

# NOVÉ TRENDY V ZOBRAZOVACÍCH METODÁCH V LÉKAŘSTVÍ

## Mikrovlnná detekce a klasifikaci CMP

Doc. Dr.-Ing. Jan Vrba, M.Sc.

Katedra biomedicínské techniky  
Fakulta biomedicínského inženýrství  
České vysoké učení technické v Praze



V celém dokumentu platí, že pokud není uvedena u obrázku reference, jedná se o autorské dílo.



EVROPSKÁ UNIE  
Evropské strukturální a investiční fondy  
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



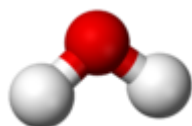
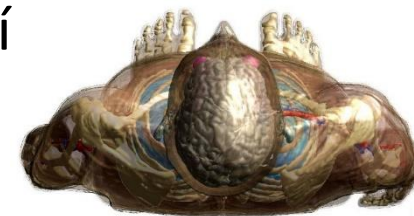
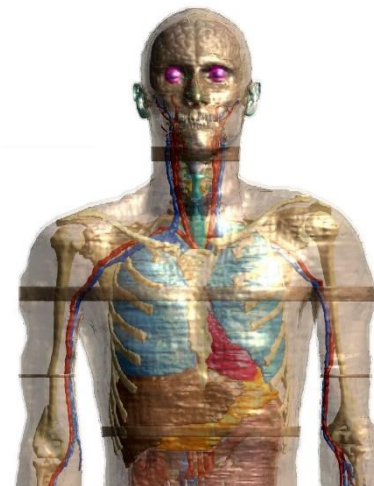
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Toto dílo podléhá licenci:

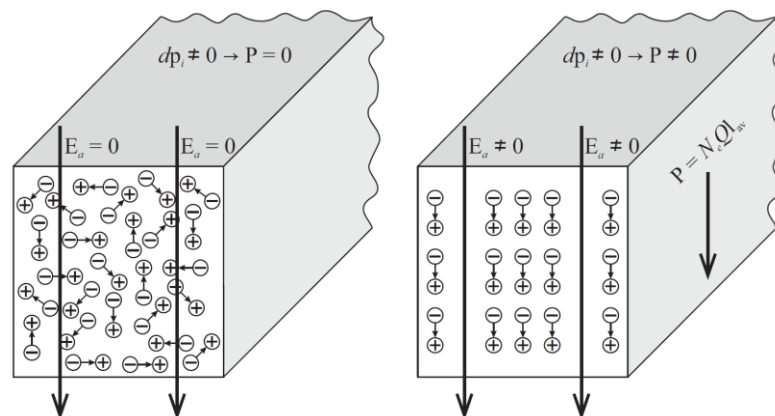
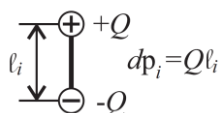


# Princip mikrovlnné lékařské diagnostiky

- Různé biologické tkáně vykazují odlišné elektrické parametry: permitivitu a vodivost
- Zároveň patologická tkáň má zpravidla odlišné elektrické parametry od tkáně zdravé
- Možnost provádět anatomické/funkční zobrazování



<https://en.wikipedia.org/wiki/Water>



Převzal a upravil z C. A. Balanis, Advanced Engineering Electromagnetics, Wiley, 1989.

