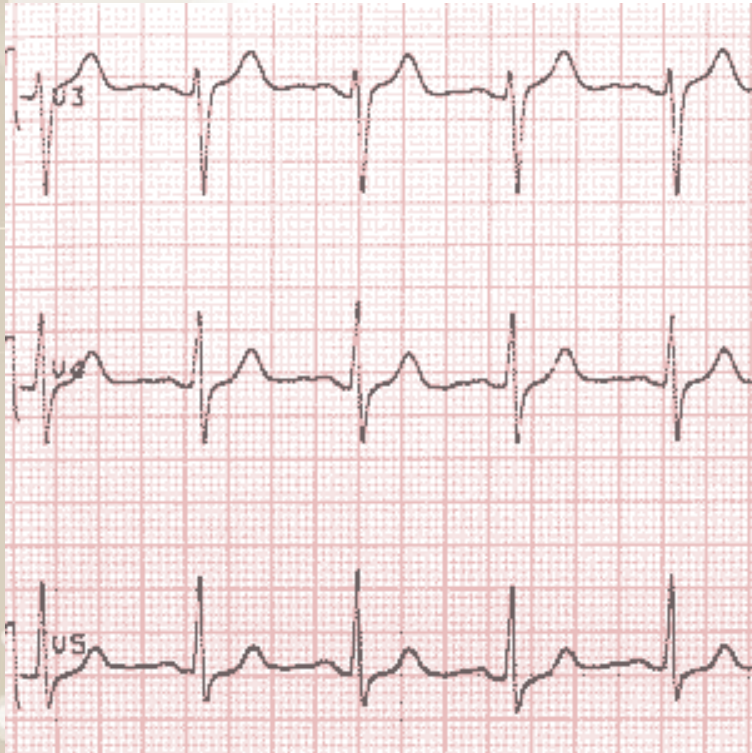
CO JE TO SIGNÁL ?



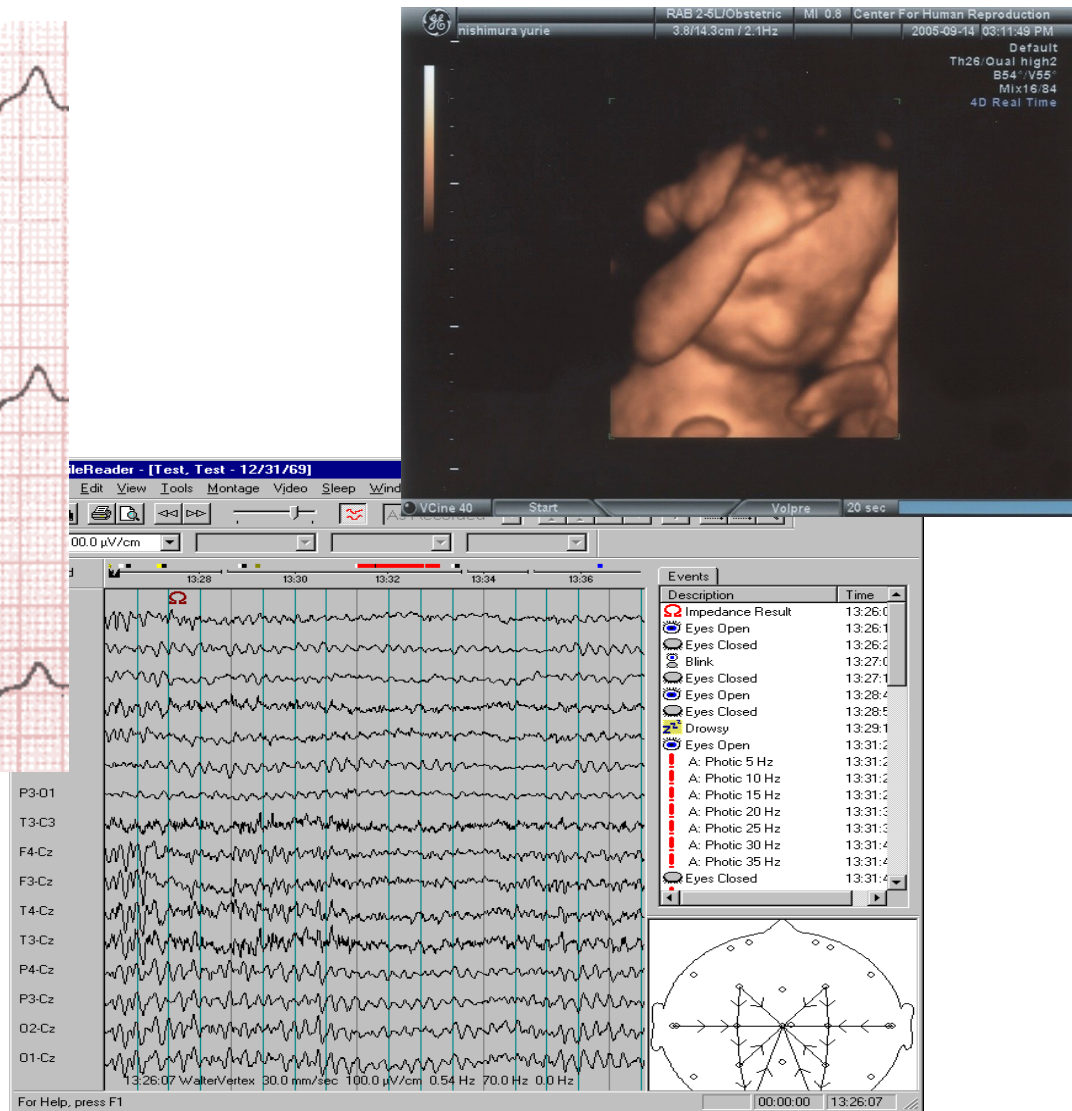
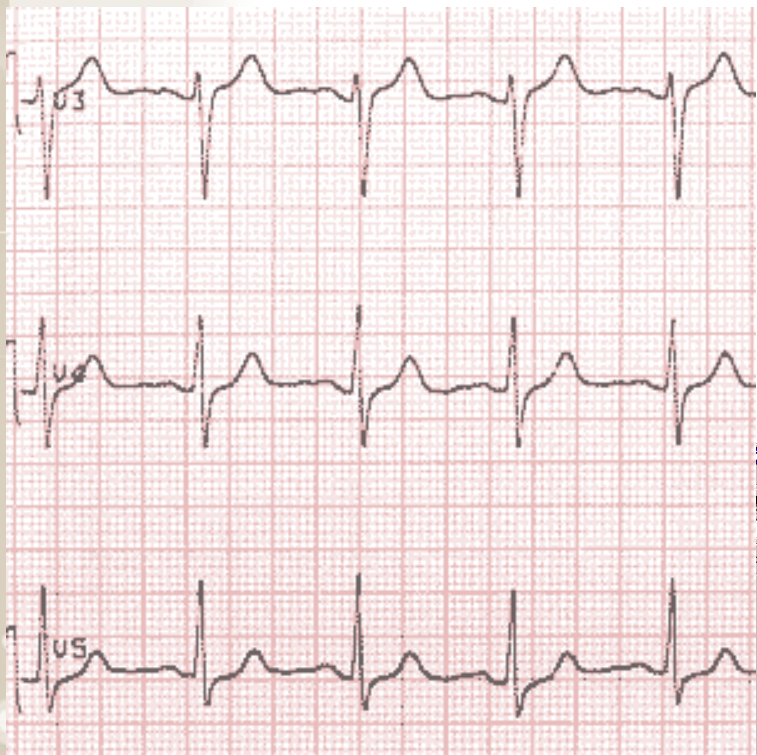
CO JE TO SIGNÁL ?



