



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ

Chlum u Třeboně, 16. - 19. 9. 2019

# Workshop biomedicínského inženýrství a informatiky 2019

## SBORNÍK

*Editoři:*

*Ing. Jan Havlík, Ph.D.*

*Ing. Zdeněk Horčík*

Katedra teorie obvodů  
Fakulta elektrotechnická  
České vysoké učení technické v Praze

Technická 2  
166 27 Praha 6

Vydalo: České vysoké učení technické v Praze

Zpracovala: Fakulta elektrotechnická

Kontaktní adresa: Ing. Jan Havlík, Ph.D., Katedra teorie obvodů, FEL ČVUT v Praze,  
Technická 2, 166 27 Praha 6

Tisk: elektronická publikace

ISBN: 978-80-01-06569-3

Počet stran: 35

## ORGANIZAČNÍ VÝBOR

Ing. Jan Havlík, Ph.D.

Ing. Zdeněk Horčík

Bc. Martin Blažek

Bc. Dominik Šídlo

Konference byla financována z grantu SVK 22/19/F3 uděleného ČVUT v Praze.

# PŘEDMLUVA

Vážené kolegyně a kolegové,

držíte v ruce sborník prezentací ze sedmého ročníku workshopu studentů nastupujících do prvního ročníku studia na Fakultě elektrotechnické ČVUT v Praze, studijního programu Lékařská elektronika a bioinformatika, pořádaného společně pro nastupující bakalářské i magisterské studenty. Příspěvky, které jsou v tomto sborníku prezentovány, představují výsledky bakalářských prací studentů. Jejich prezentace před kolegy studentům magisterského i bakalářského studia umožňují seznámit se navzájem hned zkraje studia s prací svých nových kolegyně a kolegů, studentům bakalářského studia pak především získat prvotní představu o tom, jak by měl po třech letech studia vypadat výsledek jejich práce. Získané poznatky a zkušenosti studenti mohou sdílet a tvůrčím způsobem je využít v dalším studiu. Minulé ročníky konference jasně ukázaly, že takovýto způsob společného sdílení informací hned zkraje studia je pro jeho pokračování velkým přínosem. Studentům napomáhá v rychlejší orientaci ve studovaném oboru, který svojí šíří, rychlým rozvojem a multidisciplinárním pojetím patří k jednému z obtížnějších. Rozšíření workshopu o nastupující bakalářské studenty pak jednak reflektuje aktuální změnu struktury nabízených studijních programů, především však umožňuje těmto studentům se rychleji zapojit do práce na fakultě, což by mělo zvýšit naději na úspěšné ukončení jejich studia.

*Jan Havlík*

*Zdeněk Horčík*

# OBSAH

PŘEDMLUVA .....4

OBSAH .....5

## PREZENTACE PŘÍSPĚVKŮ NA ZÁKLADĚ BAKALÁŘSKÝCH PRACÍ

**Barnová Michaela**

*DIGITÁLNÍ MODELY PÁNEVNÍ OBLASTI Z CT/MRI SNÍMKŮ* .....6

**Brožová Natálie**

*REDUKCE DIMENZE EEG PROSTORU JAKO ZÁKLAD  
DATAMININGU*.....18

# DIGITÁLNÍ MODELY PÁNEVNÍ OBLASTI Z CT/MRI SNÍMKŮ

**Michaela Barnová**

FBMI ČVUT v Kladně, nám. Sítná 3105, Kladno

## **Abstrakt**

Bakalářská práce se zabývá vyhodnocením dvou segmentačních nástrojů z hlediska efektivity pro hypertermickou léčbu u onkologických pacientů v pánevní oblasti. Cílem této práce bylo porovnat dva nástroje (iSEG a 3D Slicer) pro segmentaci CT nebo MRI snímků a převést tyto obrazy do 3D modelu pacienta v simulačním softwaru Sim4Life. Konkrétně byly tkáně segmentovány na tuk, sval, kost a vzduch. Dalším cílem této práce bylo využít lepší nástroj pro segmentaci z hlediska rychlosti a uživatelské přívětivosti a aplikovat jej na segmentaci dalších čtyř subjektů. Následně provést plánování hypertermické léčby (HTP) pro těchto pět patientských modelů pomocí dvou různých optimalizačních metod. Jako první optimalizační proces byl zvolen algoritmus zobecněných vlastních čísel, implementovaný v programu Sim4Life. Jako druhá optimalizační metoda byla zvolena optimalizace částicových rojů implementovaná ve VEDO, což je příklad globální optimalizace. Tento optimalizační nástroj vykazoval pomalejší optimalizaci, konkrétně byl dvakrát pomalejší. V práci byl vypracován celkový postup pro HTP – od segmentace obrazů CT, přes optimalizace jednotlivých anténních prvků, až po vyhodnocení efektivity léčby na základě vyhodnocení vypočtené distribuce SAR. Software iSEG byl lépe hodnoceným nástrojem pro segmentaci. V simulačním softwaru byl aplikátor nastaven na pracovní frekvenci 120 MHz se šesti dipólovými anténami. Vypočtené hodnoty amplitudy a fáze pro každou dipólovou anténu byly zaznamenány a porovnány pro oba optimalizační algoritmy.

## **Klíčová slova**

*segmentace, CT snímky, 3D modely, DICOM, iSEG, 3D Slicer, Sim4Life, Plánování hypertermické léčby, lokální optimalizace, globální optimalizace*

# Digitální modely pánevní oblasti z CT/MRI snímků

České vysoké učení technické v Praze,  
Fakulta biomedicínského inženýrství

**Autor:** Barnová Michaela  
**Vedoucí:** doc. Dr.-Ing. Jan Vrba, M.Sc.  
**Konzultant:** Ing. Tomáš Dřížďal, Ph.D.

## Motivace a cíle práce



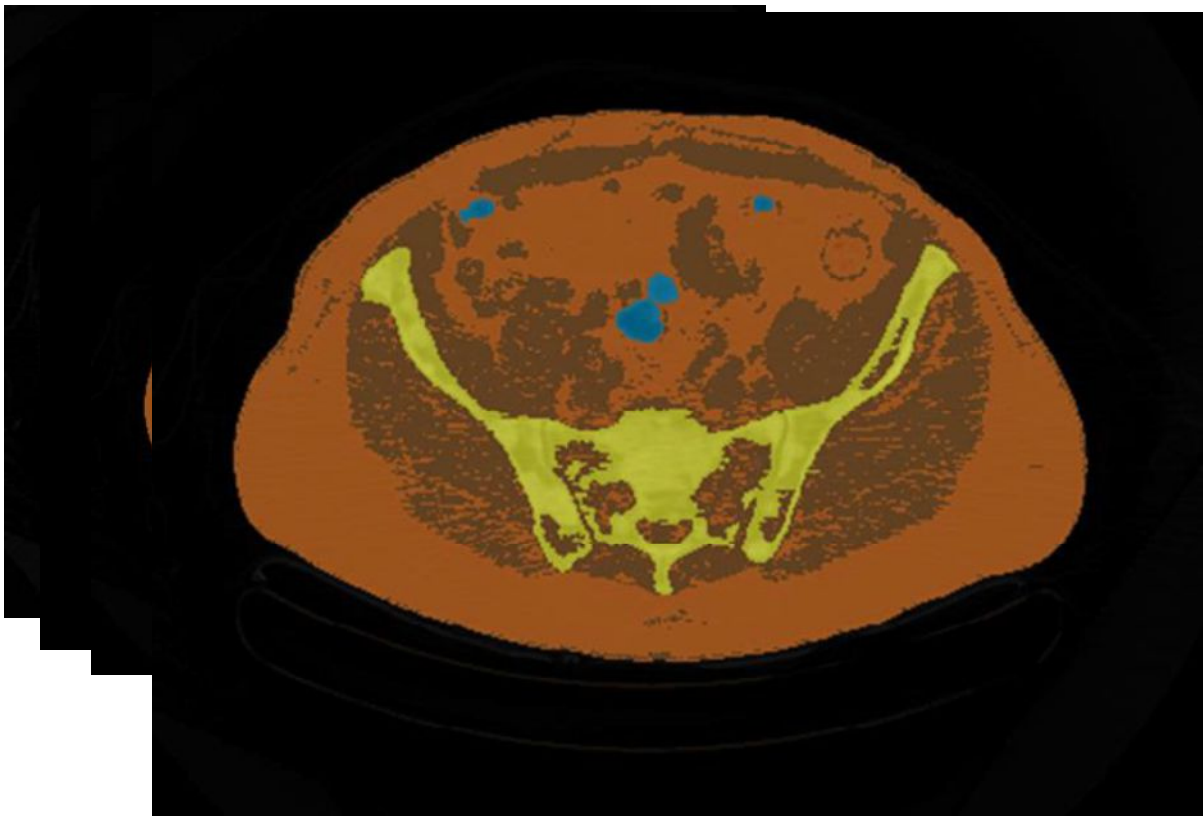
Schématiké znázornění postupu hypertermického plánování léčby (převzato z Paulides a kol. International Journal of Hyperthermia, 2013; 29(4): 346–357)

- Vytvořit pět 3D modelů pacienta pomocí dvou segmentačních nástrojů
- Porovnat tyto nástroje z hlediska rychlosti vytváření digitálních modelů
- Vytvořit plánování hypertermické léčby pomocí dvou optimalizačních postupů pro pět subjektů
- Zaznamenat amplitudy a fáze signálů jednotlivých anténních elementů

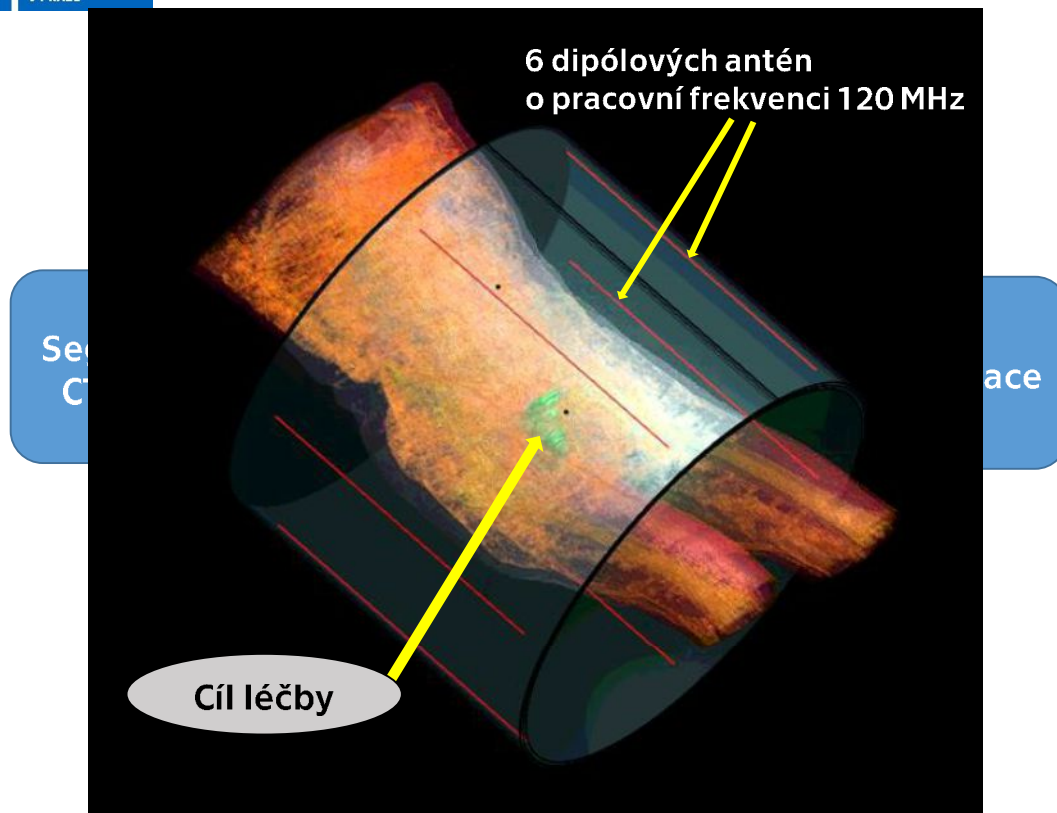
- **Data\***
  - CT snímky pánevní oblasti pěti subjektů
  - formát DICOM
  - 100-130 snímků pro každý subjekt
- Segmentační nástroje iSEG a 3D Slicer
- Simulační a optimalizační programy Sim4Life a VEDO

\*Volně dostupné na The NLM Visible Human Project®. *National Library of Medicine* [online]. 8600 Rockville Pike Bethesda, MD 20894, 1986 [cit.2019-05-04]. Dostupné z: [https://www.nlm.nih.gov/research/visible/visible\\_human.html](https://www.nlm.nih.gov/research/visible/visible_human.html)

Kurdziel a spol. (2015). Data From NaF\_PROSTATE. The Cancer Imaging Archive. <http://doi.org/10.7937/K9/TCIA.2015.ISOQTHKO>, b.r.







