



ČVUT

ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE

METODY ZOBRAZENÍ PRO DETEKCI PŘÍZNAKŮ ELEKTROMECHANICKÉ DYSSYNCHRONIE SRDCE

Ing. PETR FIALA

29. 11. 2019

ÚVOD

- spolupráce s Kardiologickou klinikou FN Motol
- nalezení vhodných metod pro zpřesnění charakteru arytmií
- využití kombinace dat získaných z MRI a ze systému CARTO

CÍLE PRÁCE

- 1) Navrhnout metody pro načtení a zpracování dat z MRI a ze systému CARTO pro elektrofyziologické vyšetření.**
- 2) Vytvořit aplikaci využívající navržených metod s možností zobrazit získané výsledky způsobem vhodným pro porovnání mechanických a elektrických parametrů stěny levé srdeční komory.**
- 3) Statisticky vyhodnotit rozdíly v získaných parametrech mezi zdravou kontrolou a nemocným pacientem a určit parametry vhodné pro klasifikaci přítomnosti dyssynchronie.**

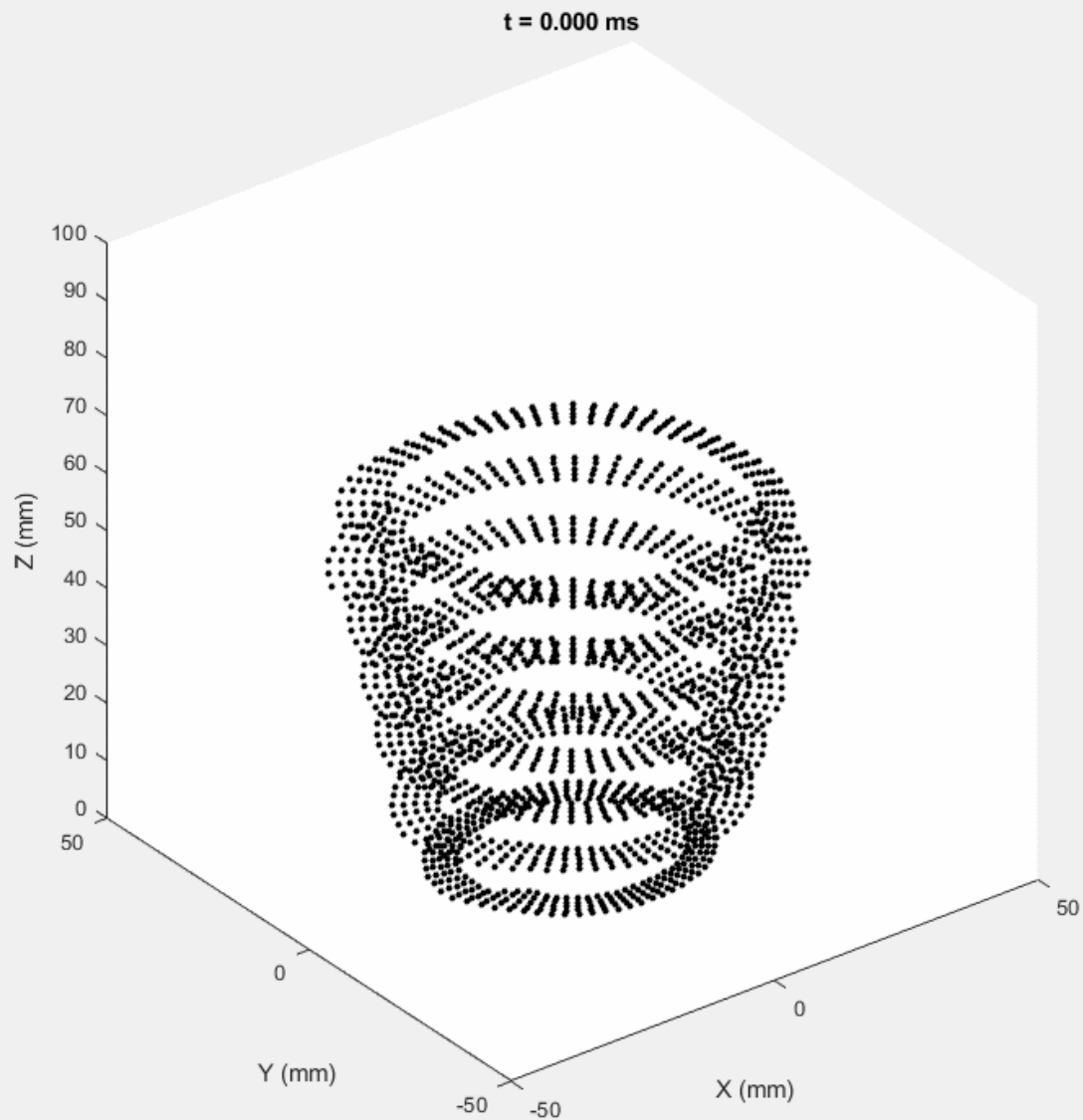
PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU

- problematika kombinace modalit a dat málo řešená v odborné literatuře
- neexistující komerční software pro kombinaci a vyhodnocení elektrických a mechanických parametrů srdeční svaloviny

VSTUPNÍ DATA

- 2 zdravé kontroly
- 9 pacientů podstupujících srdeční resynchronizační léčbu (implantovaný kardiostimulátor)

- **MRI**
 - dynamická sekvence snímků v krátké ose
 - strain analýza zpracována v programu SEGMENT
 - standardně 6-7 řezů, každý rozdělen na 60 oblastí s informací o deformaci LK



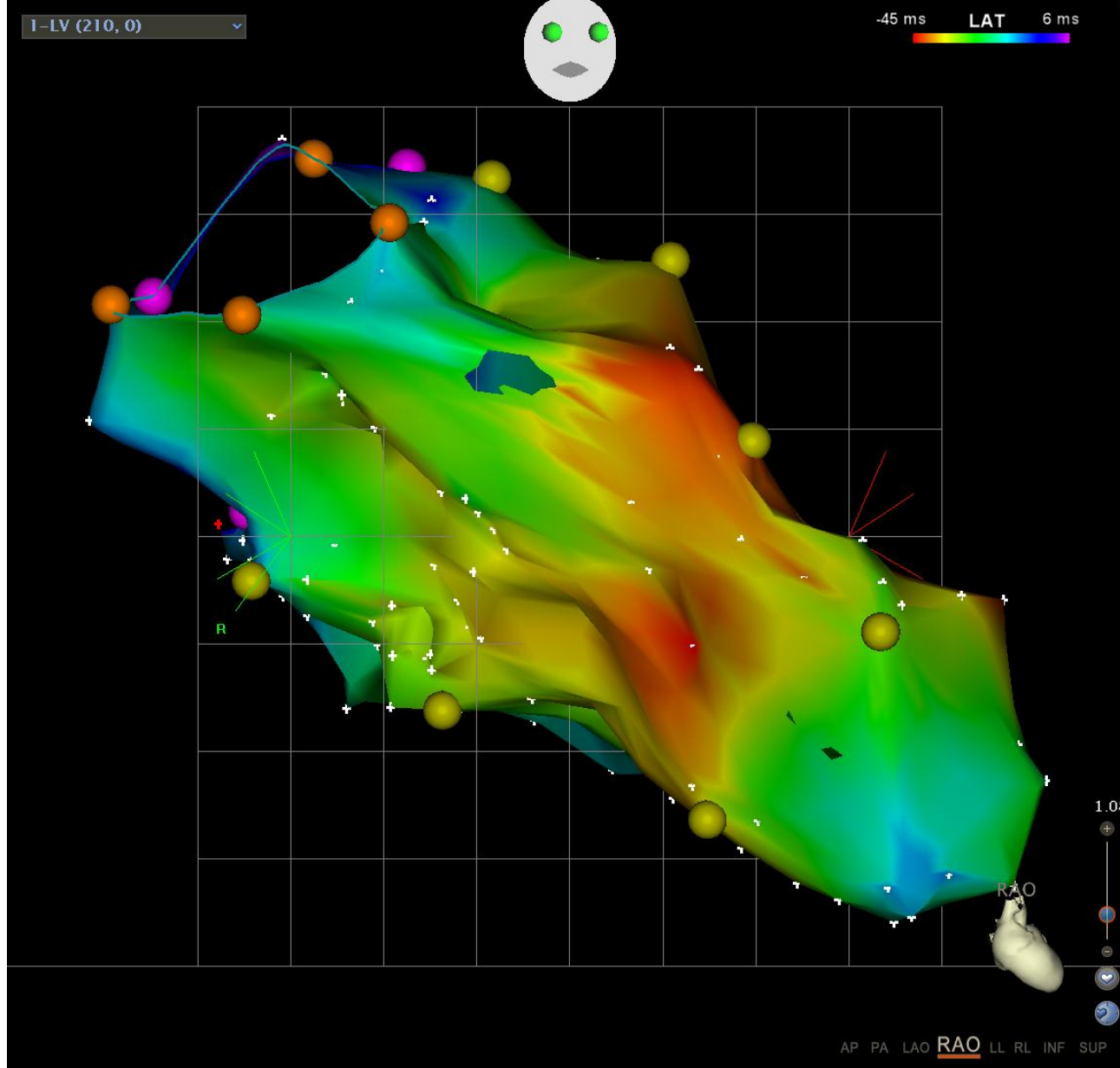
Obrázek 1: Vizualizace mechanických vstupních dat z MRI. Svalovina levé komory reprezentovaná strainovými značkami z analýzy provedené programem *Segment*. Zpracováno a zobrazeno v prostředí *MATLAB*.