CO JE TO SIGNÁL ?



CO JE TO SIGNÁL ?



CO JE TO SIGNÁL ?

DEFINICE

CO JE TO SIGNÁL ?

DEFINICE

Signál je jev fyzikální, chemické, biologické, ekonomické či jiné materiální povahy, nesoucí informaci o stavu systému, který jej generuje.

CO JE TO SIGNÁL ?

DEFINICE

Signál je jev fyzikální, chemické, biologické, ekonomické či jiné materiální povahy, nesoucí **informaci** o stavu **systemu**, který jej generuje.

INFORMACE

- ☑ poznatek (znalost) týkající se jakýchkoliv objektů, např. faktů, událostí, věcí, procesů nebo myšlenek včetně pojmů, které mají v daném kontextu specifický význam (ISO/IEC 2382-1:1993 „Informační technologie – část I: Základní pojmy“)
- ☑ název pro obsah toho, co se vymění s vnějším světem, když se mu přizpůsobujeme a působíme na něj svým přizpůsobováním. Proces přijímání a využívání informace je procesem našeho přizpůsobování k nahodilostem vnějšího prostředí a aktivního života v tomto prostředí (WIENER);
- ☑ poznatek, který omezuje nebo odstraňuje nejistotu týkající se výskytu určitého jevu z dané množiny možných jevů;

!!! NEHMOTNÁ !!!

CO JE TO SIGNÁL ?

DEFINICE

Signál je jev fyzikální, chemické, biologické, ekonomické či jiné materiální povahy, nesoucí informaci o stavu systému, který jej generuje, **a jeho dynamice.**

CO JE TO SIGNÁL ?

DEFINICE

Signál je jev fyzikální, chemické, biologické, ekonomické či jiné materiální povahy, nesoucí informaci o stavu systému, který jej generuje, a jeho dynamice.

Je-li zdrojem informace živý organismus, pak hovoříme o **biosignálech** bez ohledu na **podstatu** nosiče informace.

ZPRACOVÁNÍ SIGNÁLU

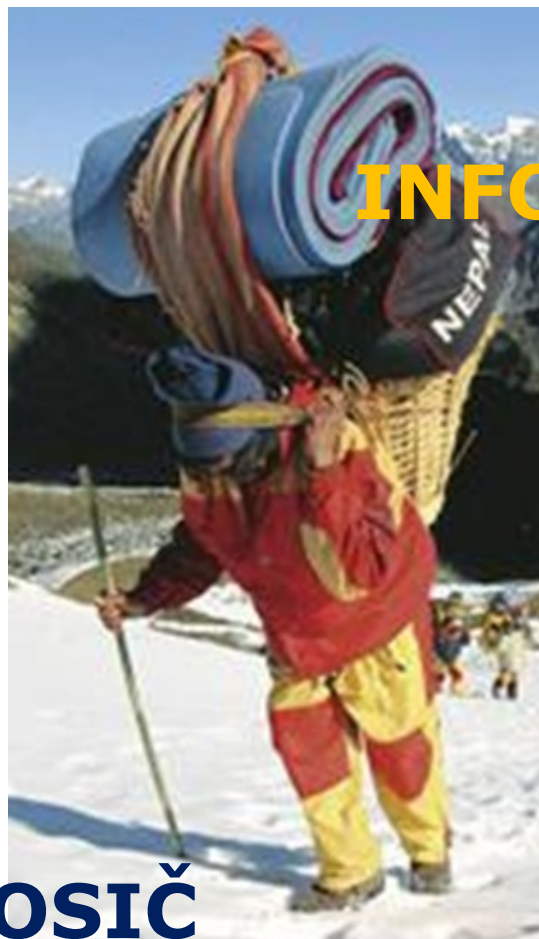


ZPRACOVÁNÍ SIGNÁLU



NOSIČ

ZPRACOVÁNÍ SIGNÁLU



INFORMACE

NOSIČ

ZPRACOVÁNÍ SIGNÁLU



INFORMACE

NOSIČ

TO NECHME TECHNIKŮM (ELEKTRIKÁŘŮM, ...)