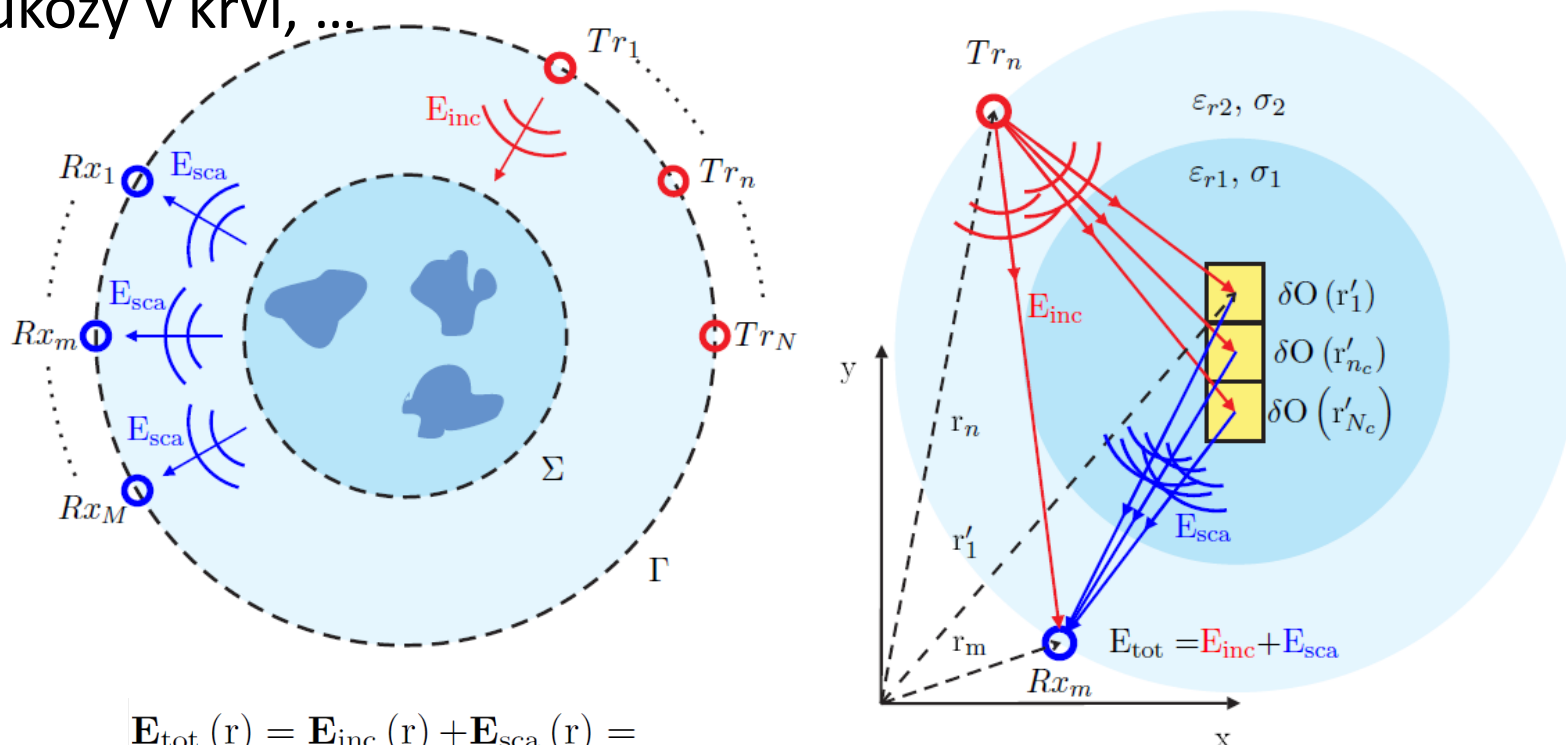


EVROPSKÁ UNIE  
Evropské strukturální a investiční fondy  
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MSMT  
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

# Mikrovlnná diagnostika

- V současné době se rychle rozvíjí v oblasti včasné diagnostiky rakoviny prsu a detekce a klasifikace/zobrazování cévních mozkových příhod, neinvazivní monitorování koncentrace glukózy v krvi, ...