### Sim4Life

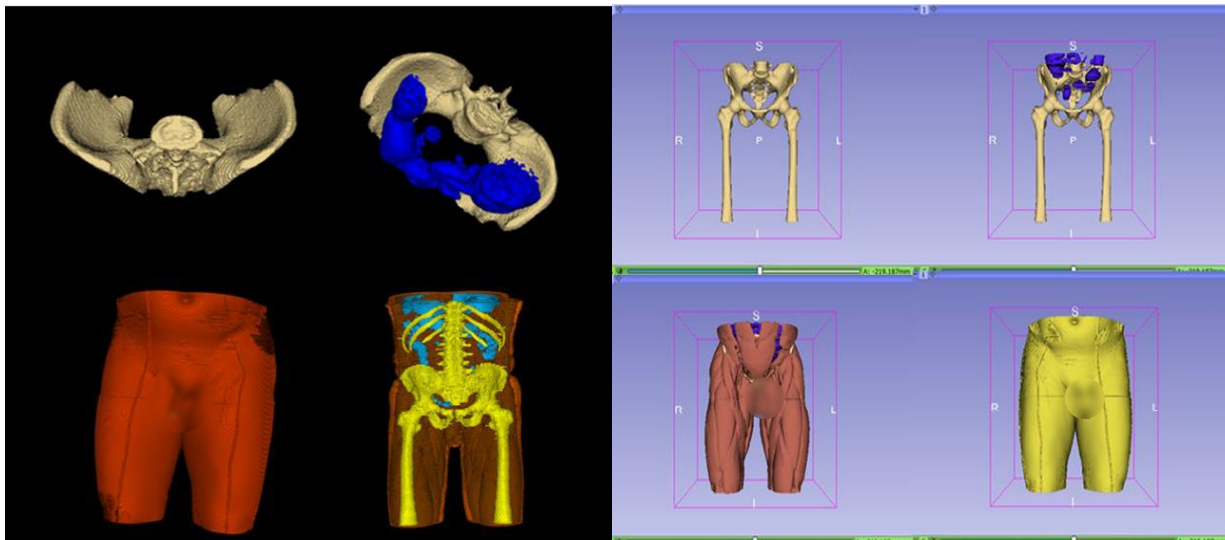
- optimalizace zobecněných čísel (GEO)

### VEDO

- optimalizace částic rojů (PSO)

SAR (W/kg) – výkon absorbovaný na 1 kg tkáně

## Výsledky – 3D modely pánevní oblasti



**iSEG**

**3D Slicer**

## Výsledky – časové náročnosti segmentací

	<b>iSEG</b>	<b>3D Slicer</b>
<b>Průměrná doba potřebná k segmentaci pěti subjektů (min)</b>	<b>32</b>	<b>105</b>

## Výsledky – časové náročnosti segmentací

	iSEG	3D Slicer
<b>Průměrná doba potřebná k segmentaci pěti subjektů (min)</b>	32	105

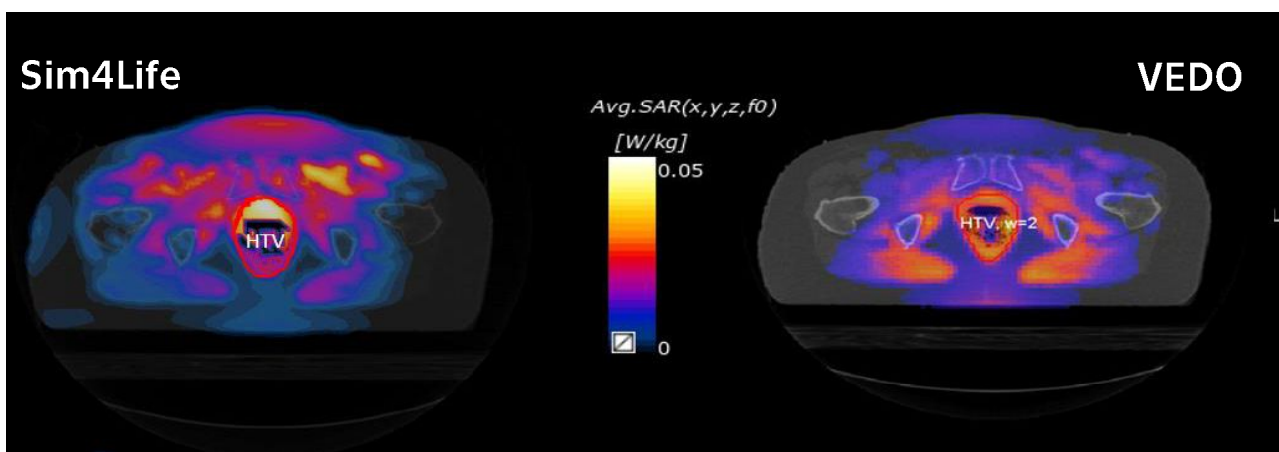
	iSEG	3D Slicer
<b>Doba importu segmentačních projektů do Sim4Life (min)</b>	4	8

## Výsledky – plánování hypertermické léčby pro Subjekt 1

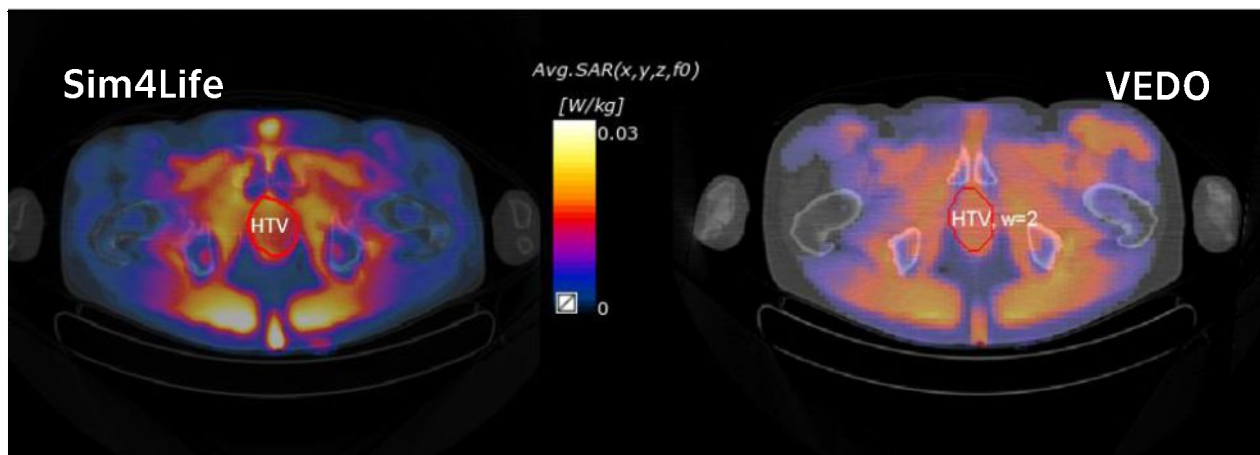
Dipól	Sim4Life		VEDO	
	Výkon [W]	Fáze [°]	Výkon [W]	Fáze [°]
1	0,18	119,1	0,15	0,0
2	0,14	119,4	0,14	-8,0
3	0,30	-175,4	0,23	17,0
4	0,04	158,1	0,13	49,0
5	0,02	139,9	0,12	21,0
6	0,32	180,0	0,23	8,0

## Výsledky – plánování hypertermické léčby pro Subjekt 1

Dípol	Sim4Life		VEDO	
	Výkon [W]	Fáze [°]	Výkon [W]	Fáze [°]
1	0,18	119,1	0,15	0,0
2	0,14	119,4	0,14	-8,0
3	0,30	-175,4	0,23	17,0
4	0,04	158,1	0,13	49,0
5	0,02	139,9	0,12	21,0
6	0,32	180,0	0,23	8,0



## Výsledky – plánování hypertermické léčby pro Subjekt 5



## Výsledky – vyhodnocení efektivity plánování hypertermické léčby

Z hlediska rychlosti jednotlivých optimalizačních postupů

	Sim4Life – optimalizace GE	VEDO – optimalizace PS
Rychlost optimalizace (s)	10	20

## Závěr

- Byla provedena segmentace CT snímků ve dvou segmentačních nástrojích, konkrétně pro (tuk, sval, vzduch a kost)
- Segmentační nástroje porovnány z hlediska rychlosti tvorby 3D modelů pacienta
- Bylo vytvořeno plánování hypertermické léčby pomocí dvou optimalizačních postupů
- Jednotlivé fáze a amplitudy byly zaznamenány

Nástroj iSEG byl vyhodnocen jako výhodnější nástroj pro tvorbu 3D modelů pacienta, kvůli:

- snazší orientaci v uživatelském rozhraní
- disponuje větším množstvím zastoupením automatických funkcí
- rychlejší segmentaci

Rychlejší optimalizačním postupem byla optimalizace zobecnění vlastních čísel (GEO) oproti optimalizaci částicových rojů (PSO)

## 1. Jak je definována hodnota parametru SAR (specifická míra absorpce)?

SAR (Specific Absorption Rate) [W/kg]  
- výkon absorbovaný na 1 kg tkáně

$$SAR = \frac{\sigma}{\rho} \frac{|E(x, y, z)|^2}{2}, \quad (1)$$

kde  $\sigma$  je elektrická vodivost uvažované tkáně. Pokud je možné zanedbat vedení tepla ve studovaném biologickém objektu resp. jeho modelu. [1]

[1] Prof. Ing. Jan Vrba, CSc., Biologické účinky elektromagnetického pole, 2010

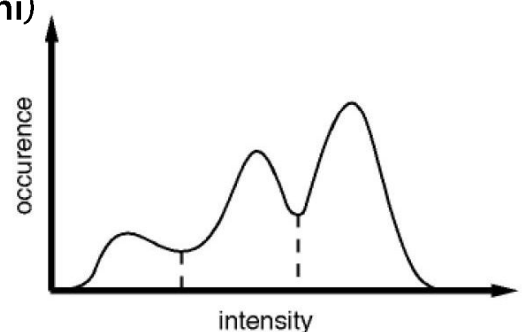
## 2. Jaká metoda segmentace obrazů byla, dle Vašeho názoru, nejefektivnější? Znáte její matematický popis?

a) Podle mého názoru byla nejefektivnější metoda segmentace obrazů metoda **tzv. prahování (thresholding)**

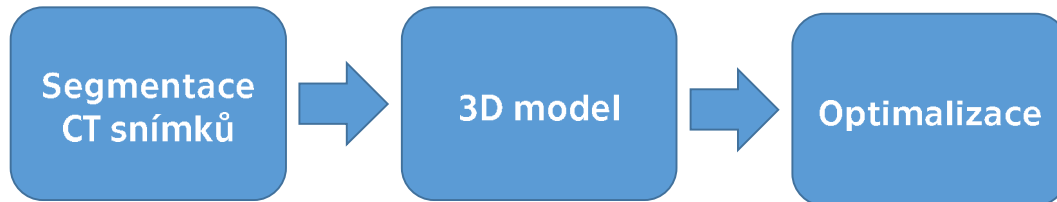
= Tato metoda stanovuje prahovou hodnotu intenzity, na odlišení jednotlivých tříd s různými vlastnostmi a to seskupením všech pixelů s intenzitami většími než prahová hodnota do jedné třídy a všech ostatních pixelů do jiné třídy. [2]

- podmínkou je mít dostatečně rozdílné rozhraní intenzit jednotlivých sousedních tkání (pro účely této práce tkáně sval, tuk, kost a vzduch mají dostatečně rozdílné intenzity na jejich odlišení)
- Určování pomocí histogramu

$$N = \sum_{i=0}^{M-1} H_i, \text{ kde } N \text{ je počet bodů v signálu, } H \text{ je histogram}$$



### 3. Stručně porovnejte časovou náročnost plánování léčby různými postupy? V čem je největší úskalí z hlediska časové náročnosti?