ZPRACOVÁNÍ SIGNÁLU



INFORMACE



**ZPRACOVÁNÍ
INFORMACE**

NOSIČ

TO NECHME TECHNIKŮM (ELEKTRIKÁŘŮM, ...)



II. ZÁKLADNÍ KONCEPT ZPRACOVÁNÍ DAT



ZÁKLADNÍ KONCEPT

**REÁLNÝ
OBJEKT**

ZÁKLADNÍ KONCEPT

REÁLNÝ
OBJEKT

HODNOTÍCÍ
„VÝROK“

ZÁKLADNÍ KONCEPT

**REÁLNÝ
OBJEKT**

**HODNOTÍCÍ
„VÝROK“**

**O STAVU, RESP.
CHOVÁNÍ REÁLNÉHO
OBJEKTU**

ZÁKLADNÍ KONCEPT



ZÁKLADNÍ KONCEPT

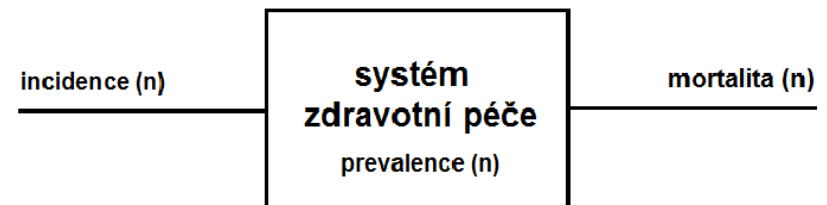


**CÍLEM JE ODHALIT TEN PŘÍČINNÝ
DETERMINISTICKÝ VZTAH NAVZDORY VŠEMU
TOMU, CO NÁM TO ODHALENÍ KAZÍ**

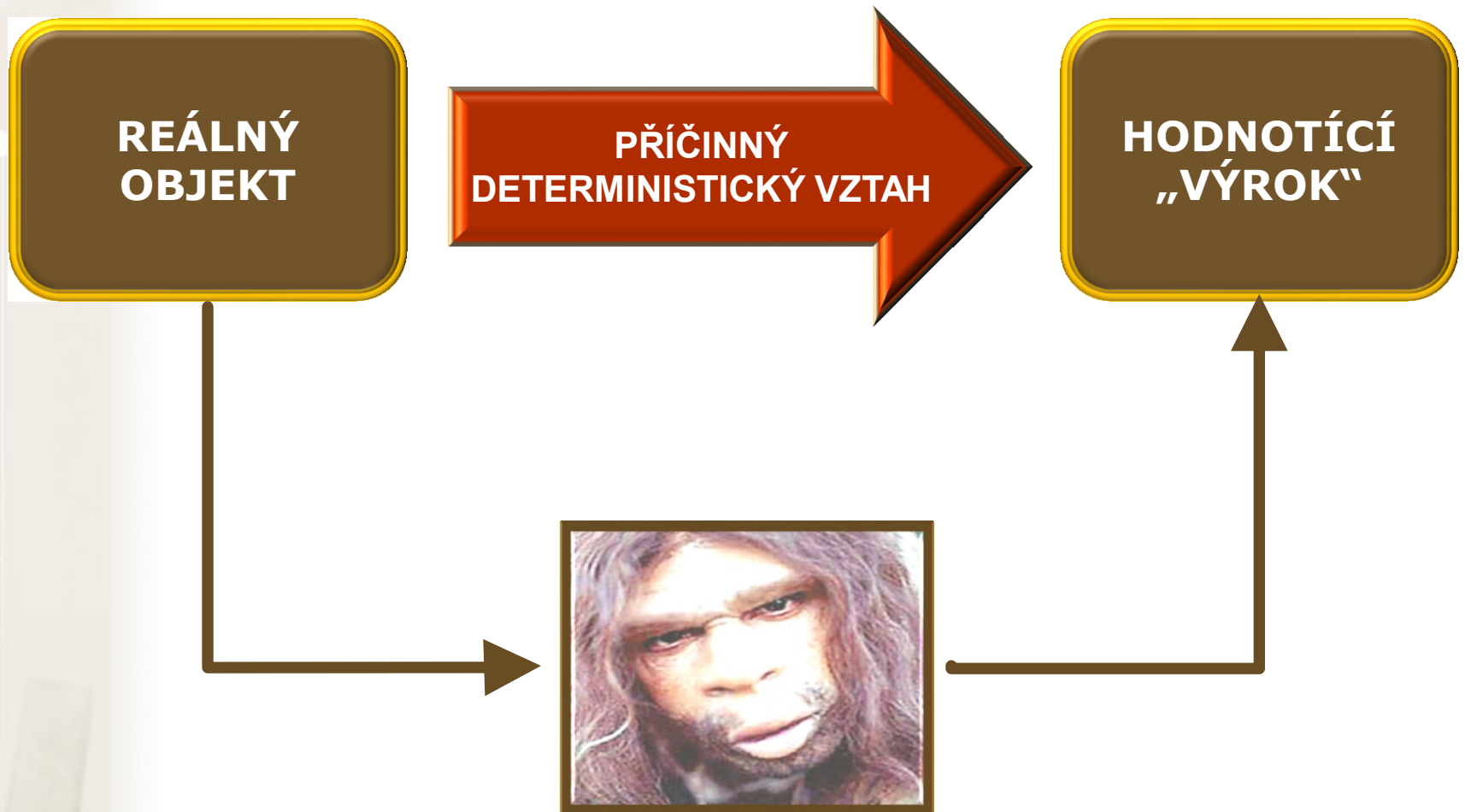
K ČEMU TO JE?