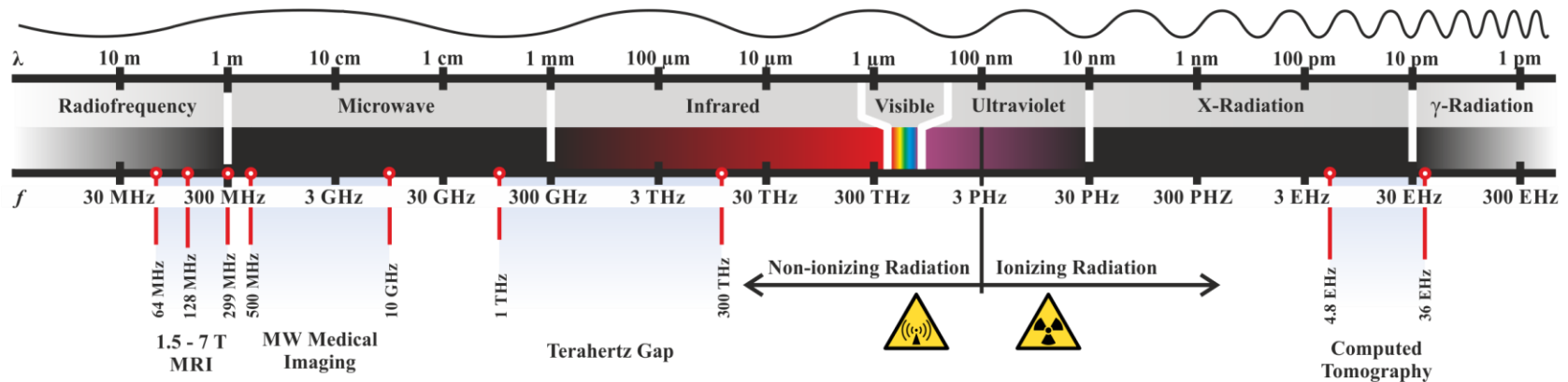


$$\mathbf{E}_{\text{tot}}(\mathbf{r}) = \mathbf{E}_{\text{inc}}(\mathbf{r}) + \mathbf{E}_{\text{sca}}(\mathbf{r}) =$$

$$\mathbf{E}_{\text{inc}}(\mathbf{r}) + k_0^2 \int_{\Omega} (\overline{\mathbf{G}}(\mathbf{r}, \mathbf{r}') \cdot (\mathbf{O}(\mathbf{r}') \mathbf{E}_{\text{tot}}(\mathbf{r}')))) dV'$$



# Výhody mikrovlnné diagnostiky

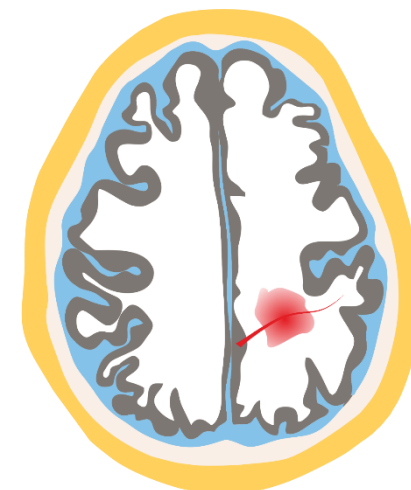
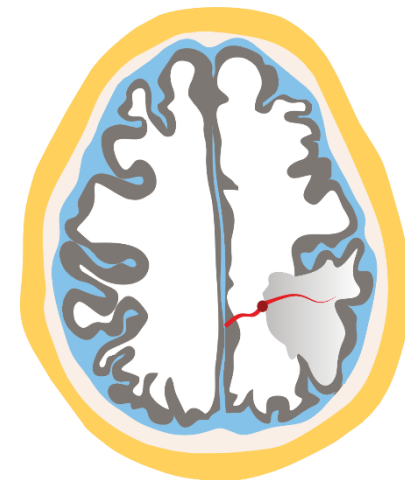


- Mikrovlnné záření je **neionizující** záření
- Je schopné procházet biologickou tkání, se kterou interaguje
  - EM vlny se v biologické tkáni tlumí, mění se jejich fáze, odráží se na rozhraní odlišných tkání,...



# Typy CMP

- Existují dva hlavní typy CMP.
- Ischemická, kde je céva blokována krevní sraženinou a která se vyskytuje téměř ve 85% všech případů.
- Hemoragická, kde krev protéká porušenou cévní stěnou
  - do mozku nebo
  - na jeho povrchu.