1. iSEG (30 min)
2. 3D Slicer (105 min)

1. Simulace pro 6 dipólových anténních elementů (1 hod)

1. Sim4Life (10 s)
2. VEDO (20 s)

### PSO a GEO [3]

#### **GEO**

= optimalizace probíhá úpravou vlastních čísel pro vlastnosti vyjádřené vlastními vektory

= **založena na jedné iteraci složené z několika jednoduchých operací**

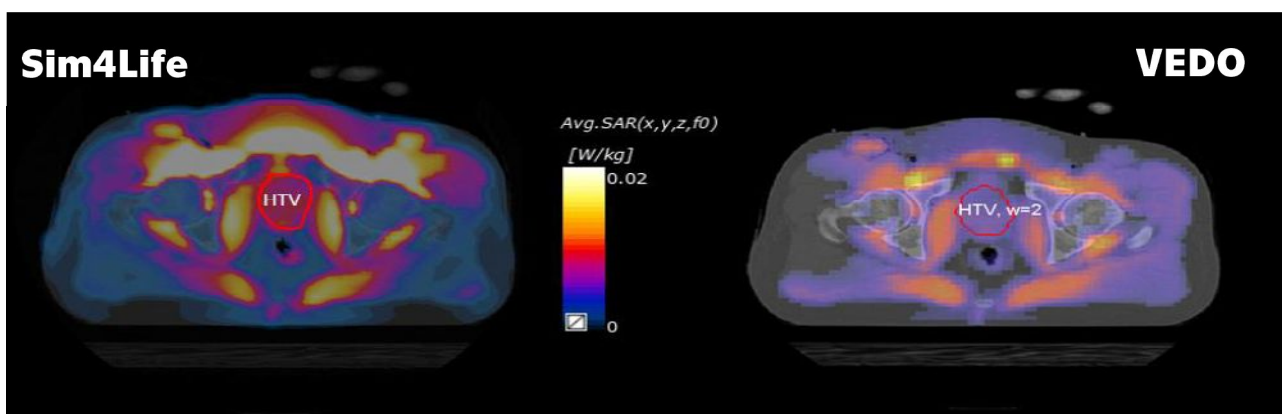
#### **PSO**

= tento algoritmus pracuje s celou generací, tj. se všemi částicemi přítomnými v jeden okamžik, za vzniku nových generací, které vznikly z transformace starých generací pomocí tří parametrů, a to účelovosti částice (particle fitness), účelovosti roje (swarm fitness) a rychlosti částice (particle velocity)

= **je založena na více iteracích (časově náročnější)**

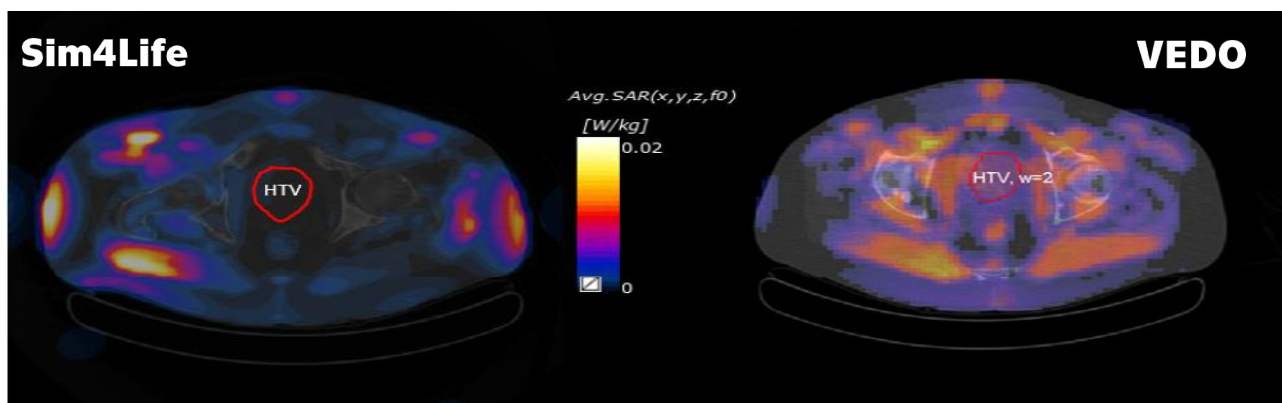
## Výsledky – plánování hypertermické léčby pro Subjekt 2

Dipól	Sim4Life		VEDO	
	Výkon [W]	Fáze [°]	Výkon [W]	Fáze [°]
1	0,12	174,0	0,08	0,0
2	0,13	176,2	0,16	38,0
3	0,12	-166,1	0,32	33,0
4	0,27	149,4	0,11	5,0
5	0,27	136,5	0,16	20,0
6	0,09	180,0	0,17	2,0



## Výsledky – plánování hypertermické léčby pro Subjekt 3

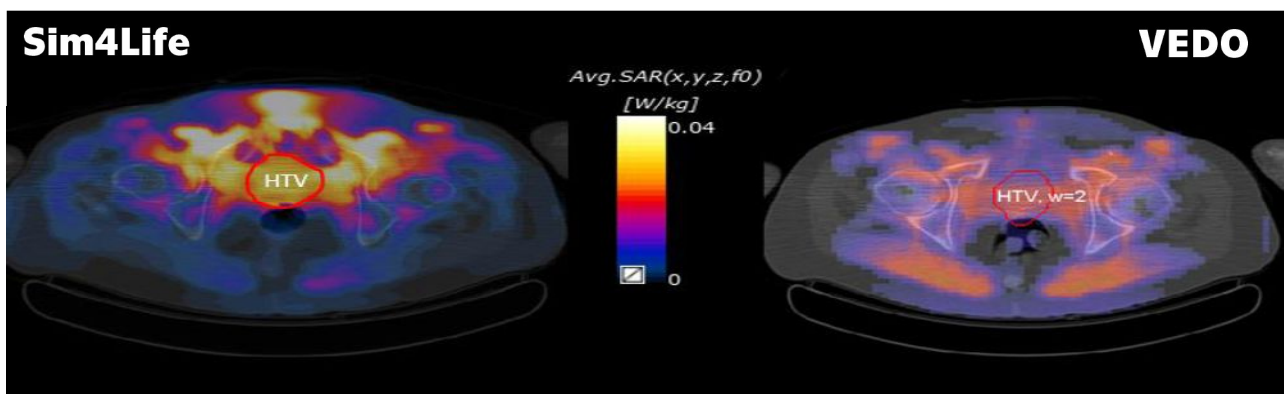
Dipól	Sim4Life		VEDO	
	Výkon [W]	Fáze [°]	Výkon [W]	Fáze [°]
1	2,38	-33,0	0,15	0,0
2	67,56	177,1	0,14	0,0
3	108,00	0,9	0,30	-4,0
4	18,27	173,7	0,08	-31,0
5	6,36	-166,4	0,06	-24,0
6	797,40	0,0	0,27	-11,0





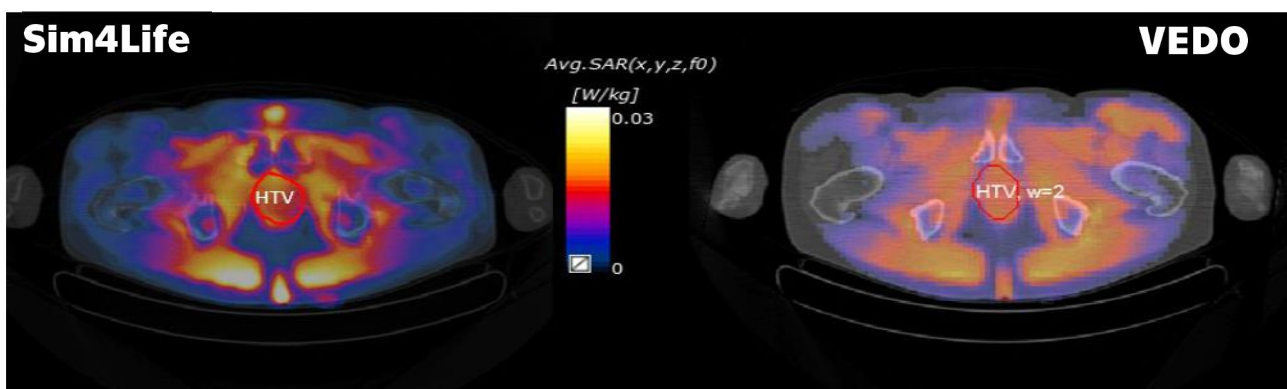
## Výsledky – plánování hypertermické léčby pro Subjekt 4

Dlpól	Sim4Life		VEDO	
	Výkon [W]	Fáze [°]	Výkon [W]	Fáze [°]
1	0,10	165,5	0,20	0,0
2	0,11	159,8	0,16	-10,0
3	0,10	-174,6	0,19	-65,0
4	0,26	129,3	0,17	-21,0
5	0,31	120,9	0,08	-35,0
6	0,12	180,0	0,20	-65,0



## Výsledky – plánování hypertermické léčby pro Subjekt 5

Dlpól	Sim4Life		VEDO	
	Výkon [W]	Fáze [°]	Výkon [W]	Fáze [°]
1	0,17	157,7	0,11	0,0
2	0,16	154,7	0,15	6,0
3	0,13	-176,9	0,13	7,0
4	0,20	129,7	0,23	10,0
5	0,20	128,7	0,27	-14,0
6	0,13	180,0	0,11	-30,0



# REDUKCE DIMENZE EEG PROSTORU JAKO ZÁKLAD DATAMININGU

Natálie Brožová

FBMI ČVUT v Praze, Sítná 3105, 272 01 Kladno

## **Abstrakt**

Elektroencefalografie (EEG) je funkční vyšetření mozku. Pro zpracování EEG signálu dnes bývá hojně využívána automatizace výpočetní techniky, která výrazně ulehčuje rozbor velkého objemu dat. Cílem této studie je otestovat nelineární metodu redukce dimenze, pomoci určit vhodná kritéria pro popis EEG záznamu na základě skryté vnitřní struktury dat a porovnat výsledky s použitím lineární metody redukce dimenze.

EEG záznam je segmentován a na jednotlivých segmentech je provedena analýza nezávislých komponent (ICA). Vzniklé nezávislé komponenty jsou popisovány kritérii a takto vzniklý prostor je následně redukován nelineární metodou t-disturbed Stochastic Neighbor Embedding (t-SNE) a lineární metodou – analýzou hlavních komponent (PCA). Klasifikační metodou DBSCAN je zhodnoceno, zda data popsaná těmito kritérii lze dělit do tříd popisující specifickou EEG aktivitu, šum či artefakty.

Metoda PCA oddělila alfa aktivitu, beta aktivitu a oční artefakty u zdravých jedinců, u epileptických pacientů oddělila pouze komponenty reprezentující oční artefakty. t-SNE se jeví jako vhodnější pro analýzu dat pacientů s podezřením na epilepsii, u kterých byla oddělena epileptická aktivita a oční artefakty. Nelineární metoda se tedy prokázala jako vhodnější pro redukci dimenze EEG prostoru, ve kterém je více zastoupena nefyziologická aktivita. Jako vhodná kritéria pro popis různých EEG aktivit se jeví dominantní spektrální vrchol a vážený průměr frekvencí spektrální výkonové hustoty. Autokorelace se jeví jako vhodný příznak pro popsání očních artefaktů.