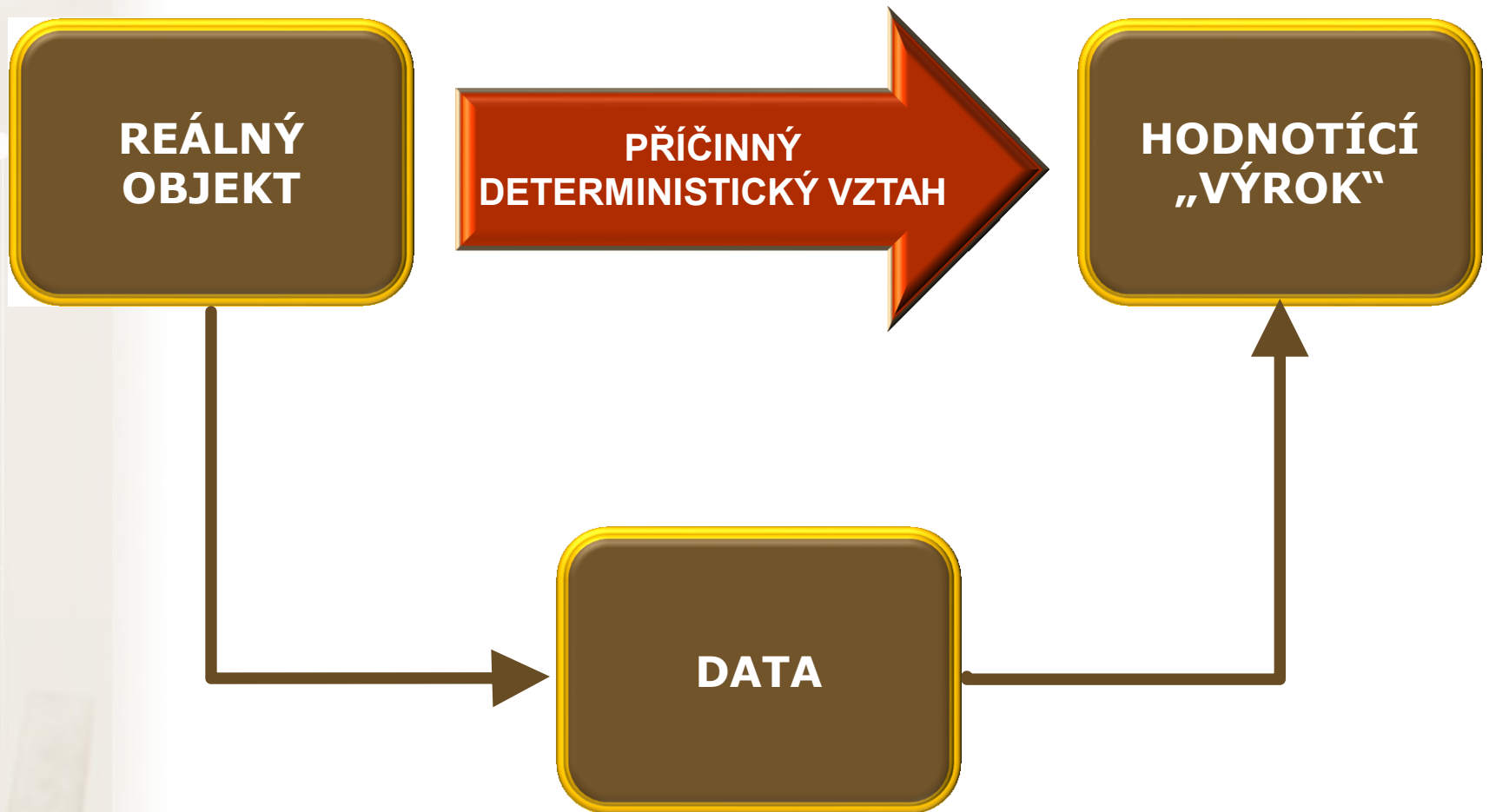
- zjistit co se děje v reálném objektu;
- dokázat jej zařadit;
- dokázat predikovat jeho chování;
-



