

# KUI342 Úvod do neurovied

Prednáška 10:

Jazyk, psycholingvistika

Vnímanie a produkcia reči

# Organizačné záležitosti

- Vid' včera
- + štatistické metódy pre Zadanie 4

# Minulý týždeň

- Čo je zvuk a sluch
- Prehľad tém sluchového štúdia
- Frekvenčná selektivita
- Binaurálny a priestorový sluch

# Dnes

## **Jazyk**

Čo je lingvistika?

Neurálna báza jazyka

Aspekty jazyka

Fonetika, Syntax, Sémantika

Porozumenie jazyku

Osvojovanie jazyka

## **Vnímanie reči**

# Čo je lingvistika

## Lingvistika

- je vedecký odbor zaoberajúci sa štúdiom jazyka
- snaží sa odpovedať na otázky ako:
  - „Čo je to jazyk?“
  - „Ako je jazyk reprezentovaný v mysli?“

## Jazyk

- je systém, ktorý používa fyzické symboly (zvuk, znaky na papieri) na vyjadrenie a komunikáciu myšlienok/zmyslov/pocitov

Základná otázka: Ako (akými procesmi, za akých podmienok) sa špecifická sekvencia zvukov (alebo napísaných symbolov) v mysli interpretuje na zmysluplnú správu?

# Atribúty jazyka

## 1. Komunikatívnosť

- umožňuje komunikáciu medzi jednotlivcami

## 2. Arbitrárnosť

- vzťah medzi symbolmi jazyka a ich významom je ľubovoľný

## 3. Štruktúrovanosť

- systém, akým sa symboly jazyka zoradujú nie je ľubovoľný
- „chlapec držal veľký kameň“ a „veľký držal chlapec kameň“

## 4. Generatívnosť

- základné jednotky jazyka (slová) sa dajú použiť na vyjadrenie nekonečného množstva významov
- človek je schopný porozumieť vete, ktorú nikdy predtým nevidel/nepočul

# Atribúty jazyka (pokr.)

## 5. Komplexnosť

- je možné vytvoriť nekonečne veľa rôznych výrazov, len malá časť z nich ale má v jazyku význam
- „chlapec držal veľký kameň“ (má význam)
- „veľký kameň držal chlapca“ (má význam)
- „veľký držal chlapec kameň“ (nemá význam)
- z daných 10 slov sa dá vytvoriť  $10!$  rôznych viet (3 milióny)

# Atribúty jazyka (pokr.)

## 6. Vrodenosť

- počet všetkých možných 10-slovných viet je  $(10^5)^{10}=10^{50}$
- napriek tomu, každý normálny zdravý človek sa naučí svoj rodný jazyk do piateho roku života, a to **bez priamej výuky** a len **s veľmi malým množstvom** systematicky prezentovaných relevantných dát
- každé dieťa má **schopnosť naučiť sa prirodzený jazyk**, nezávisle na svojom genetickom pôvode

### Pojem lingvistických univerzálií:

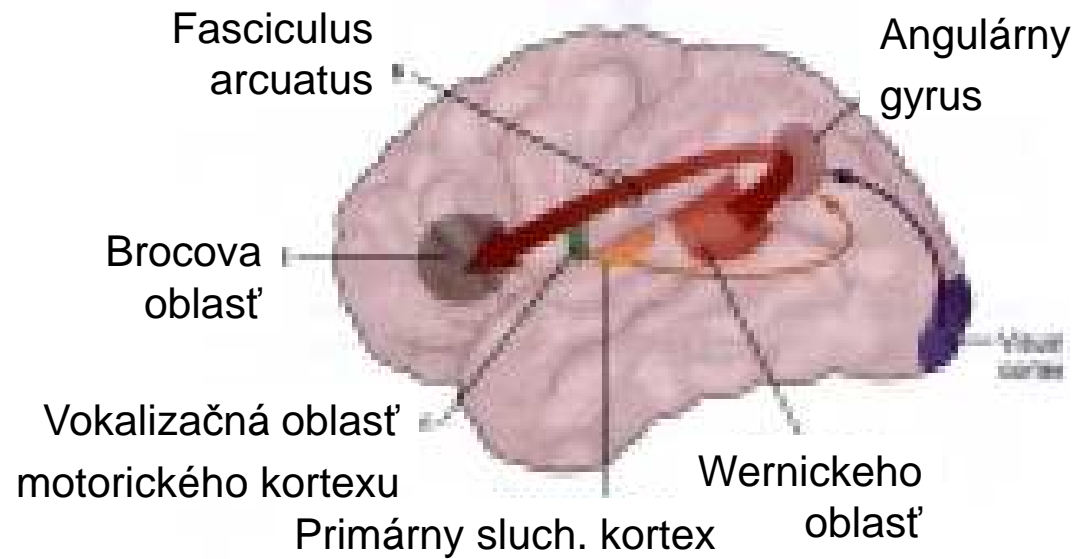
- existuje súbor geneticky predefinovaných, predom „nadrôtovaných“ schopností vnímať a pochopiť určité lingvistické charakteristiky spoločné všetkým jazykom (napr., vizuálne a sluchové vnímanie)

# Neurálna báza jazyka

1. Mozgové oblasti súvisiace s jazykom
2. Rôzne druhy afázie (poruchy reči)



# Jazykové mozgové oblasti



# Jazykové mozgové oblasti

## Brocova oblasť

Produkcia hovorenej reči

- Motorické programy riadiace generovanie zvukov reči

## Wernickeho oblasť

Porozumenie jazyku

- interpretácia počutých a napísaných slov

## Fasciculus arcuatus

Prepojenie medzi Brocovou a Wernickovou oblasťou

## Vizuálny kortex

Spracovanie napísaného jazyka

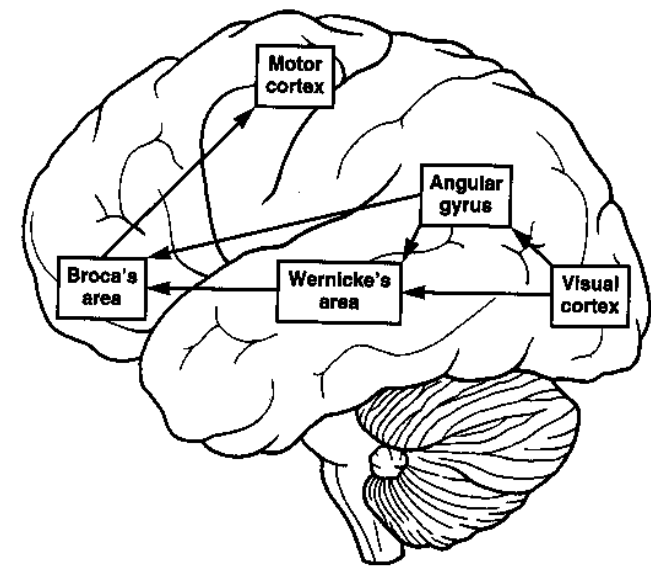
## Angulárny gyrus

Prepojenie Brocovej, Wernickovej a vizuálnej oblasti kortexu

## Motorický kortex

Produkcia zvukov hovorenej reči (t.j., riadenie vokálnych svalov)