M. Persson, A. Fhager, H. D. Trefná, Y. Yu, T. McKelvey, G. Pegenius, J. E. Karlsson, and M. Elam, "Microwave-Based Stroke Diagnosis Making Global Prehospital Thrombolytic Treatment Possible," *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, vol. 61, no. 11, pp. 2806–2817, 2014.

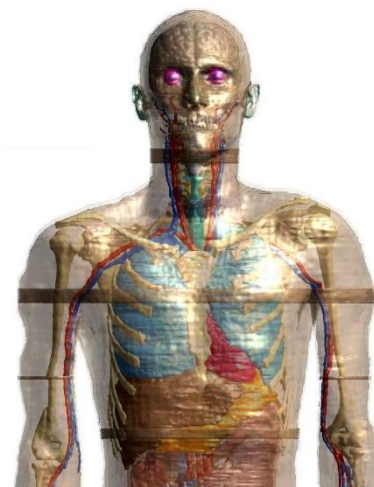


EVROPSKÁ UNIE  
Evropské strukturální a investiční fondy  
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

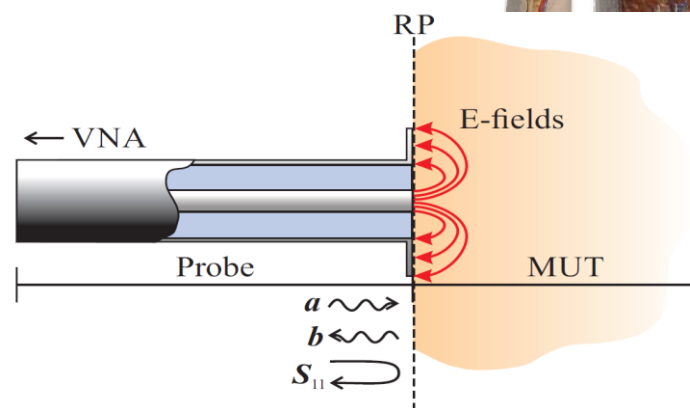
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

# Elektrické parametry biologických tkání

- Krev má výrazně odlišné hodnoty elektrických parametrů oproti bílé a šedé hmotě
  - HR CMP by měla být detekovatelná pomocí mikrovlnné tomografie
- Nedávná studie přímých měření na mozcích prasat, kterým byly uměle vyvolány symptomy IS CMP
  - Prokázané snížení hodnot elektrických parametrů v průměru o > 10 %

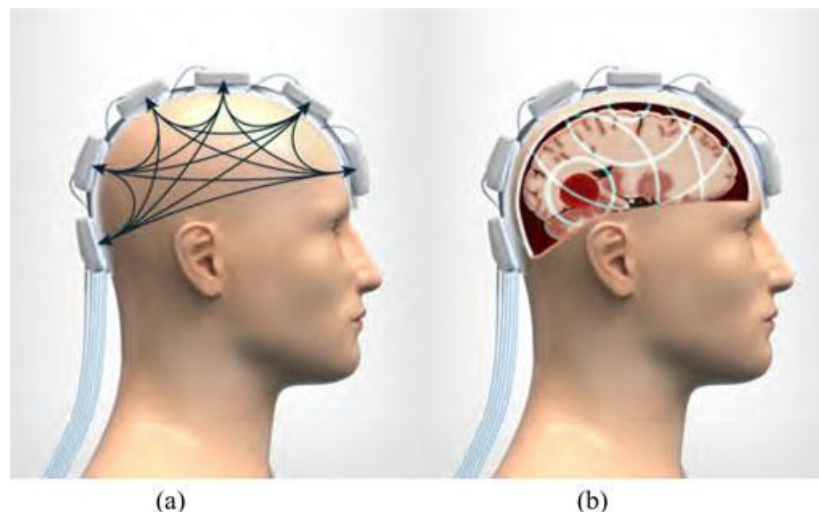


	$\epsilon_r$ (-)	$\sigma_e$ (S/m)
Kůže	40,9	0,90
Lebka	12,4	0,16
Mozkomíšní mok	68,4	2,46
Šedá hmota	52,3	0,99
Bílá hmota	38,6	0,62
Krev (HR CMP)	61,1	1,58