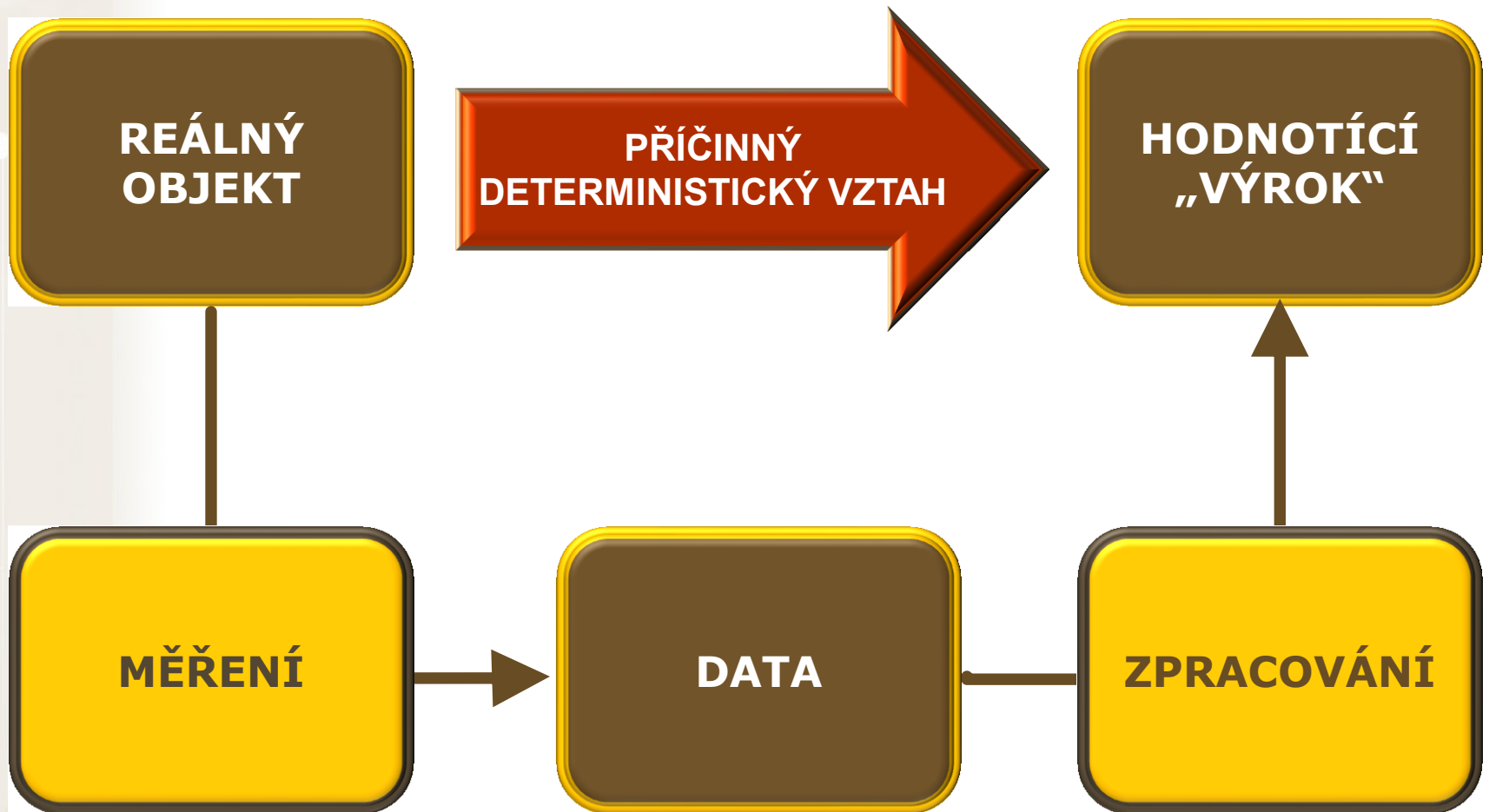
ZÁKLADNÍ KONCEPT



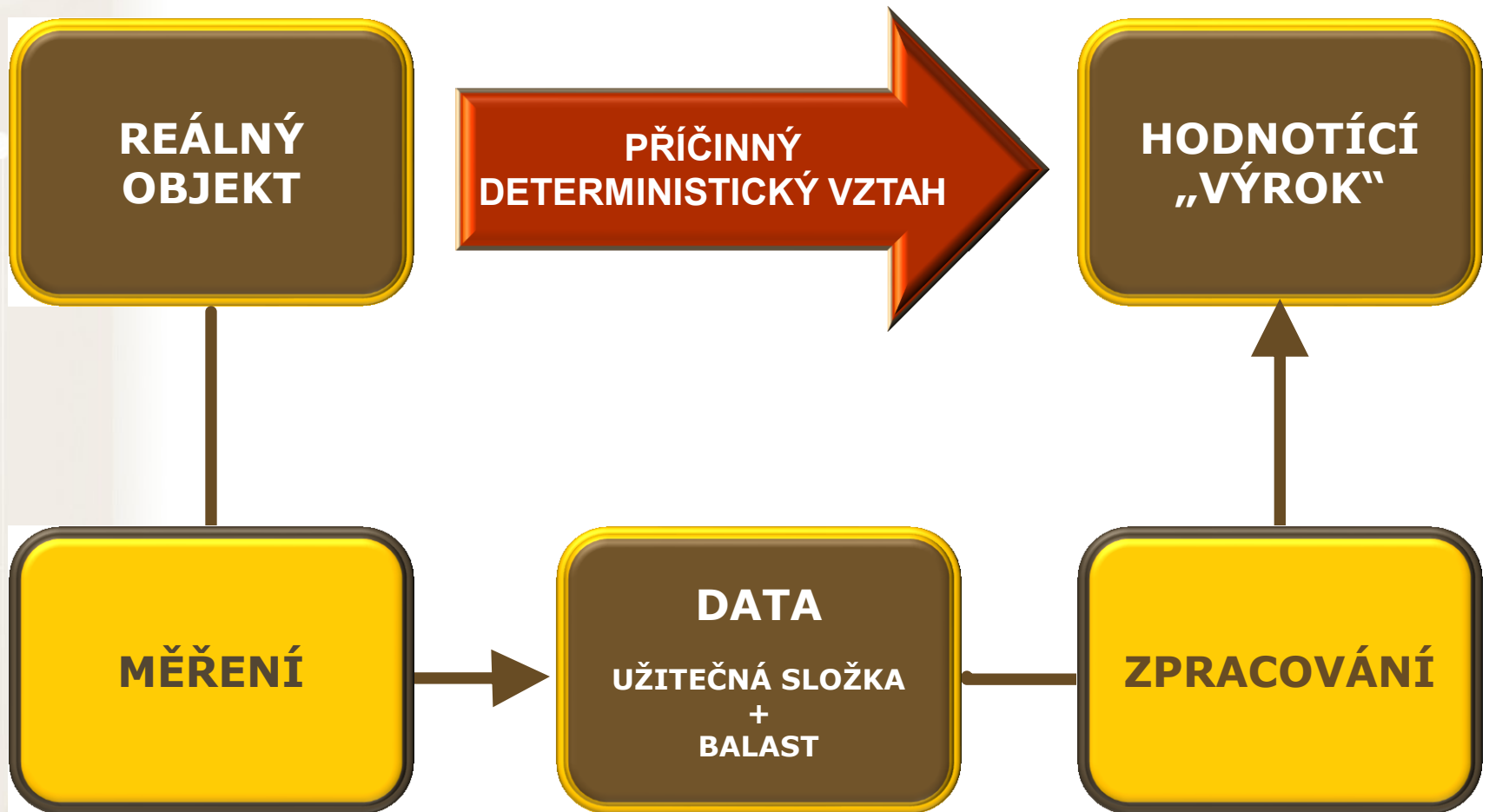
ZÁKLADNÍ KONCEPT



ZÁKLADNÍ KONCEPT



ZÁKLADNÍ KONCEPT

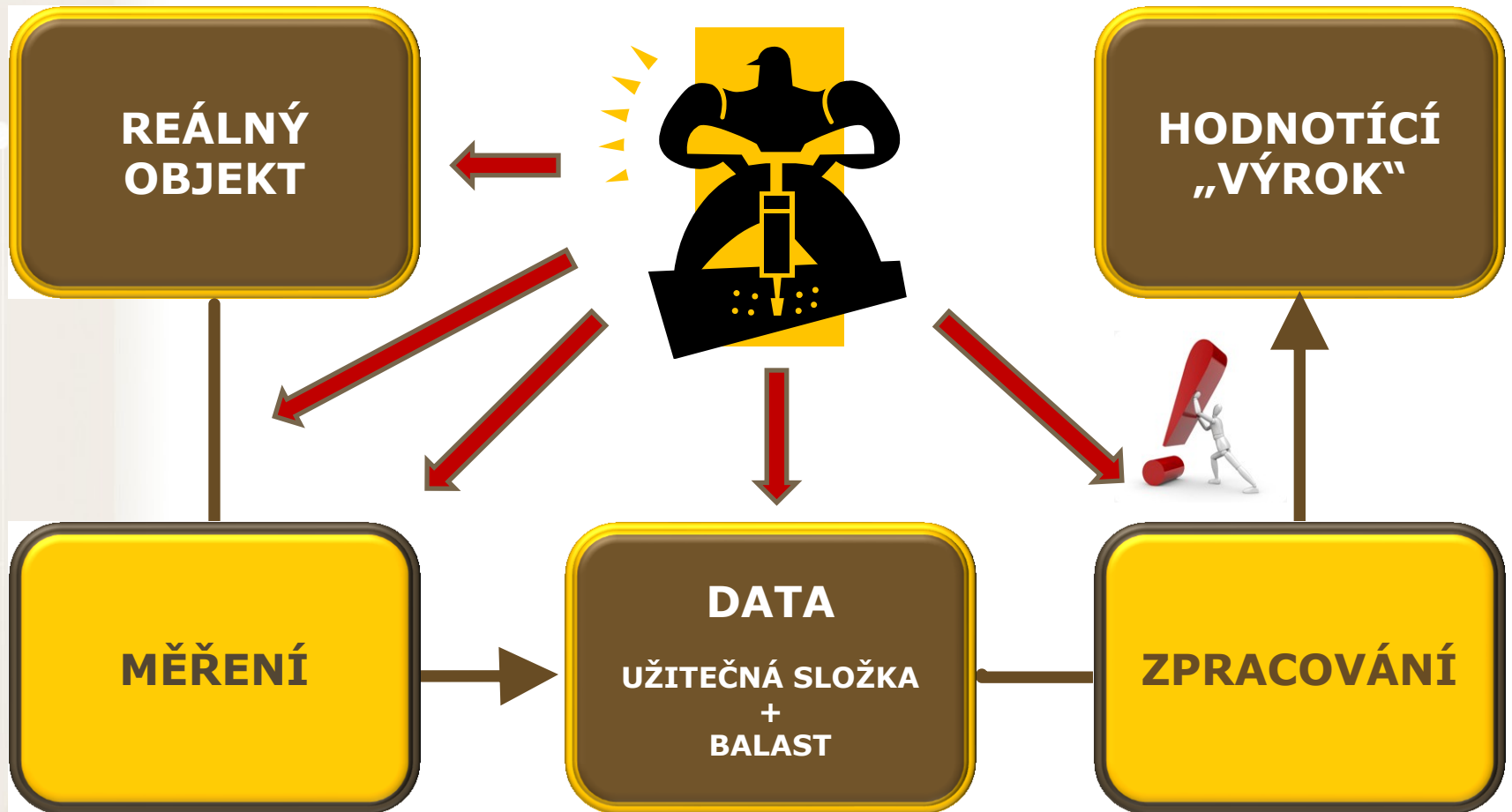


ZÁKLADNÍ KONCEPT

☑ užitečná složka

to je ta **deterministická (systematická)** část dat, kterou využijeme pro generování výroku

ZÁKLADNÍ KONCEPT



DATA (ČASOVÉ ŘADY)

☑ užitečná složka

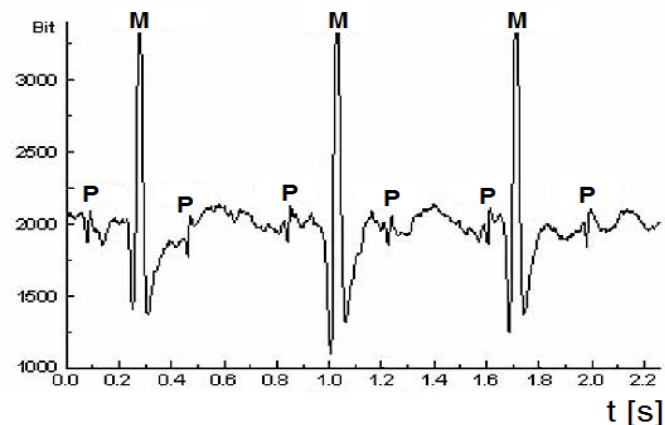
to je ta **deterministická** část dat, kterou využijeme pro generování výroku