[Webstránka o rečových funkciách](#)



# Laterálnosť rečových funkcií

## Ľavá mozgová hemisféra

- u 98% pravákov sú skoro všetky rečové funkcie umiestnené ľavej hemisfére neokortexu
- v pravej hemisfére sa spracúvajú rečové funkcie súvisiace s metaforickým a umeleckým významom jazyka (napr. humor)

U väčšiny ľavákov sú rečové funkcie lokalizované primárne v pravej hemisfére neokortexu

# Druhy porúch reči (afázie)

## **Brocova afázia:**

- poškodenie Brocovej oblasti
- človek nie je schopný hovoriť
- neplynulá, lámaná reč
- zámena slabík: slovo / svolo / voslo
- nesprávne tvorenie viet
  
- zachovaná schopnosť porozumieť jazyku
- schopnosť „vnútornej reči“
- človek si chyby uvedomuje

# Druhy afázie (pokr.)

## Wernickeho afázia:

- poškodenie Wernickeho oblasti
- strata schopnosti porozumieť hovorenému jazyku
- hovorí veľa, ale bez zmyslu, živo gestikuluje („slovný šalát“)
- zámena slabík: slovo / svolo / voslo
- svoju poruchu si neuvedomuje

## Konduktívna afázia:

- poškodenie **Fasciculu arcuatus**
- plynulá reč
- dobrá schopnosť rozumieť reči
- schopnosť porozumieť jazyku
- neschopnosť nahlas opakovať čo číta/počuje

# Druhy afázie (pokr.)

## **Agrafia:**

- neschopnosť písať slová
- lokalizácia???

## **Dyslexia:**

- strata alebo zníženie schopnosti čítať, hláskovať a rozpoznať slová
- lokalizácia???

## **Získaná dyslexia (alexia):**

- poškodené spojenie vizuálneho kortexu a Wernickeho oblasti
- neschopnosť čítať, aj keď vidí slová

# Oblasti štúdia jazyka

- 1. Fonetika: zvuková štruktúra jazyka**  
**Syntax: gramatická štruktúra jazyka**  
**Sémantika: významová štruktúra jazyka**
- 2. Porozumenie jazyku (na úrovni slov a viet)**
- 3. Osvojovanie jazyka**

# Fonetika

**Keď hovoríme, slová sa reprezentujú ako sekvencia diskrétnych zvukov – t.j., ako akustické signály produkované v hornej časti nášho dýchacieho a vokálneho traktu**

## Fonetika

- **študuje zvukovú štruktúru jazyka (aké zvuky a ako sa pri rečovej komunikácii používajú)**
- **sa snaží o symbolický zápis všetkých zvukov používaných v jazyku (priradzuje každému zvuku jeden symbol)**



# Fonetika

Príklad: súbor foném používaných v angličtine

**Table 11.1** *Standard Taxonomy of Phonemes in English*

Consonants				Vowels		Diphthongs	
p	pill	θ	thigh	i	beet	ay	bite
b	bill	ð	thy	ɪ	bit	æw	about
m	mill	ʃ	shallow	e	bait	ɔy	boy
t	till	ʒ	measure	ɛ	bet		
d	dill	č	chip	æ	bat		
n	nil	ǰ	gyp	u	boot		
k	kill	l	lip	ʊ	put		
g	gill	r	rip	ʌ	but		
ŋ	sing	y	yet	o	boat		
f	fill	w	wet	ɔ	bought		
v	vat	ʌ	whet	a	pot		
s	sip	h	hat	ə	sofa		
z	zip			i	marry		

# Syntax

Štatisticky povedané pozostáva jazyk zo súboru ľubovoľných (ale rozdielnych) symbolov, medzi ktorými existuje **štatistická závislosť vyššieho rádu** (t.j., sú definované hierarchické ohraničenia)

Napr.:

'a' 'e' sa vyskytujú často, 'x' zriedka

'som' 'je' často, 'slm' 'ee' zriedka

'vták sedí na plote' často, 'na sedí vták plote'

# Syntax

- študuje vetnú štruktúru jazyka
- snaží sa definovať pravidlá, ktoré určujú čo je a čo nie je v danom jazyku gramaticky správne

Chomského teória **Transformačnej gramatiky** hovorí, že v mozgu sa gramatika reprezentuje na dvoch úrovniach:

- **hĺbková štruktúra** – vnútorná štruktúra, ktorou sa veta reprezentuje v mozgu – dá sa popísať stromovým diagramom („frázovou štruktúrou“)
- **povrchová štruktúra** – ako vety v skutočnosti vyslovujeme

Existujú gramatické transformačné pravidlá, ktoré určujú, ako sa mapuje hĺbková štruktúra na povrchovú

Pr.: „Jano chytil drôt“ a „Drôt bol chytený Janom“ sú dve rôzne povrchové reprezentácie tej istej hĺbkovej štruktúry. „Drôt Jano chytil“ je gramaticky neprípustná transformácia.

# Syntax – Konečnosťavová gramatika

hovorí, že si pamätáme pravidlá pre všetky možné gramaticky prípustné vety, a že do týchto pravidiel len dopĺňame slová. T.j., že veta je lineárnym zreťazením slov.