VSTUPNÍ DATA

- 2 zdravé kontroly
- 9 pacientů podstupujících srdeční resynchronizační léčbu (implantovaný kardiostimulátor)

- **MRI**
 - dynamická sekvence snímků v krátké ose
 - strain analýza zpracována v programu SEGMENT
 - standardně 6-7 řezů, každý rozdělen na 60 oblastí s informací o deformaci LK

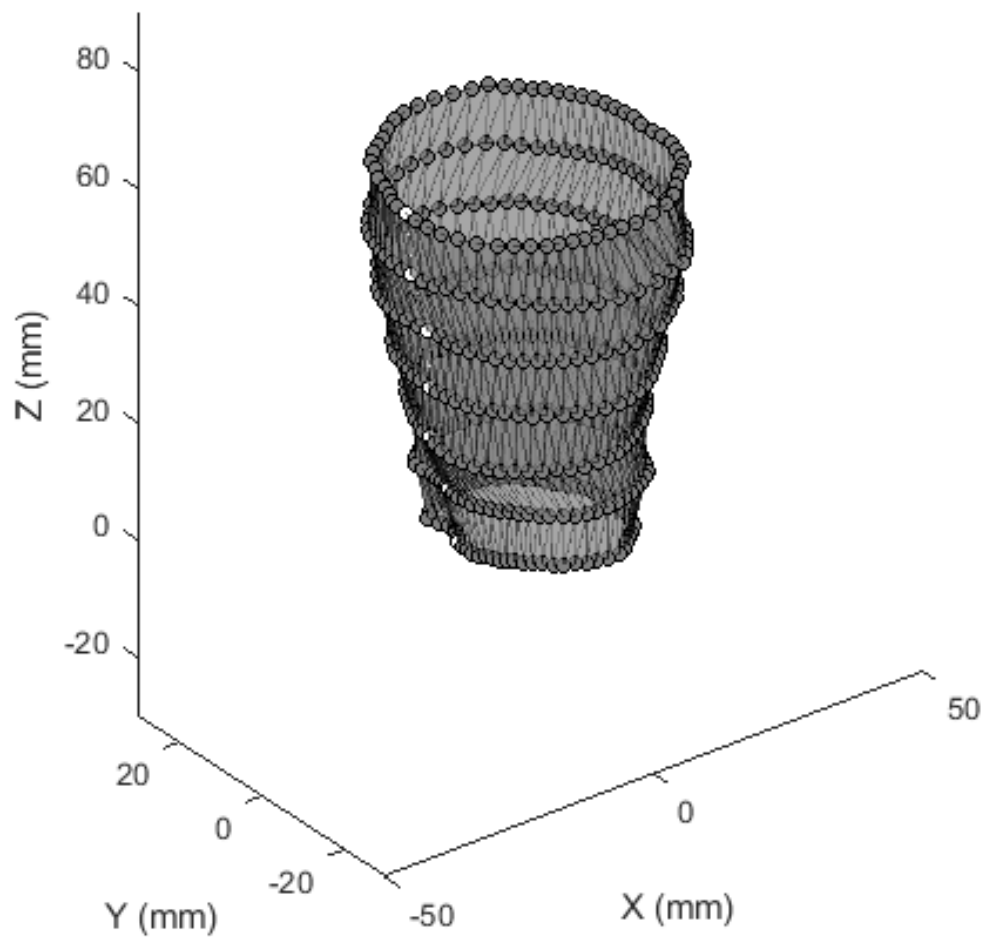
- **CARTO**
 - 3D model reprezentující průměrný vnitřní objem LK
 - informace o spontánní elektrické aktivitě v každém bodu sítě modelu



Obrázek 2: Vizualizace elektroanatomických vstupních dat. 3D struktura reprezentující průměrný objem levé komory s odpovídající aktivační mapou. Export ze systému *CARTO*.