☑ balast

část dat nesouvisející s cílem zpracování

→ deterministická část

- ☐ přímo ze zdroje



DATA (ČASOVÉ ŘADY)

✓ užitečná složka

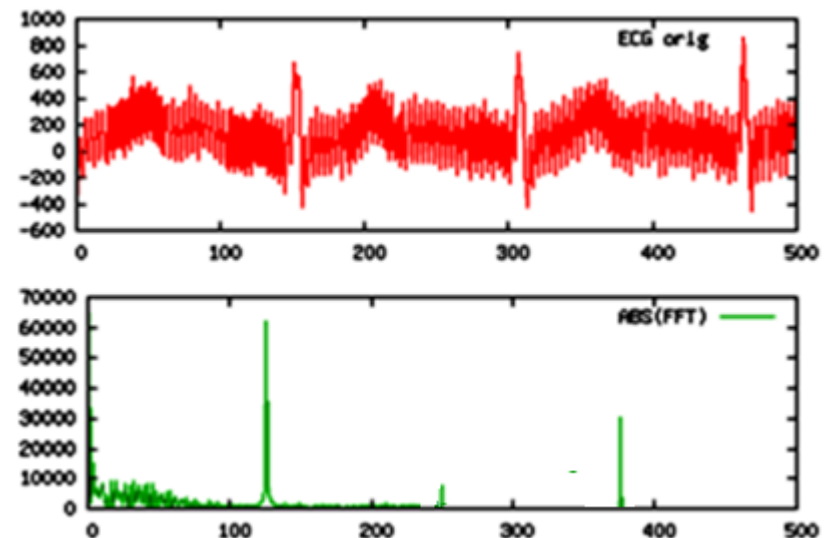
to je ta **deterministická** část dat, kterou využijeme pro generování výroku

✓ balast

část dat nesouvisející s cílem zpracování

→ deterministická část

- ❑ přímo ze zdroje
- ❑ zavlečená po cestě



DATA (ČASOVÉ ŘADY)

✓ užitečná složka

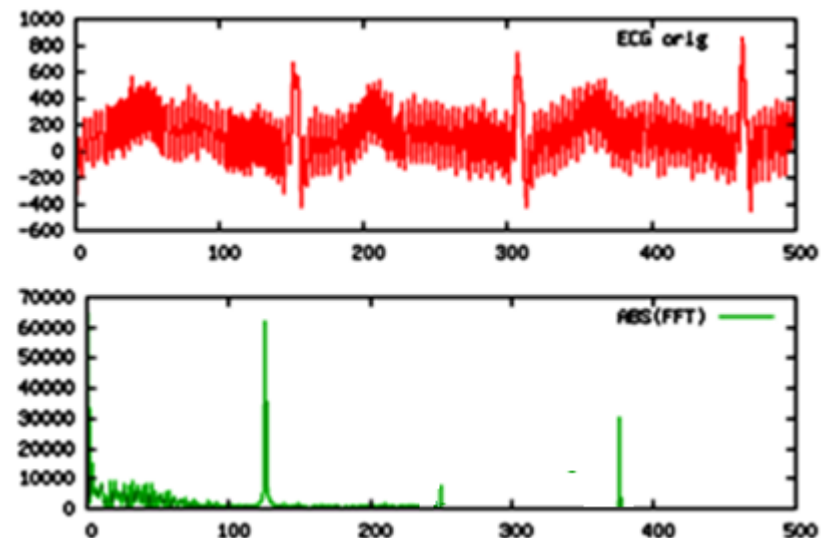
to je ta **deterministická** část dat, kterou využijeme pro generování výroku

✓ balast

část dat nesouvisející s cílem zpracování

→ deterministická část

- přímo ze zdroje
- zavlečená po cestě
 - přidaná (šum)
 - vyplývající z vlastností přenosové cesty (zkreslení, deformace)



DATA (ČASOVÉ ŘADY)

☑ užitečná složka

to je ta **deterministická** část dat, kterou využijeme pro generování výroku

☑ balast

část dat nesouvisející s cílem zpracování

→ deterministická část

- ☐ přímo ze zdroje
- ☐ zavlečená po cestě

→ všechno ostatní, tj. **nedeterministická** (?) složka
na její příčiny buď nemáme nebo nám to nestojí za námahu (šum)

NEDETERMINISTICKÁ SLOŽKA

- ☑ náhodná – pravděpodobnost, statistika



(G.Cardano *Liber de ludo aleae*
1663)

- ☑ neurčitá – příslušnost, fuzzy algebra
(L.A.Zadeh 1965)



- ☑ hrubá – důvěra, hrubé množiny
(Z.Pawłak 1991)