Napr. veta „Vysoký chlapec je v záhrade“ je vytvorená podľa pravidla:  
VETA=PRÍD\_M PODST\_M SLOVESO PREDLOŽKA PODST\_M

Potom by sme ale na vetu „Vysoký chlapec, ktorý má dve hlavy, je v záhrade“ potrebovali zas nové pravidlo.

Naviac, táto gramatika nevysvetľuje, prečo sloveso „je“ sa nezhoduje s podstatným menom „hlavy“ ale „chlapec“.

# Syntax – Gramatika frázových štruktúr

definuje vety na základe fráz (klauzúl), nie slov. Napr.:

VETA= PODMETOVÁ ČASŤ + PRÍSUDKOVÁ ČASŤ

a definuje prepisovacie pravidlá, napr.:

PODMETOVÁ ČASŤ = PRÍD\_M PODST\_M

PRÍSUDKOVÁ ČASŤ = SLOVESO PREDMET

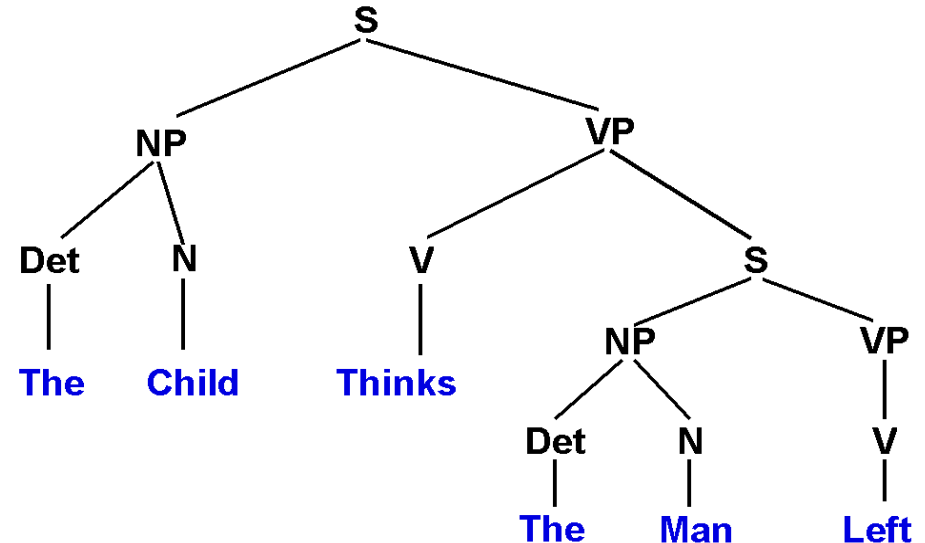
PREDMET = PREDLOŽKA PODS\_M

prepisovacie pravidlá môžu

byť rekurzívne:

PREDMET = VETA

Ešte stále nezachytáva to, že viacero gramatických štruktúr môže reprezentovať ten istý význam



# Syntax – Transformačná/generatívna gramatika

Frázová štruktúra definuje základnú štruktúru vety.

Generatívna gramatika definuje pravidlá, ktorými môžeme zmeniť poradie fráz vo vete na inú prípustnú formu, s rovnakým (činný/active vs. trpný/passive tvar) alebo rozdielnym významom (otázka).

given the form NP1 VERB NP2,	The cat chased the mouse.	("deep structure")
1) move NP2 to the beginning,	The mouse	
2) insert a form of the verb "TO BE",	was	
3) followed by the VERB,	chased	("surface struc")
4) and then the word "BY",	by	
5) and finally NP1.	the cat.	

# Sémantika

Zaoberá sa významom rôznych zložiek jazyka.

Snaží sa popísať:

- ako v mysli reprezentujeme **význam slov**
- ako túto reprezentáciu používame pri vytváraní viet

Hypotéza o **Mentálnom lexikóne**

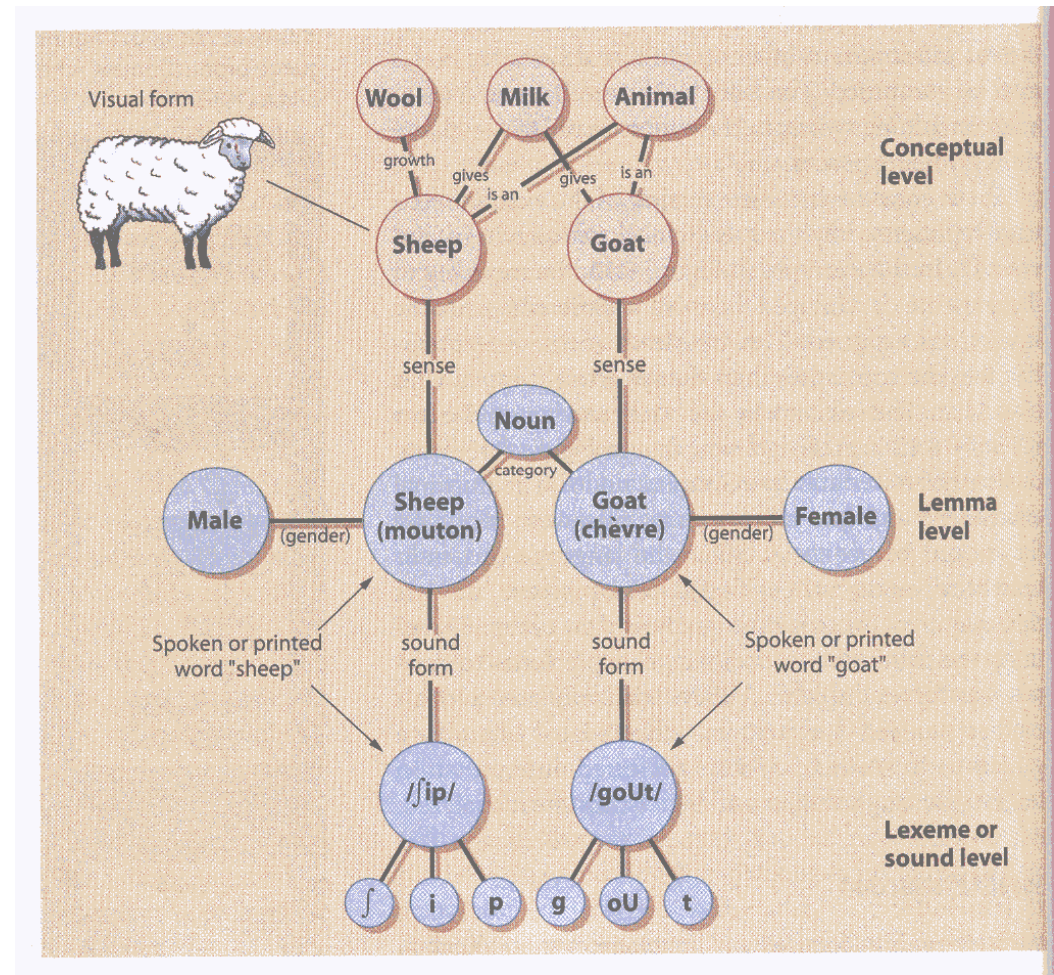
- slová rozpoznávame tak, že ich porovnávame s reprezentáciami uloženými v našom mentálnom lexikóne (vnútornom slovníku)
- ako presne sa to deje nie je jasné, tento proces je ale veľmi rýchly (či je dané slovo z nášho rodného jazyka vieme rozhodnúť za <500ms, aj keď slov sú desiatky tisíc)