# Mikrovlnná helma

- Pracovní frekvenční pásmo
  - Vychází z hodnot amplitud koeficientu přenosu mezi anténami a požadavku na maximální rozlišovací schopnost
  - Typ.: 0,9 - 1,4 GHz



M. Persson, A. Fhager, H. D. Trefná, Y. Yu, T. McKelvey, G. Pegenius, J. E. Karlsson, and M. Elam, "Microwave-Based Stroke Diagnosis Making Global Prehospital Thrombolytic Treatment Possible," *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, vol. 61, no. 11, pp. 2806–2817, 2014.

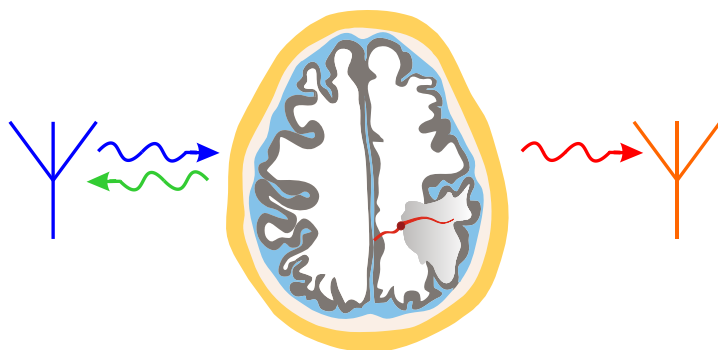


EVROPSKÁ UNIE  
Evropské strukturální a investiční fondy  
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

  
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

# Hardware mikrovlnné diagnostiky

- Obvodový analyzátor s přepínací maticí/víceportový obvodový analyzátor
  - Generuje sinusový signál a měří amplitudy a fáze koeficientů odrazu a přenosu na a mezi svými porty



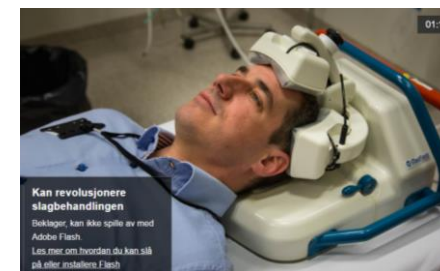
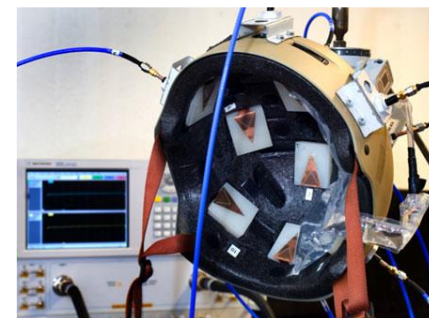
Anténní pole umístěné okolo hlavy pacienta - helma





# Prototypy/generace systémů firmy Medfield Diagnostics

- 1. generace – 10 antén zabudovaných do cyklistické helmy, plastové vložky vyplněné vodou umožňují lepší navázání mikrovln do zobrazované oblasti
- 2. generace – 12 flíčkových antén připevněných na speciální strukturu vyrobenou na zakázku
- 3. Generace Medfield Strokefinder **MD100** s 8mi anténními elementy



M. Persson et al., "Microwave-Based Stroke Diagnosis Making Global Prehospital Thrombolytic Treatment Possible," in IEEE Transactions on Biomedical Engineering, vol. 61, no. 11, pp. 2806-2817, Nov. 2014, doi: 10.1109/TBME.2014.2330554.