## **Klíčová slova**

*EEG, redukce dimenze, ICA, PCA, DBSCAN*

# Redukce dimenze EEG prostoru jako základ dataminingu

Fakulta biomedicínského inženýrství, katedra  
biomedicínské techniky

Natálie Brožová

Červen 2019

## Redukce dimenze EEG prostoru jako základ dataminingu

- EEG – vysoký objem dat, šum, artefakty.
- Metody redukce dimenze – získání dimenzí s nejvíce užitečnými informacemi, inspekce skrytých struktur.
- Kritéria – popis vlastností EEG signálu.

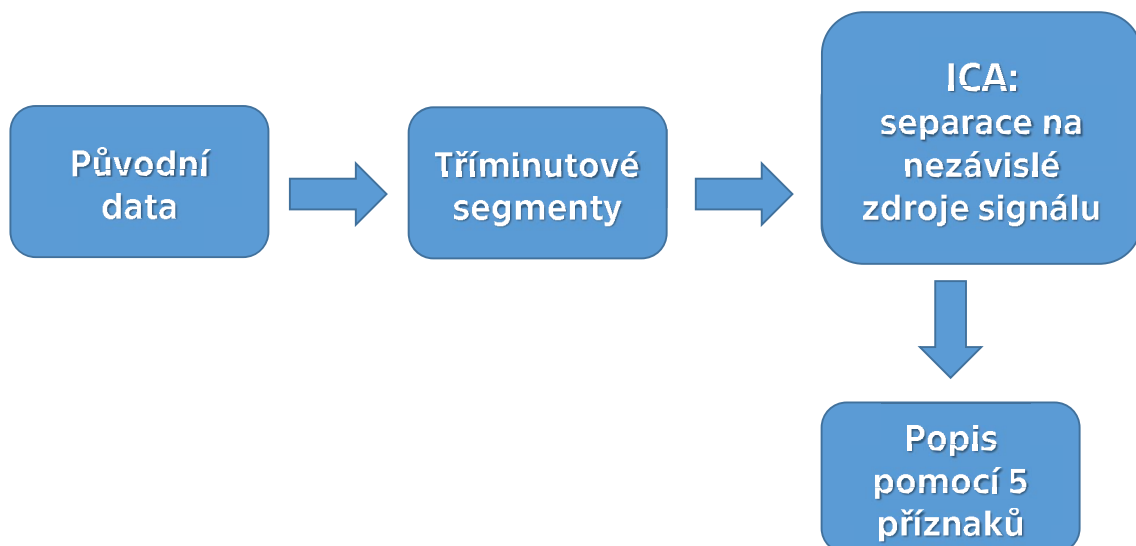
## Cíle práce

- Snížení dimenze datové sady – nelineární a lineární metody redukce dimenze.
- Ověření pěti kritérií, zda separují vzniklý 2D prostor a zda jsou vhodná pro popis EEG záznamu.
- Porovnat výsledky lineární a nelineární metody.

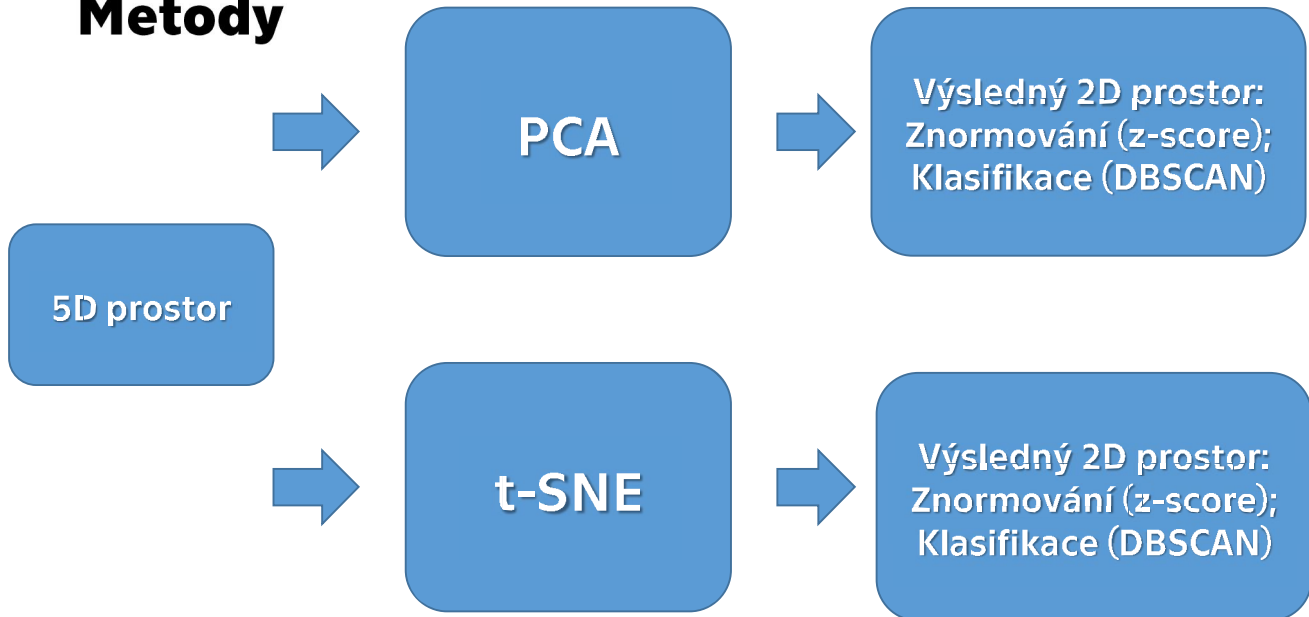
Zkoumat vztahy mezi skrytými strukturami EEG signálu a tím napomoci k pochopení a efektivnějšímu zpracování EEG záznamů.

## Metody

- Šest pacientů trpících epilepsií, deset pacientů v kontrolní skupině – 19kanálové záznamy, každá skupina analyzována zvlášť.

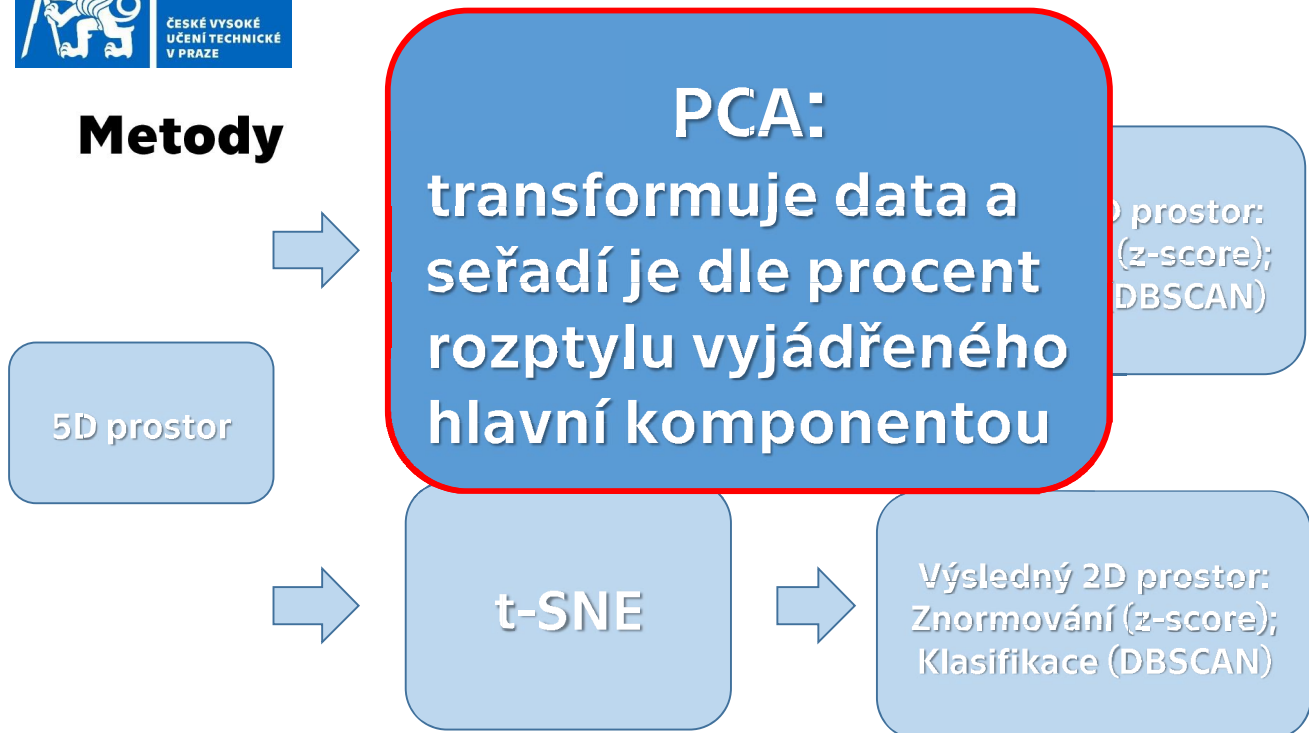


## Metody



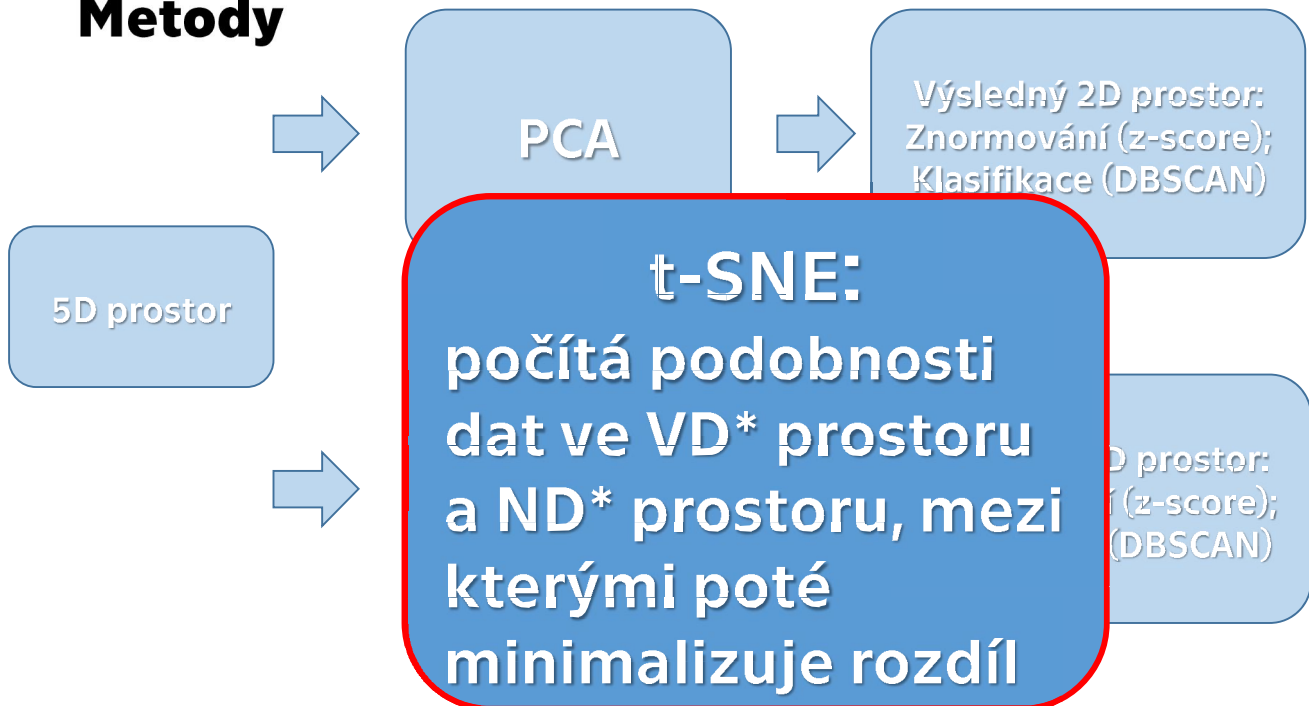
\*VD = vysokodimenzionální; ND = nízkodimenzionální