# Sémantika – dve úrovne mentálneho lexikónu

## Mentálny lexikón ≠ slovník

Keď sa vyvolá nejaký koncept (napr. prezentovaním obrázku), mozog najprv vyhľadá správnu **lemmu** (súbor sémantických a gramatických informácií o danom slove), ale nie slovo samotné

**Lemma** obsahuje „smerník“ na samotnú fonetickú reprezentáciu slova, nazývanú **Lexéma**





# Porozumenie jazyku

Za normálnych podmienok **porozumieme** tomu, čo počujeme, bez toho, aby sme sa museli vedome snažiť či zvlášť koncentrovať.

Za to, že proces porozumenia je taký bezproblémový a nenáročný vďaka vysokej špecializácii, komplexnosti a výkonnosti mozgových štruktúr, ktoré na porozumenie jazyku používame. Efektivita týchto štruktúr je daná tým, že sú do veľkej miery **vrodené**.

# Porozumenie jazyku – tri úrovne

## Sluchová a vizuálna analýza

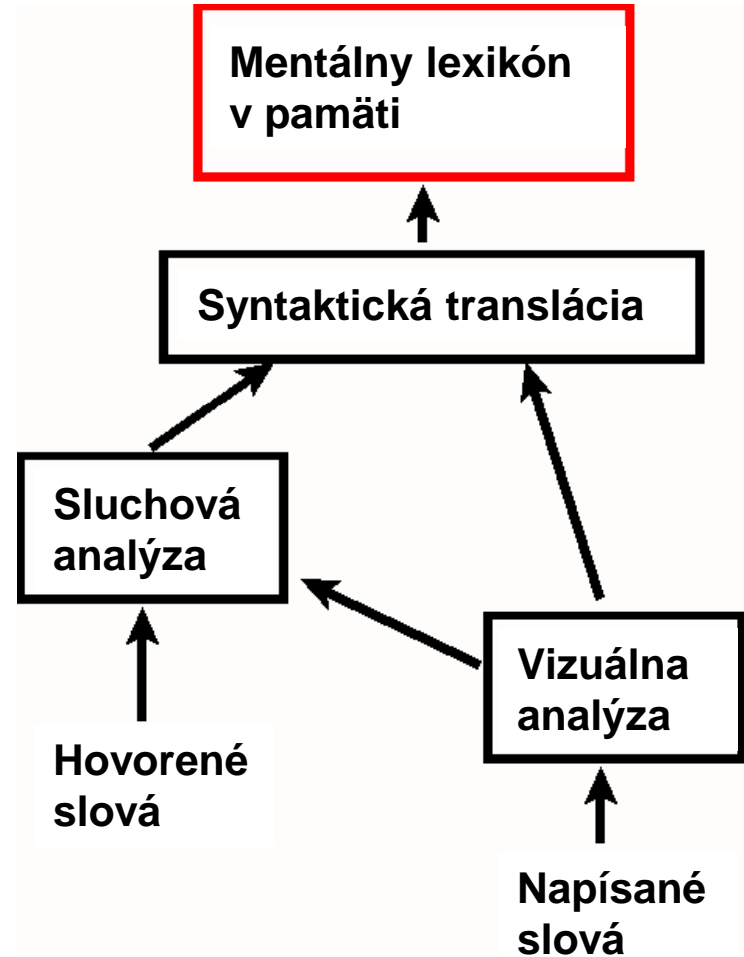
Identifikujú sa jednotlivé slová

## Syntaktická translácia:

K identifikovaným slovám sa priradí ich syntaktická reprezentácia a vygeneruje sa sekvencia sémantických kategórií a vzťahov medzi nimi

## Mentálny lexikón v pamäti:

Aktivujú sa mentálne reprezentácie v lexikóne, ktorý pre každé slovo uchováva všetky relevantné informácie, ako význam, výslovnosť, gramatické kategórie, atď.