EVROPSKÁ UNIE  
Evropské strukturální a investiční fondy  
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

**MSMT**  
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

# Vyhodnocení naměřených dat Medfield Diagnostics

- Firma se soustředí na vývoj klasifikačního algoritmu ne anatomického zobrazování
  - Není zatím cílem získat obrázky rozložení tkání, rozsah a poloha CMP
  - Jedná se o metodu strojového učení zvanou „Učení s učitelem“
    - Naměřená data jednotlivých pacientů se známou diagnózou (diagnostika provedena pomocí CT) jsou využity k trénování algoritmu rozpoznat variantu CMP
    - Čím více naměřených dat, tím vyšší přesnost algoritmu
    - Cílem je správně určit pacienty IS CMP a nasadit u nich trombolytickou léčbu

M. Persson, A. Fager, H. D. Trefná, Y. Yu, T. McKelvey, G. Pegenius, J. E. Karlsson, and M. Elam, “Microwave-Based Stroke Diagnosis Making Global Prehospital Thrombolytic Treatment Possible,” *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, vol. 61, no. 11, pp. 2806–2817, 2014.



EVROPSKÁ UNIE  
Evropské strukturální a investiční fondy  
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

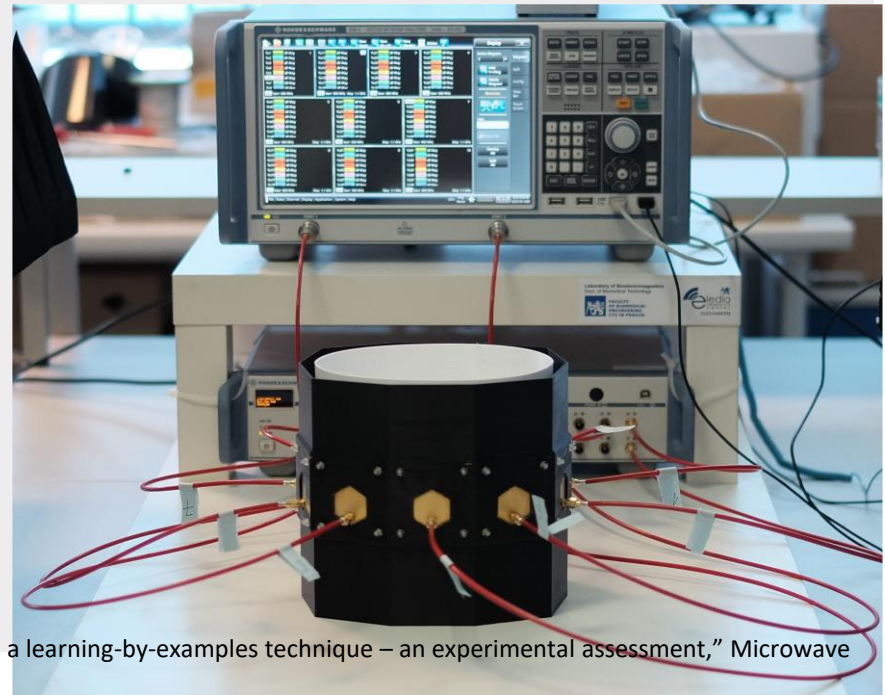


MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

V celém dokumentu platí, že pokud není uvedena u obrázku reference, jedná se o autorské dílo.

## Laboratorní mikrovlnný systém

- Hlavní kontejner ve tvaru desetibokého hranolu má rozměry podobné lidské hlavě a slouží k uchycení 10 planárních anténních elementů
- Zároveň umožňuje vyplnění přizpůsobovací kapalinou a vložení fantomu hlavy a CMP
- V našem MWT systému je anténní pole připojeno k vektorovému síťovému analyzátoru R & S ZNB8 prostřednictvím mikrovlnné spínací matice R & S ZN-Z84.
- Pracovní frekvenční pásmo systému je od 0,9 do 1,5 GHz.



M. Salucci, J. Vrba, I. Merunka, and A. Massa, "Real-time brain stroke detection through a learning-by-examples technique – an experimental assessment," *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 59, no. 11, pp. 2796–2799, 2017.