## Metody



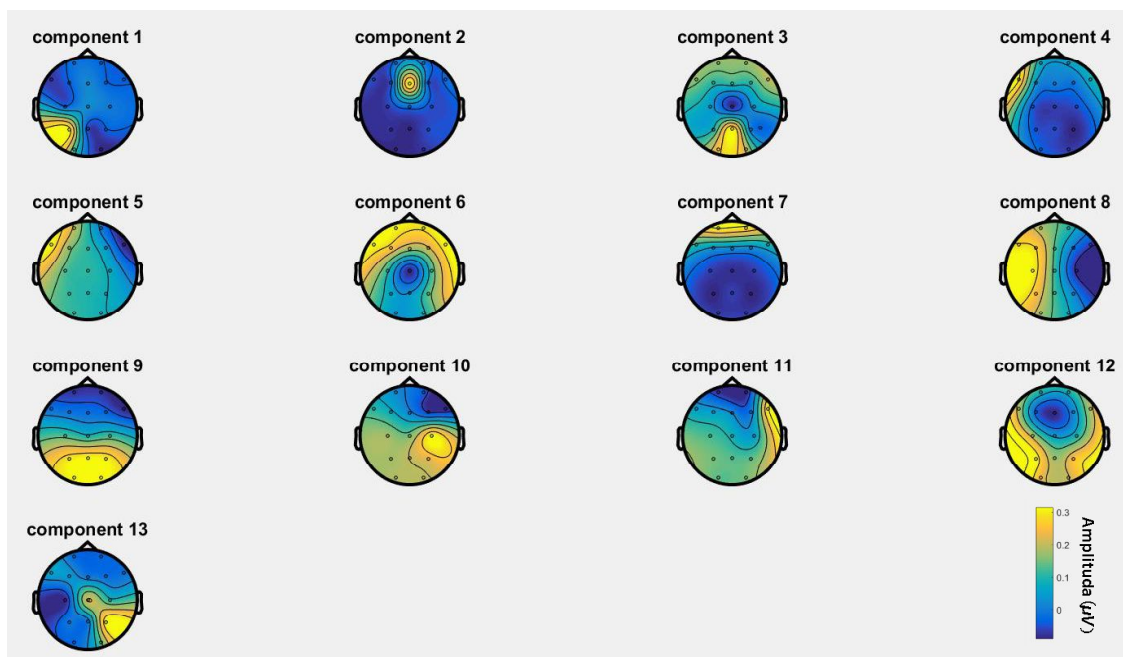
\*VD = vysokodimenzionální; ND = nízkodimenzionální

## Metody



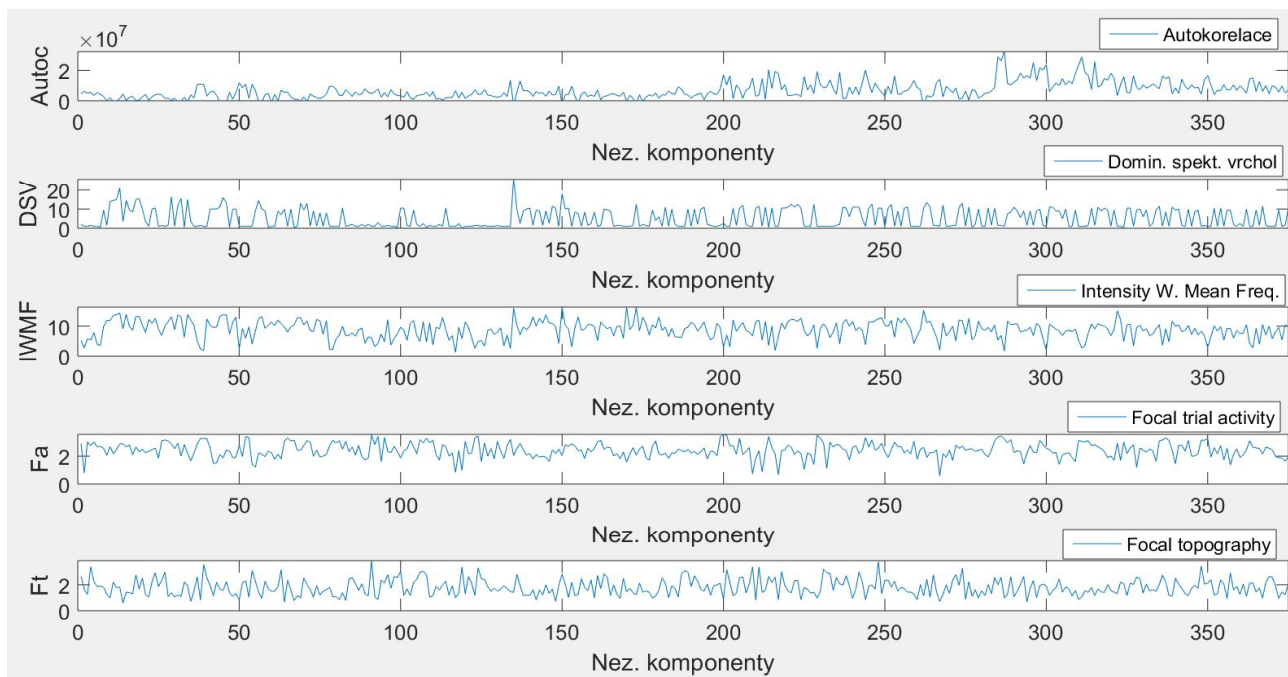
\*VD = vysokodimenzionální; ND = nízkodimenzionální

## Výsledky – nezávislé komponenty (IC)



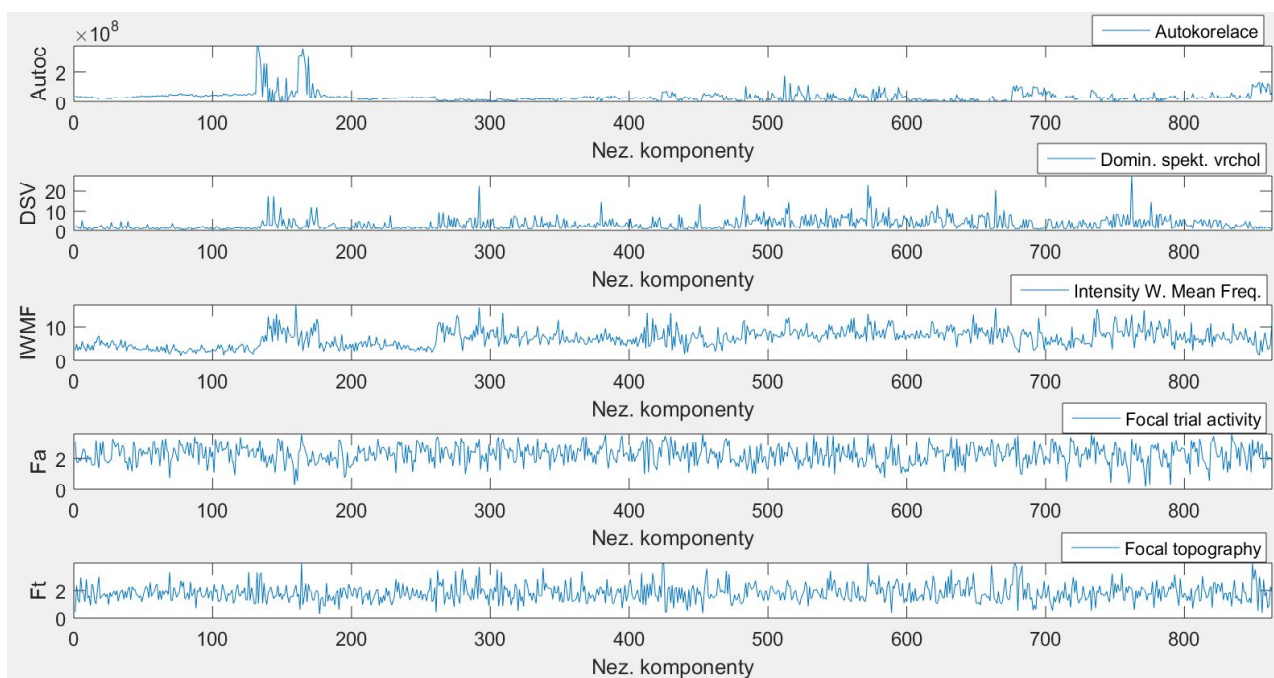
Topografické mapy – nezávislé komponenty, kontrolní skupina.

## Výsledky – kritéria popisující IC



Kritéria spočtená na IC – kontrolní skupina.

## Výsledky – kritéria popisující IC

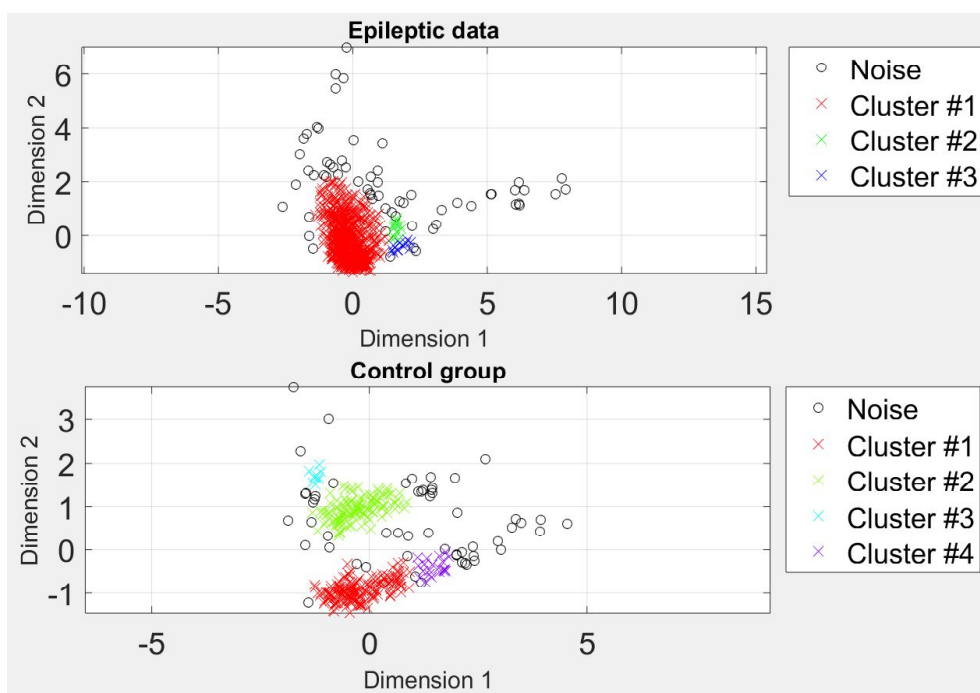


Kritéria spočtená na IC – epileptičtí pacienti.