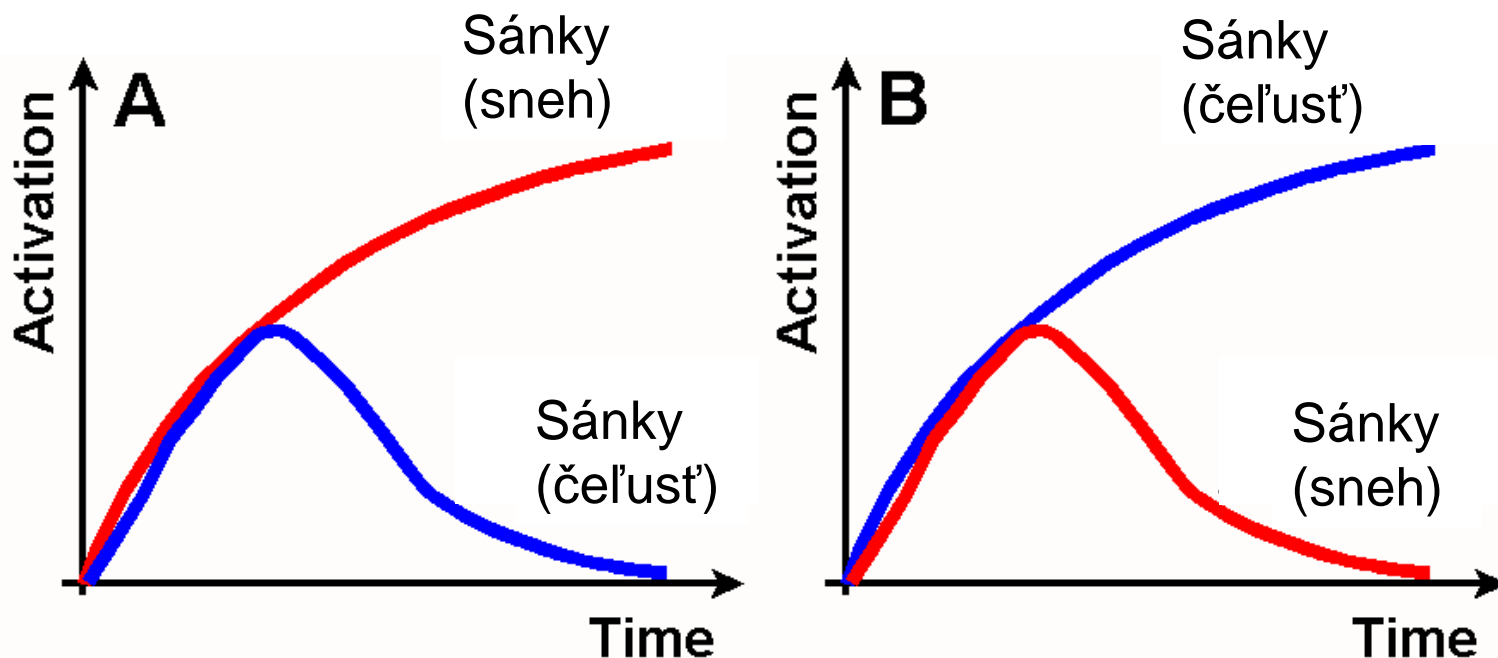
# Prístup k lexikálnym reprezentáciám – „lexical access“

Ak má dané slovo viac významov, rozšíri sa pri jeho počutí aktivácia na všetky významy v sieti mentálneho lexikónu.

T.j., na začiatku sa z lexikónu vyčítajú všetky významy, a len následne sa zvolí ten, ktorý má v danom kontexte nejaký význam.

A: “**Sánky** a lyže ležali na snehu”

B: “**Sánky** a líčne kosti černochoch sú výraznejšie (než u ázijcov)”



# Ako sa študuje „lexical access“

„Semantic priming“ experimenty.

Primovacie slovo	Cieľ	Čas lexikálneho rozhodnutia
Sánky	Lyže	600 ms
Prach	Lyže	750 ms
?%#\$	Lyže	800 ms
Sánky	Čelust'	605 ms
Prach	Čelust'	760 ms
?%#\$	Čelust'	800 ms

# Osvojovanie jazyka

## Univerzálne vlastnosti jazyka:

1. Univerzálnosť v rámci všetkých ľudských spoločností – všetky ľudské kmene a komunity používajú jazyk podobným spôsobom.
2. Napriek zjavným rozdielom medzi jazykmi je každý človek schopný osvojiť si každý jazyk (nie všetky naraz).
3. Preto, všetky jazyky musia vychádzať z nejakých spoločných základných štruktúr.

**Univerzálna gramatika (UG; Chomsky, 1965):** Súbor abstraktných všeobecných (a vrodenných) princípov, ktoré sú zdieľané všetkými prirodzenými jazykmi. Každý konkrétny jazyk potom nie je ničím iným než špecifickou implementáciou týchto princípov (podobne ako teplota vyjadrená v °C, °F alebo K)

# Vnímanie hovorenej reči – speech perception

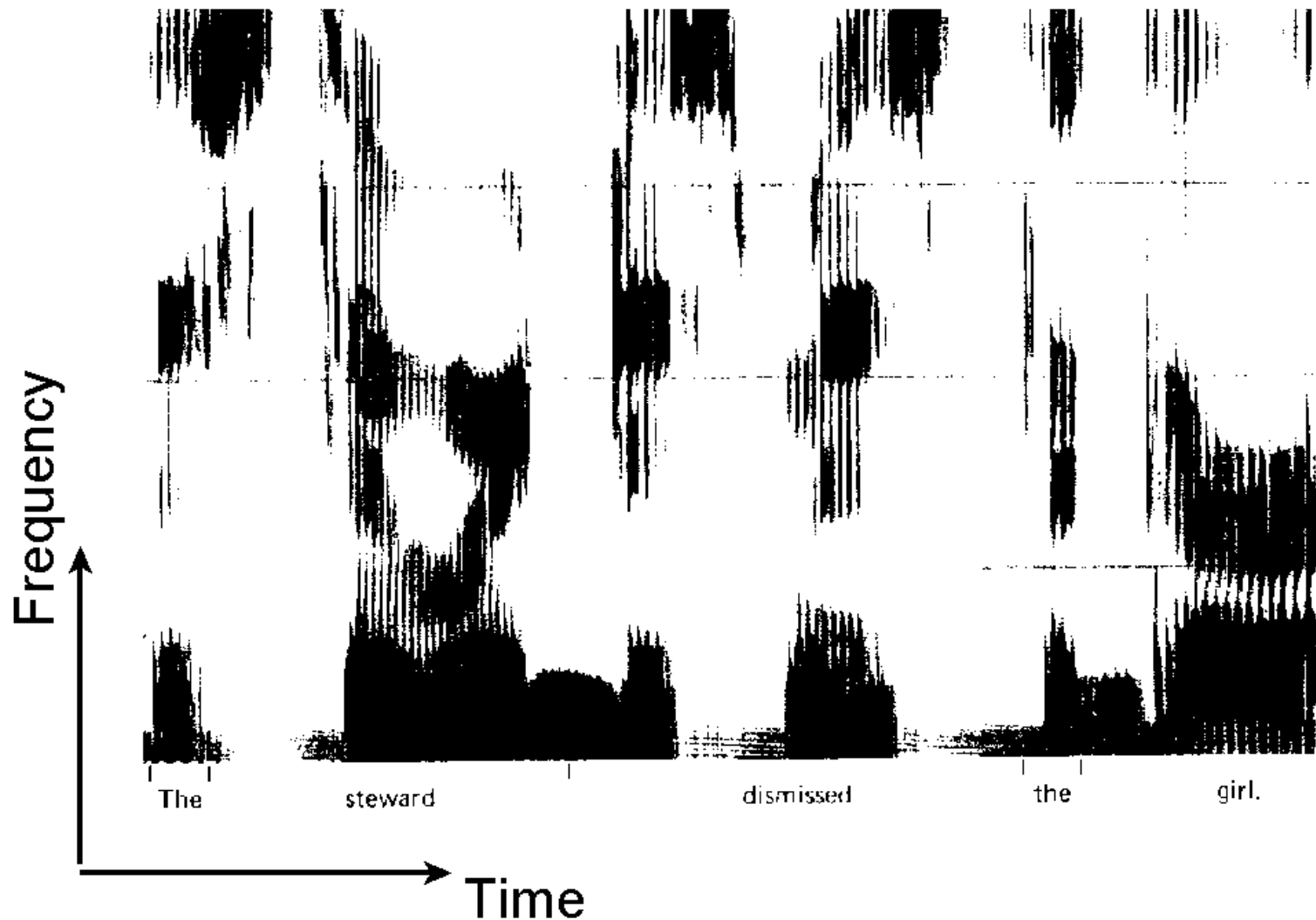
Prvým krokom pri porozumení hovorenej reči je identifikácia slov. Tá prebieha na rôznych úrovniach:

1. **Detekcia foném (/t/, /e/, /m/, /e/, /r/, )**
2. **Fonémy sa kombinujú do slabík (/te/ /mer/)**
3. **Slabiky sa kombinujú na slová (“temer”)**
4. **Význam slov sa vyčíta z pamäte**

**Speech perception** – časť kognitívnych vied zaoberajúca sa tým, ako človek „prekódováva“ počutý akustický rečový signál na fonémy

# Spektrogram

Spektrálno-časová reprezentácia zvukovej vlny zodpovedajúcej reči



# Vnímanie hovorenej reči – speech perception

Transformácia z akustických charakteristík na fonémy nie je jednoznačná.

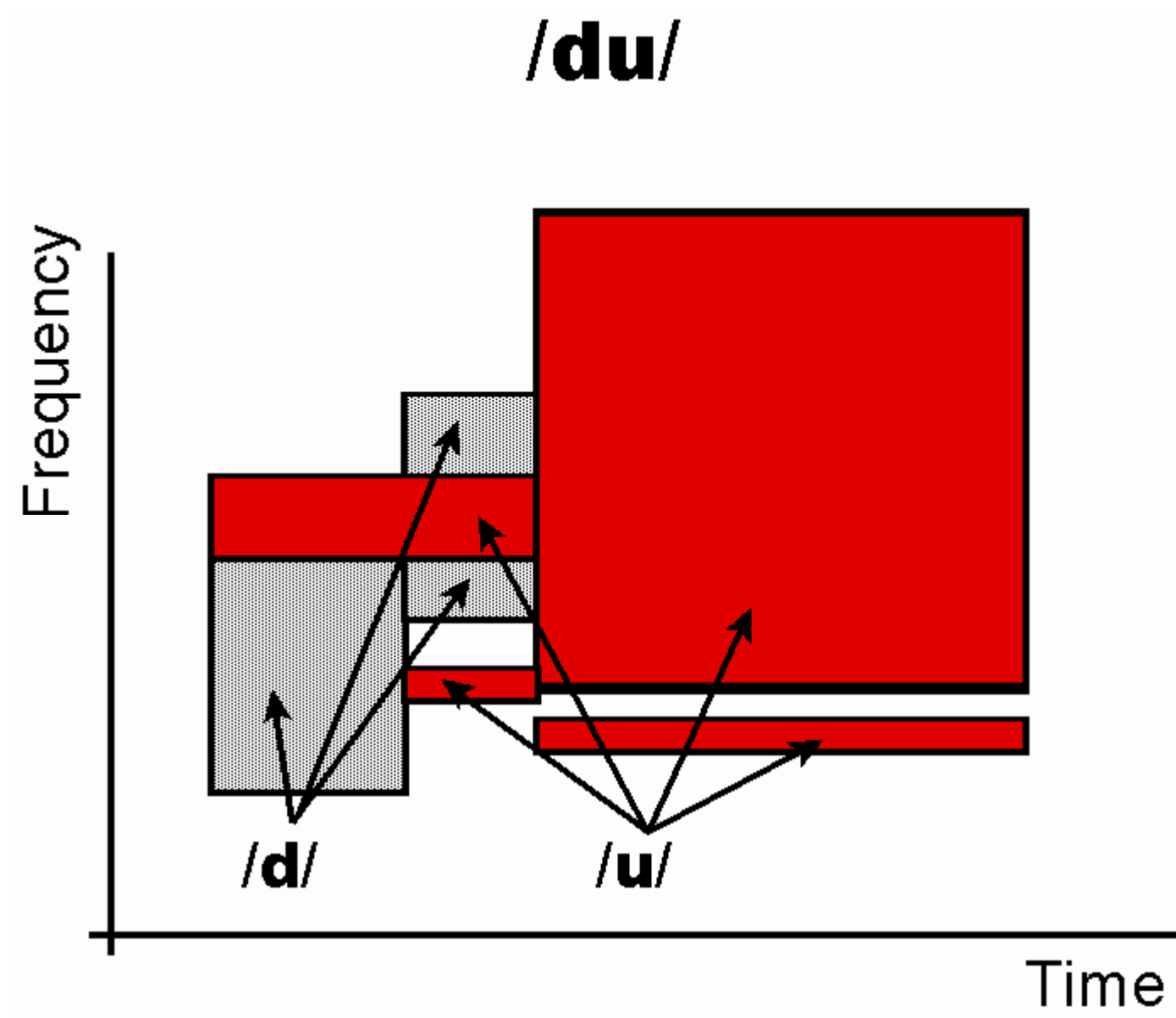
**Koartikulácia** – hlásky nevyslovujeme sekvenčne, ale keď vyslovujeme jednu hlásku už plánujeme, čo potrebujeme urobiť, aby sme vyslovili ďalšiu. Takže to, ako (aj akusticky) vyslovíme nejakú konkrétnu hlásku je ovplyvnené tým, aké hlásky vyslovujeme pred a po nej.