ZÁKLADNÍ KONCEPT

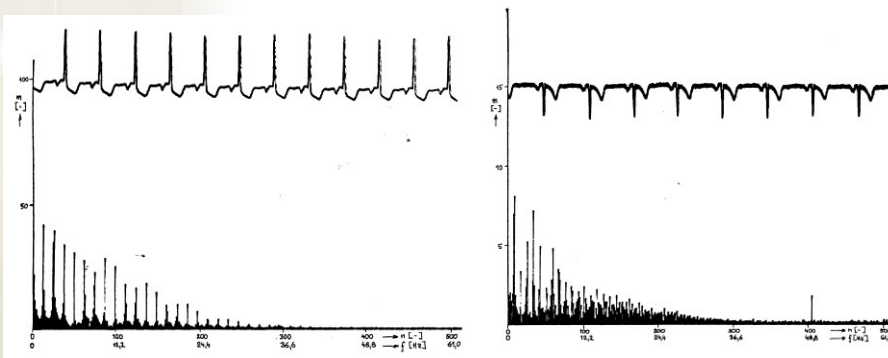
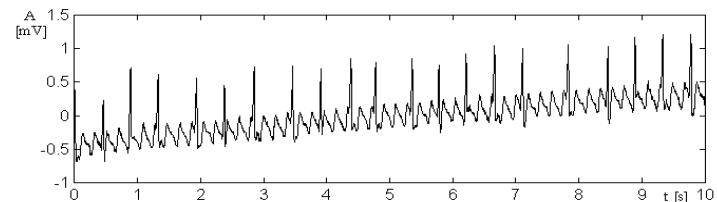
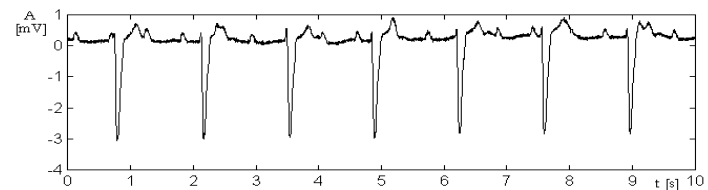
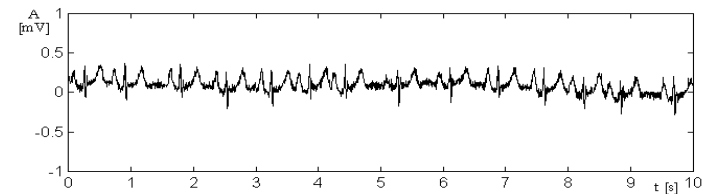
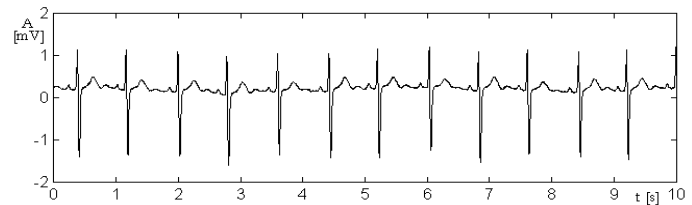


**CÍLEM JE ODHALIT TEN PŘÍČINNÝ
DETERMINISTICKÝ VZTAH NAVZDORY VŠEMU
TOMU, CO NÁM TO ODHALENÍ KAZÍ**

SKLADBA DAT

☑ matematický model deterministické složky(složek)

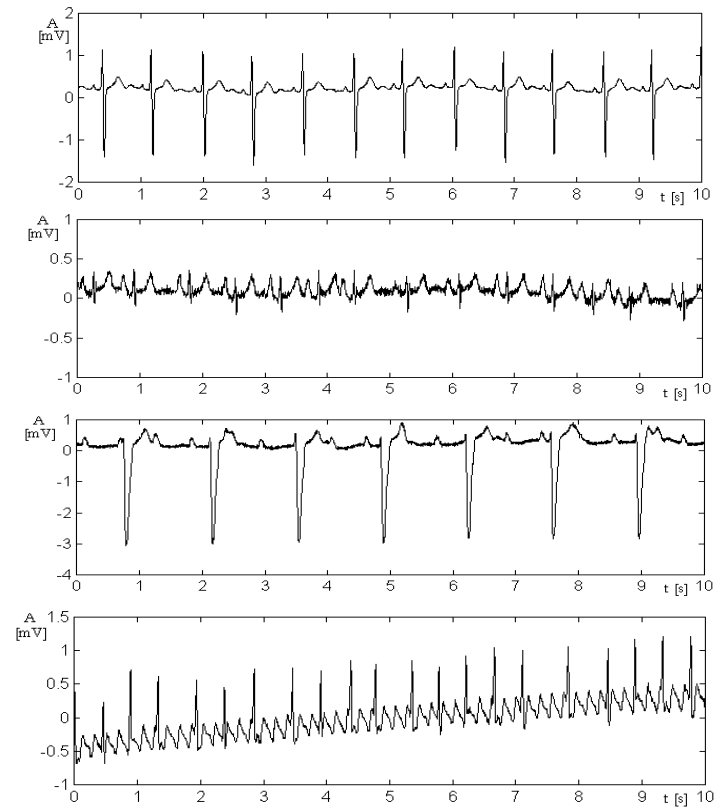
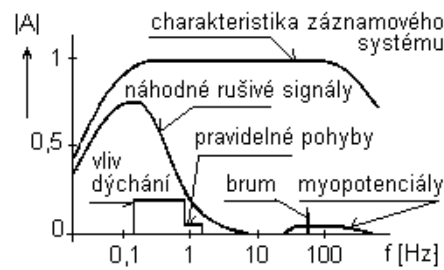
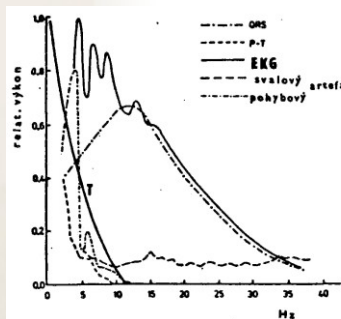
a zkoumáme jak data odpovídají modelové představě



SKLADBA DAT

☑ matematický model deterministické složky(složek)

a zkoumáme jak data odpovídají modelové představě



SKLADBA DAT

- ☑ model deterministické složky(složek);
 - nelineární
 - lineární
 - ☐ časová oblast
 - ☐ frekvenční oblast
 - ☐ ...

SKLADBA DAT

☑ model deterministické složky(složek);

→ nelineární x lineární

☐ časová oblast

☐ frekvenční oblast

☐ ...

→ časově závislý x nezávislý

☑ model nedeterministické složky

→ pravděpodobnostní

→ fuzzy

→ hrubý

→ ...