## Výsledky – analýza hlavních komponent prostoru 5 kritérií

	Kontrolní skupina	Epileptické záznamy
Komponenta (-)	Procenta celkového rozptylu vyjádřeného komponentou (%)	Procenta celkového rozptylu vyjádřeného komponentou (%)
1.	100,00	100,00
2.	6,52	5,37
3.	3,74	3,70
4.	2,87	3,19
5.	2,15	2,27

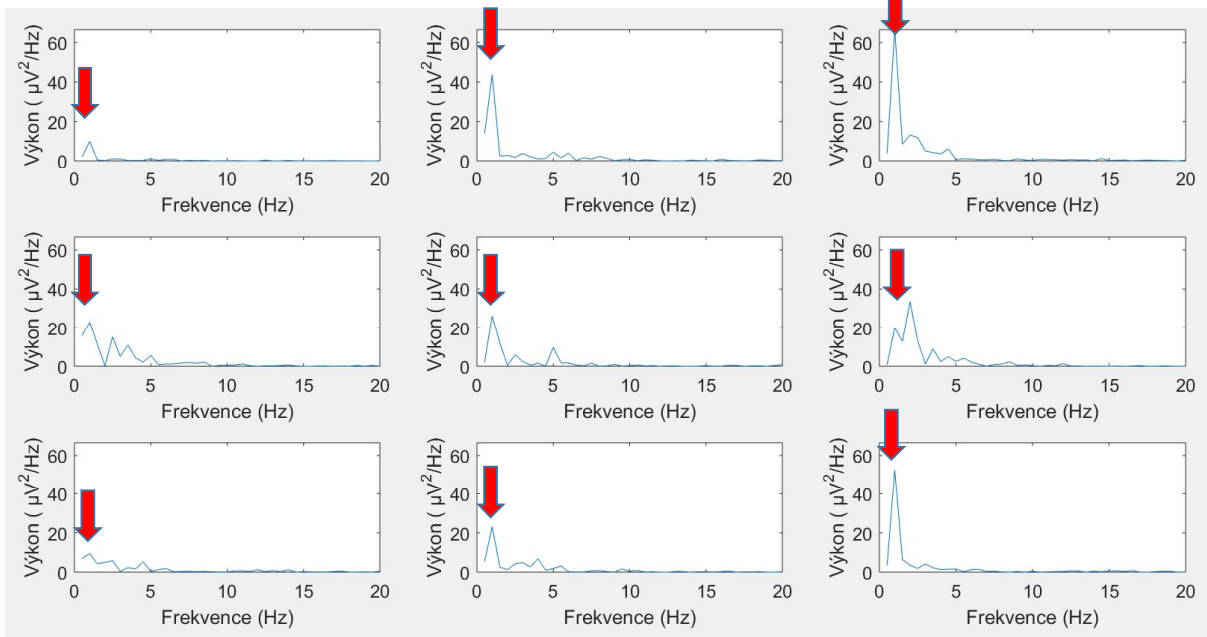
## Výsledky – PCA – klasifikace DBSCAN



Redukované 2D prostory (PCA) klasifikovány metodou DBSCAN.

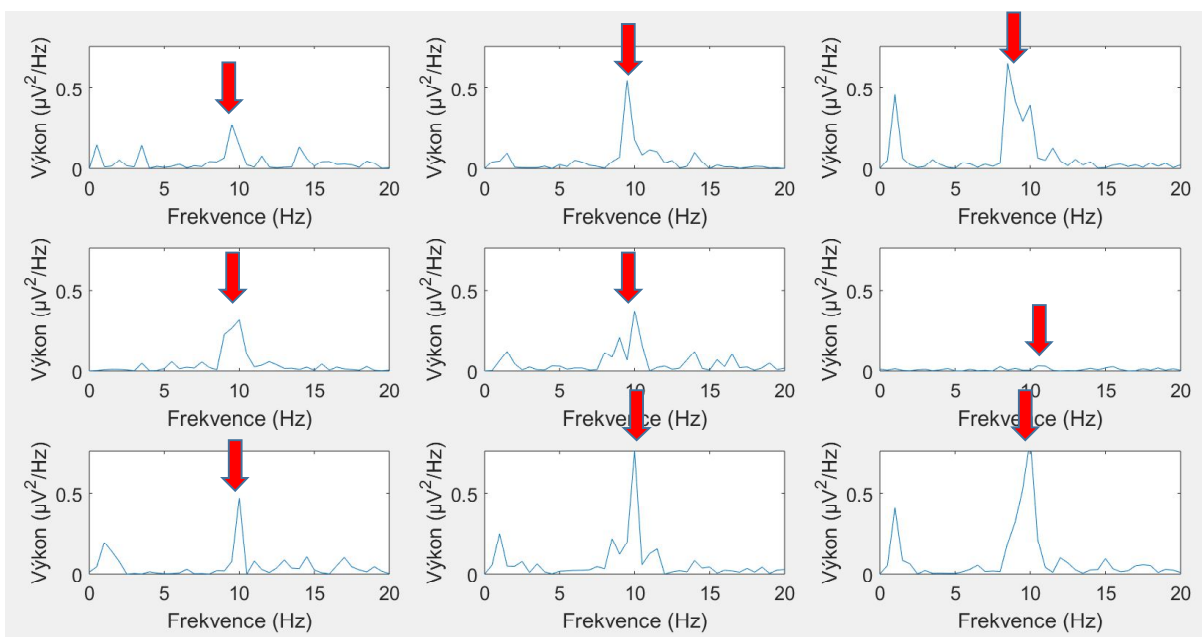


## Výsledky – PCA, třetí shluk, nemocní jedinci



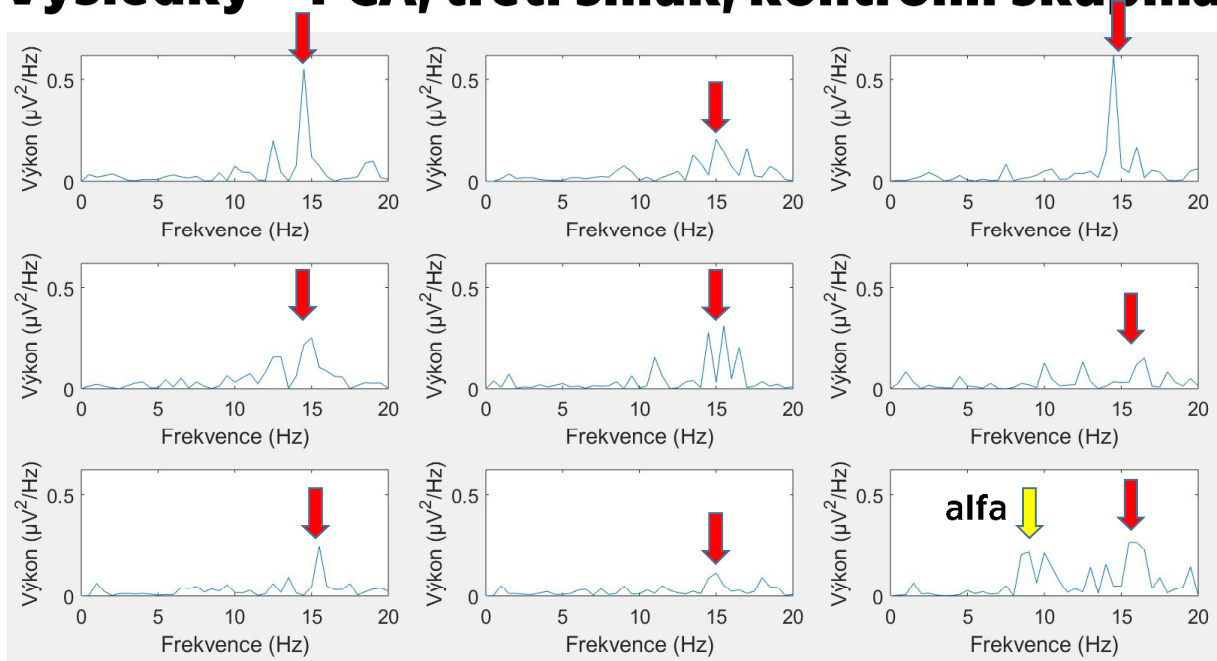
Frekvenční spektrum 3. shluku klasifikovaného metodou DBSCAN – nemocní jedinci – oční artefakty

## Výsledky – PCA, druhý shluk, kontrolní skupina



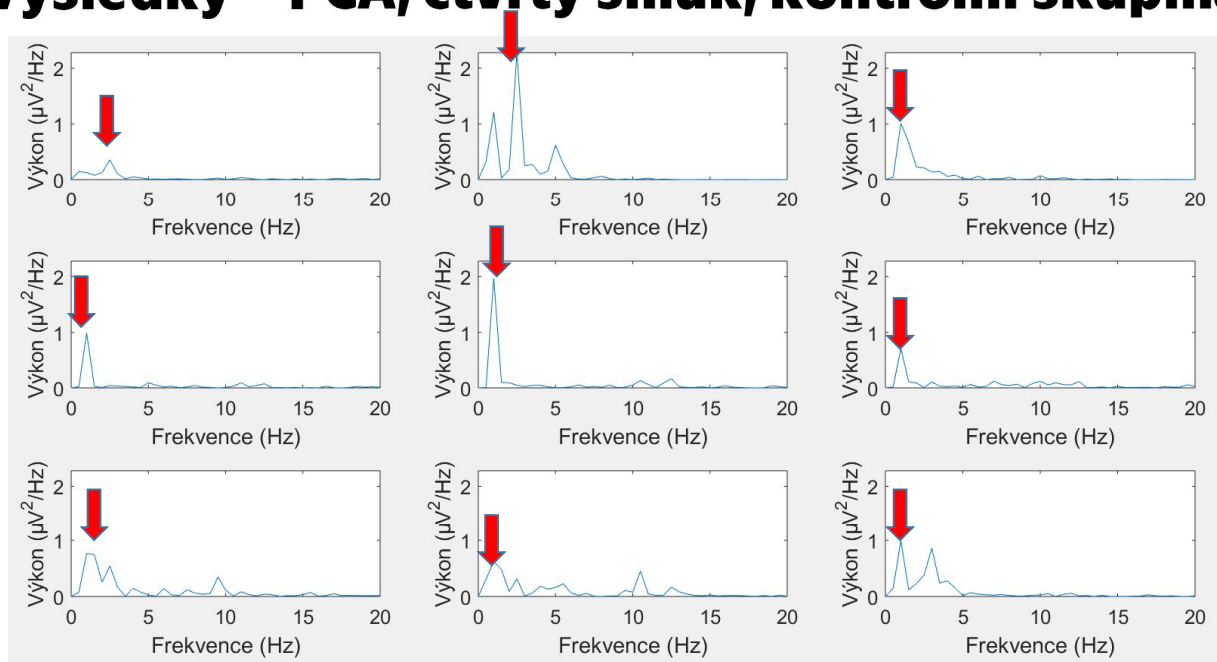
Frekvenční spektrum 2. shluku klasifikovaného metodou DBSCAN – kontrolní skupina – alfa aktivita

## Výsledky – PCA, třetí shluk, kontrolní skupina



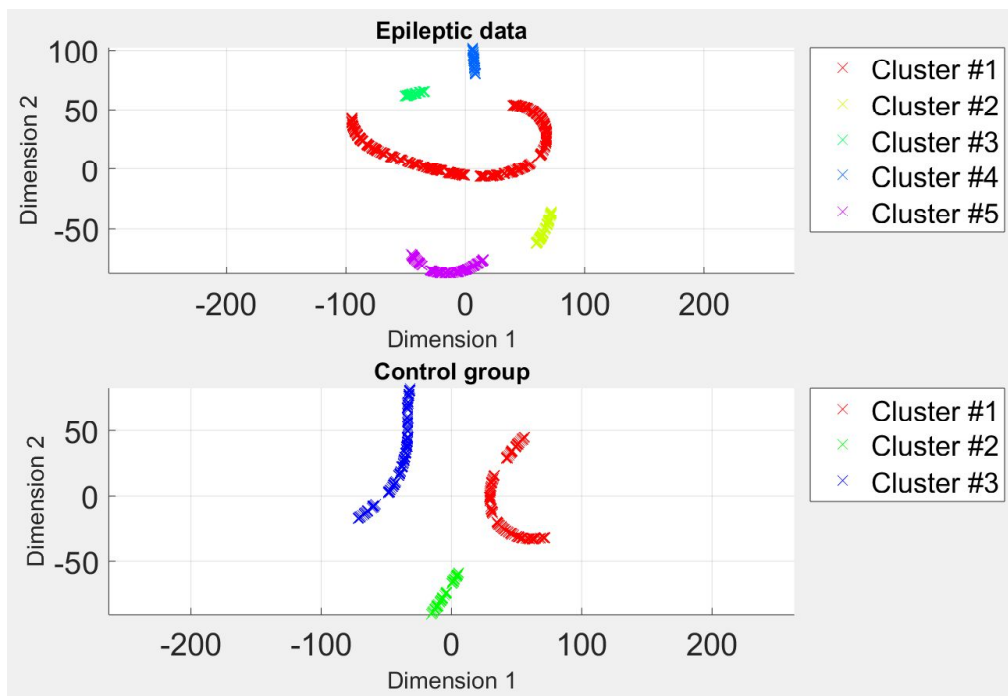
Frekvenční spektrum 3. shluku klasifikovaného metodou DBSCAN – kontrolní skupina – beta aktivita