Koartikulácia spôsobuje dva problémy:

- nemožnosť **segmentácie akustického** signálu – každý úsek signálu obsahuje paralelne charakteristiky viacerých foném
- **neexistencia invariantných črt** – akustické charakteristiky signálu, dôležité na to, aby sme rozoznali „k“, sú iné, ak je „k“ nasledované „i“ (kino) a iné ak je nasledované „u“ (kus)

Akustické charakteristiky vydaných zvukov sú ovplyvnené aj inými parametrami – tým, kto hovorí, ako rýchlo hovorí, ako výrazne hovorí





# Vnímanie hovorenej reči – speech perception

Človek je citlivý na faktory ako **akusticko-fonetický kontext, hovoriaci, či rýchlosť hovorenia**, a pri počúvaní odhaduje aký dopad majú tieto faktory na akustiku rečového signálu. Následne tento odhad používa na úpravu aktuálne používaného akusticko-fonetického mapovania.

Dlhotrvalý spor medzi fonetikmi je akú vnútornú reprezentáciu používame pri akusticko-fonetickej transformácii:

1. "modular, specialized, speech-specific mechanism that computes the intended phonetic gestures of the speaker"
2. "general perceptual and/or cognitive processing is sufficient to accomplish the mapping"

# Speech perception – top-down efekty

## Kontextuálne efekty

(a) prehliadnutý brept

(vyslovené) ‘We had a lot of **compiny** over the weekend’

(počuté) ‘We had a lot of **company** over the weekend’

(b) fonemické vypĺňanie (filling-in)

*/?ež/ vs /?era/*

(vyslovené) */?ež/ --> (počuté) /bež/*

(vyslovené) */?era/ --> (počuté) /pera/*

*/pež/, /bera/ - nie sú slová*

Tj., lexikálna úroveň ovplyvňuje fonetickú úroveň

# Speech perception – top-down efekty

## McGurkov efekt

(podobne hlas-dotyk)

## Aplikácie

rozpoznávanie reči

automatické triedenie spracovanie textov

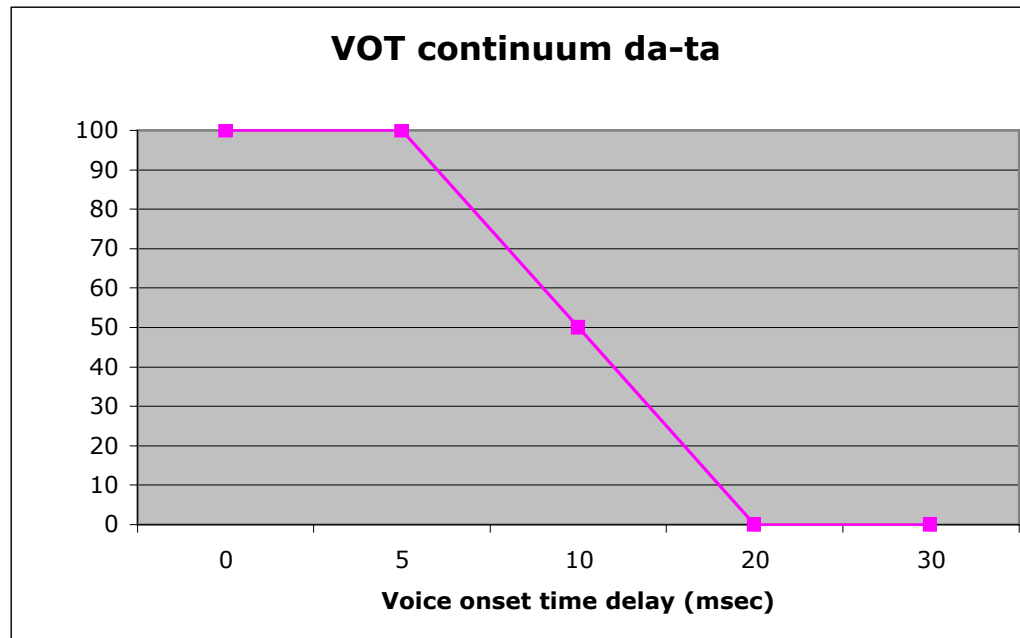
komunikácia so strojmi v prirodzenom jazyku

Text-to-speech a Talking Heads

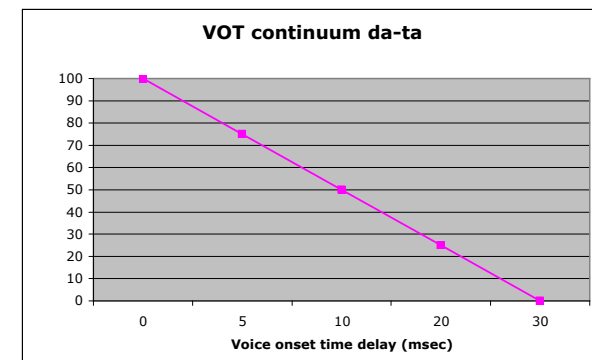
automatický preklad

zhusťovanie zvukových záznamov

# Speech perception – kategorické vnímanie

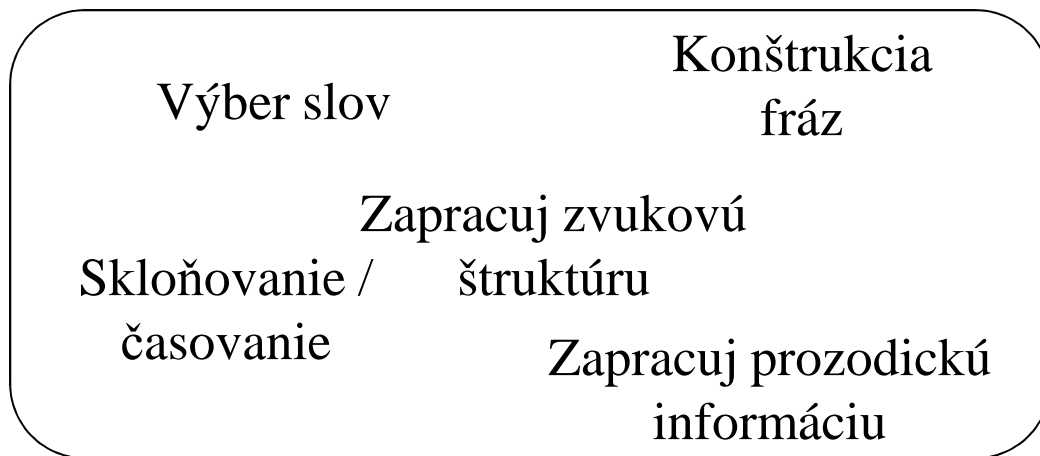


Ak by vnímanie nebolo kategorické, vyzeralo by to takto:



# Produkcia reči – speech production

Myšlienka –  
mentálna štruktúra



Artikulácia reči

Sú tieto úrovne  
spracovania  
samostatné?

Alebo sa deje len  
jeden veľký proces  
spracovania?

# Produkcia reči – Speech production

Prerieknutia / brepty naznačujú, čo sa pri produkcii reči deje

Základné typy:

Očakávania: *cuff of coffee (cup of coffee)*

Pretrvania: *gave the goy (gave the boy)*

Výmeny: *teep a cape (keep a tape)*

*with this wing I do red*

*cassy put (pussy cat)*

*piss and stretch (stress and pitch)*

***Reč plánujeme na rôznych úrovniach:***

***Frázy, slová, morfémy, slabiky, fonémy, črty***

# Produkcia reči – prerieknutia

Prerieknutia poskytujú informácie o poradí nasledovných fáz plánovania:

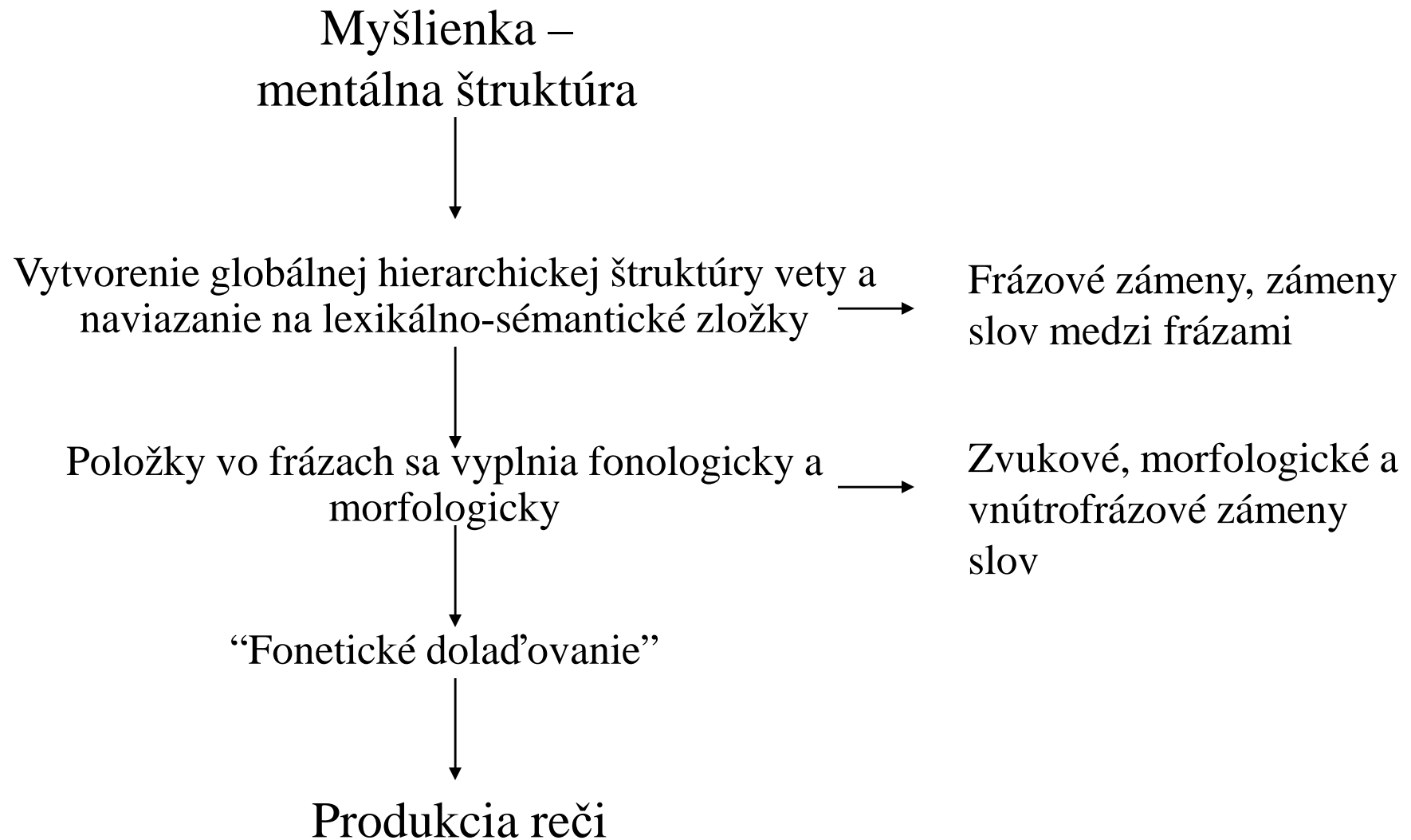
“Fonetické dolad’ovanie” sa udeje správne aj po prerieknutí. Preto toto dolad’ovanie sa deje až po poskladaní foném

- *A meeting arathon (an eating marathon)*
- *Add up/s/ to (add/z/ up to)*
- Slabičný dôraz sa upraví podľa popleteného poradia slabík; preto sa prirad’ovanie dôrazu deje až po dosadení slabík
  - *Cómputated (compúted)*
- Frázový dôraz sa popletením zdôraznených zložiek frázy neovplyvní (t.j., dôraz sa nepresunie so slovom)
  - *Stop beating your BRICK against a head walls*

Prerieknutia môžu poskytnúť informácie o veľkosti a štruktúre plánovacích jednotiek na jednotlivých úrovniach



# Produkcia reči – Speech production



# Zhrnutie

Jazyk, vnímanie a produkcia reči sú  
veľmi komplikované procesy  
Veľa priestoru pre skúmanie a pre  
uplatnenie poznatkov

# Nabudúce

Pozornosť atď.