## Výsledky – PCA, čtvrtý shluk, kontrolní skupina



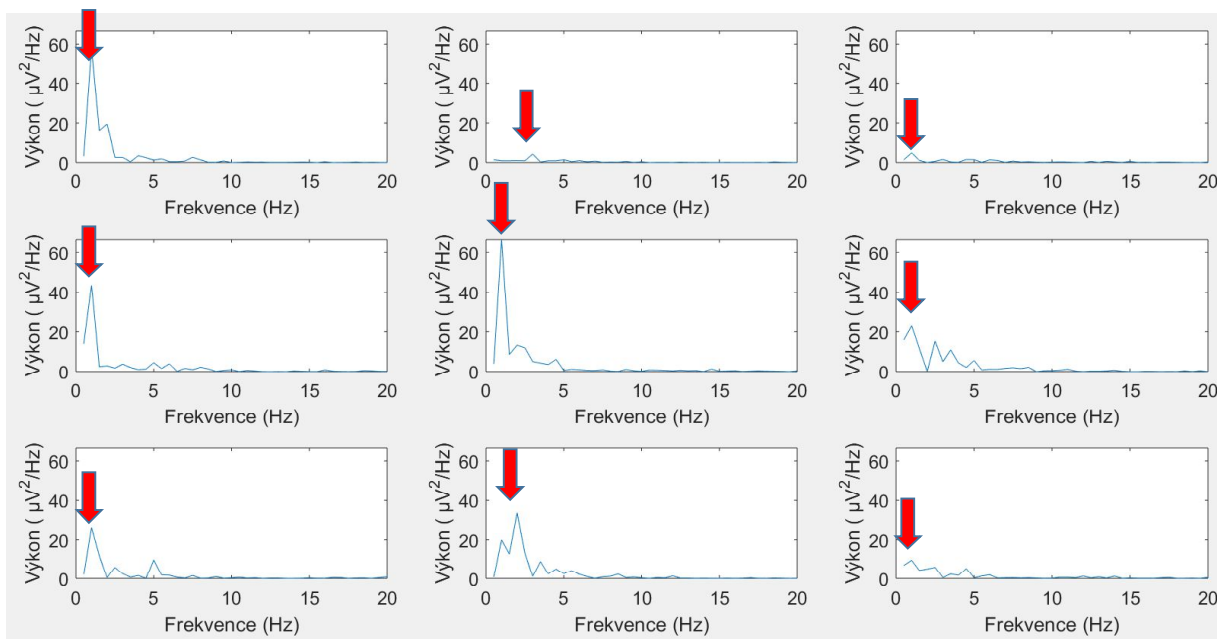
Frekvenční spektrum 4. shluku klasifikovaného metodou DBSCAN – kontrolní skupina – oční artefakty

## Výsledky – t-SNE - klasifikace DBSCAN



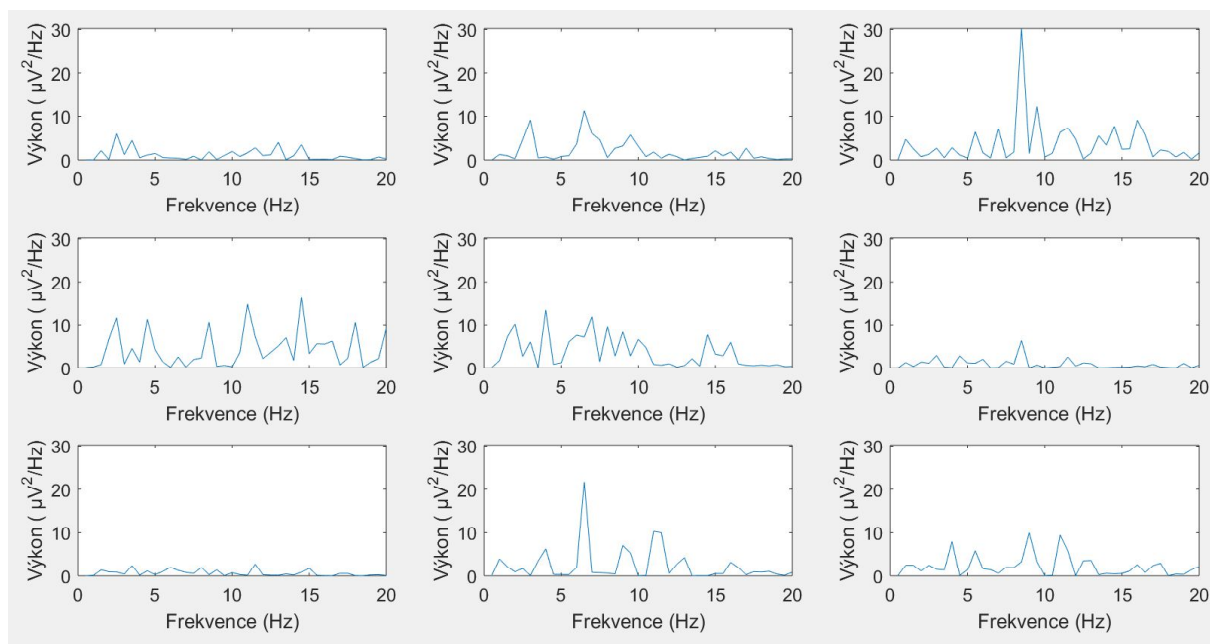
Redukované 2D prostory (t-SNE) klasifikovány metodou DBSCAN.

## Výsledky – t-SNE, třetí shluk, nemocní jedinci



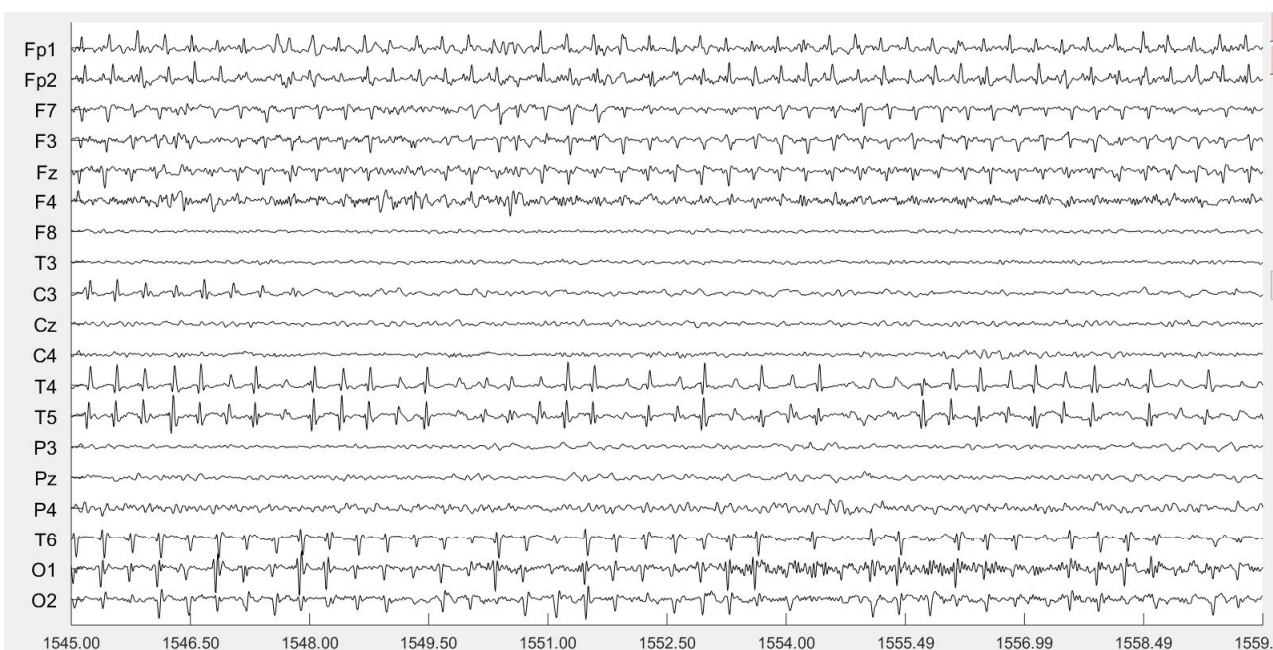
Frekvenční spektrum 3. shluku klasifikovaného metodou DBSCAN – nemocní jedinci – oční artefakty

## Výsledky – t-SNE, čtvrtý shluk, nemocní jedinci



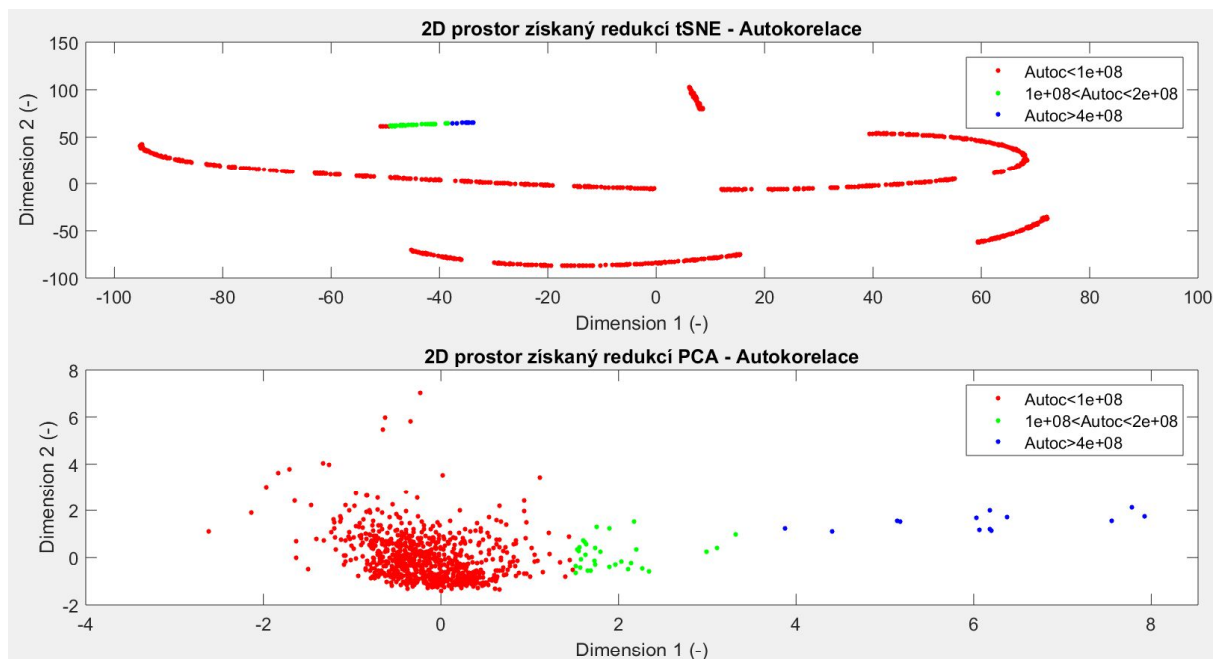
Frekvenční spektrum 4. shluku klasifikovaného metodou DBSCAN – nemocní jedinci– epileptická aktivita

## Výsledky – t-SNE, čtvrtý shluk, nemocní jedinci



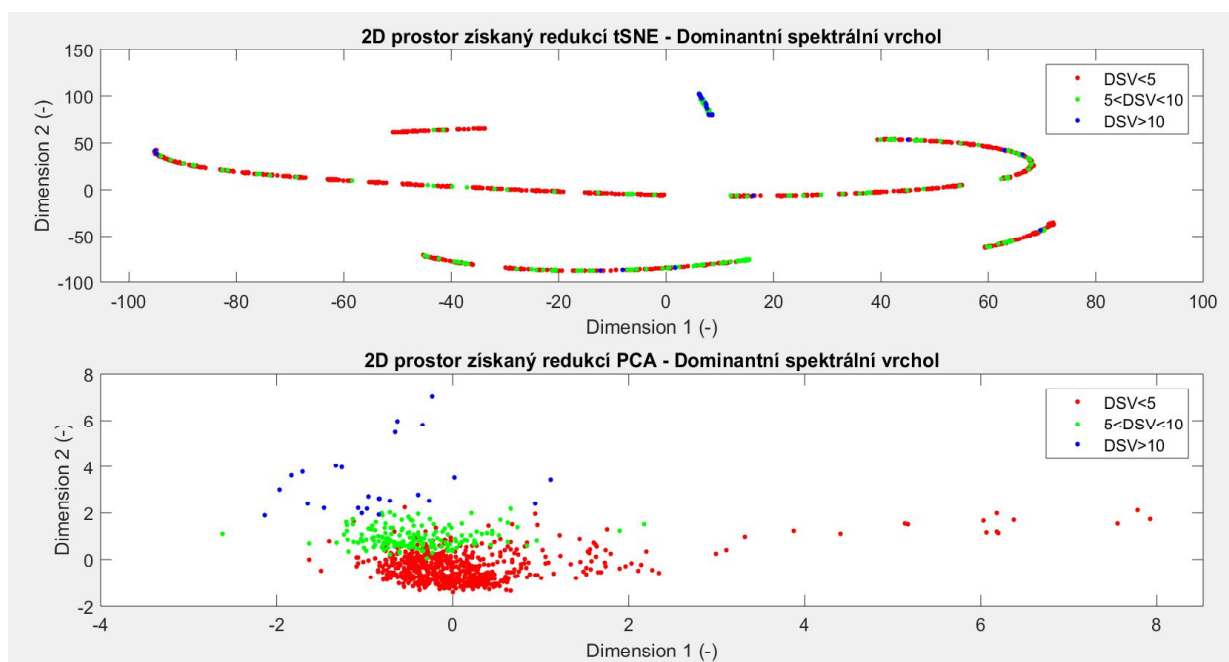
Časový průběh 4. shluku klasifikovaného metodou DBSCAN – nemocní jedinci– epileptická aktivita

## Výsledky – kritérium autokorelace



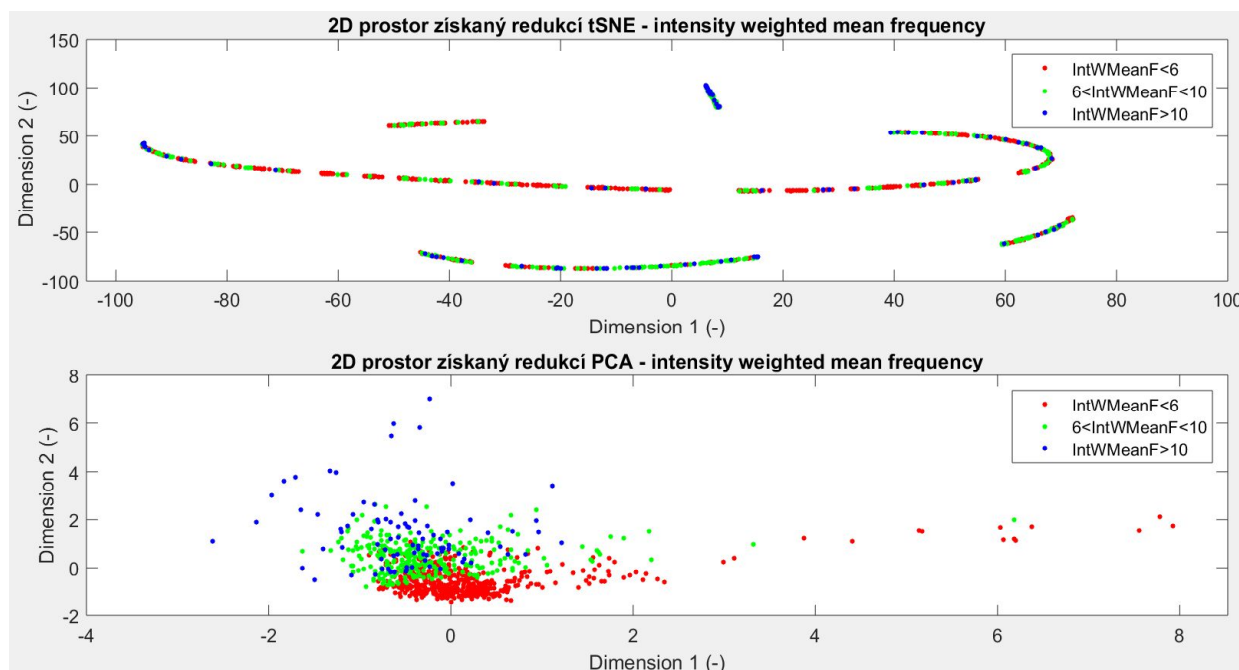
Kritérium autokorelace zobrazeno v redukovaných prostorech – epileptičtí pacienti

## Výsledky – kritérium DSV



Kritérium DSV zobrazeno v redukovaných prostorech – epileptičtí pacienti

## Výsledky – kritérium IWMF



**Kritérium IWMF zobrazeno v redukovaných prostorech – epileptičtí pacienti**

## Závěr

- Snížení dimenze datové sady
  - PCA – lepší pro analýzu kontrol (větší rozptyl kritérií) – oční artefakty, alfa a beta aktivitu u kontrolní skupiny.
  - t-SNE – lepší pro analýzu epileptických pacientů – oční artefakty, epileptická aktivita.
- Příznaky vhodné pro popis různých EEG aktivit:
  - Autokorelace (oční artefakty), IWMF a DSV.

**Práce byla publikována v rámci konference Poster 2019.**

BROŽOVÁ, Natálie a Marek PIORECKÝ. ICA decomposition as a basis for finding hidden EEG structures by dimension reduction methods. *PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL STUDENT SCIENTIFIC CONFERENCE POSTER – 23/2019*. 2019, **23**(1), 1 - 4.

**Nelineární metoda se prokázala vhodnější pro redukci dimenze EEG prostoru, ve kterém je více zastoupena nefyziologická aktivita.**

Diskutujte prosím, jaký **klinický význam** by mohly mít výstupy v podobě **redukováných prostorů pomocí t-SNE** (viz obr. 4.32 až 4.39). Ne nutně jen u epileptických záznamů, ale u EEG signálů obecně.

- Existuje velký počet příznaků pro popis EEG – vícedimenzionální prostor – t-SNE může pomoci separovat užitečné příznaky pro následnou detekci vybrané nefyziologické aktivity.
- V transformovaném prostoru pomocí t-SNE se mohou do společné blízkosti dostat segmenty, které se v původním prostoru nacházejí ve velké vzdálenosti. Algoritmy tak mohou tvořit třídy obsahující jiné body.
- Na obrázcích lze pozorovat, že autokorelace, DSV a IWFM výrazně ovlivňují daný 2D prostor a jsou schopny popsat signály EEG.

## Analýza nezávislých komponent

- Změřený signál  $x(t)$ .
- Neznámé zdroje  $s(t)$ .
- Odhady neznámých zdrojů  $\hat{s}(t)$ .
- „Oddělovací“ matice  $W$ .

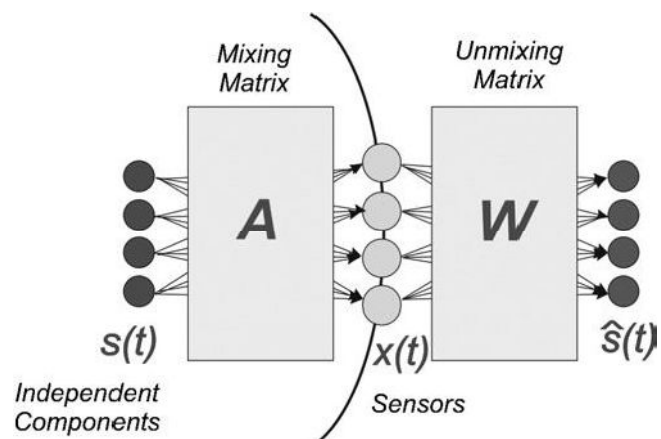
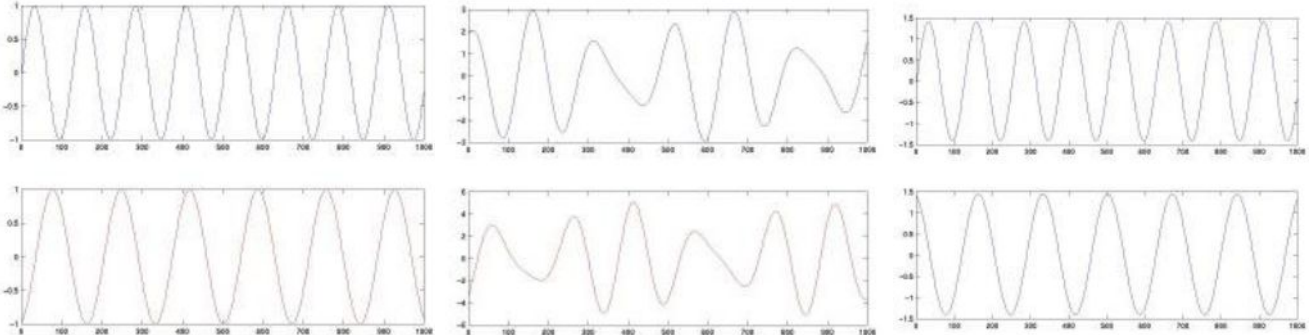


Schéma ICA metody [1]

## Analýza nezávislých komponent [2]



a) Dva nezávislé zdroje.

b) Lineární kombinace těchto zdrojů (naměřený signál).

c) Odhad nezávislých zdrojů – výstup ICA.

## Kritéria

- Vážený průměr frekvencí spektrální výkonové hustoty
- Dominantní frekvence
  - Frekvence odpovídající nejvyššímu vrcholu v celém spektru.
- Autokorelace
  - Typicky vysoké hodnoty pro komponenty odrážející aktivitu mozku.
- Focal topography
  - Komponenty odrážející aktivitu mozku často ovlivňují více elektrod, prostorové ohnisko.
- Focal trial activity
  - Z-score rozsahu nezávislých komponent, vysoké hodnoty pro artefakty s vysokou amplitudou objevující se výjimečně.



## Analýza hlavních komponent

- Projekce dat do redukovaného prostoru definovaného ortogonálními hlavními komponentami.
- Hlavní komponenty (PC) – lineární kombinace ortogonálních dat, seřazené dle velikosti rozptylu.
- Dle výběru PC lze snížit dimenzi dat a zachovat co nejvyšší odchylku v množině dat.

## t-distributed stochastic neighbour embedding

- Spočte pravděpodobnost vzdálenosti všech bodů ve vysokodimenzionálním prostoru – podmíněná pravděpodobnost:

$$p_{i|j} = \frac{e^{-d(x_i, x_j)^2 / 2\sigma_i^2}}{\sum_{k \neq i} e^{-d(x_i, x_k)^2 / 2\sigma_k^2}}$$

- Náhodně promítně body do nízkodimenzionálního prostoru a spočte pravděpodobnost vzdálenosti zde.
- Dále minimalizuje rozdíl mezi danými maticemi podmíněných pravděpodobností.

## DBSCAN

- Hustotně založená metoda klasifikace.
- Rozlišuje husté shluky dat a oblasti s nízkou hustotou.
- Vstupní parametry – poloměr a minimální počet bodů v okolí.
- Nezasadáváme počet výsledných shluků.
- Body lze rozdělit na: středový, okrajový, šumový.

## Reference

[1] JAMES, Christopher J a Christian W HESSE. Independent component analysis for biomedical signals. *Physiological Measurement*. 2004, **26**(1), 15 - 39.

[2] Independent Component Analysis for dummies. ARNAUD DELORME [online]. [cit. 2018-11-02]. Dostupné z: [http://arnauddelorme.com/ica\\_for\\_dummies/](http://arnauddelorme.com/ica_for_dummies/)

## WORKSHOP BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ A INFORMATIKY 2019

© České vysoké učení technické v Praze  
ISBN: 978-80-01-06569-3