ZPRACOVÁNÍ MRI DAT

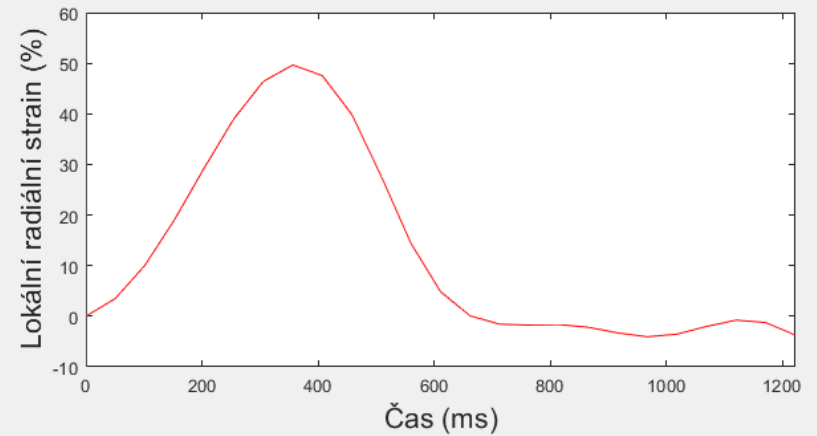
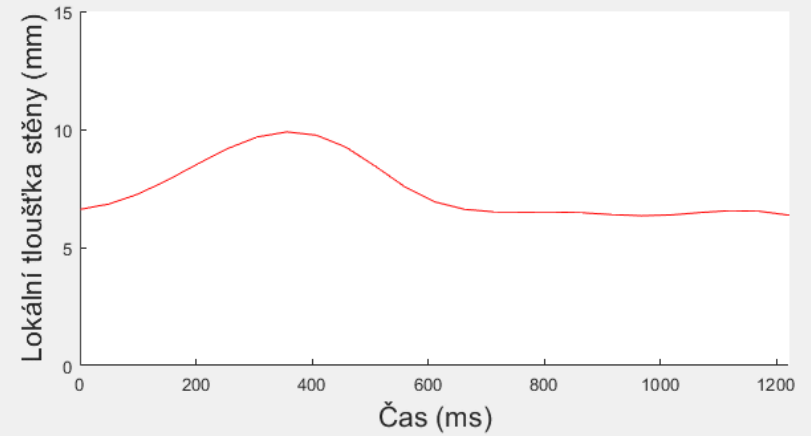
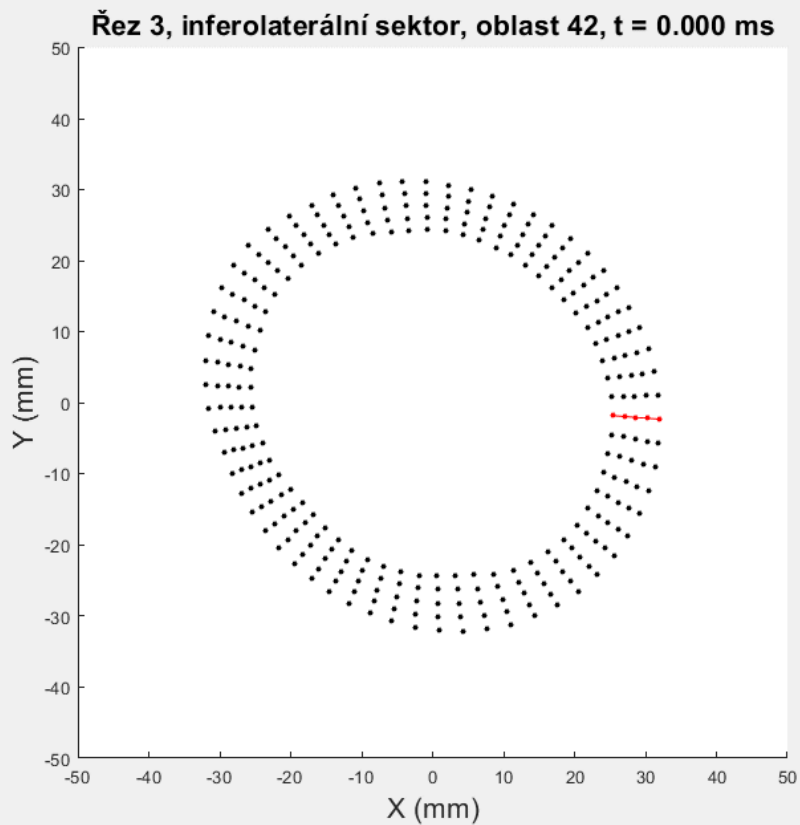
- vytvoření statického MRI modelu z průměrné pozice načtených značek



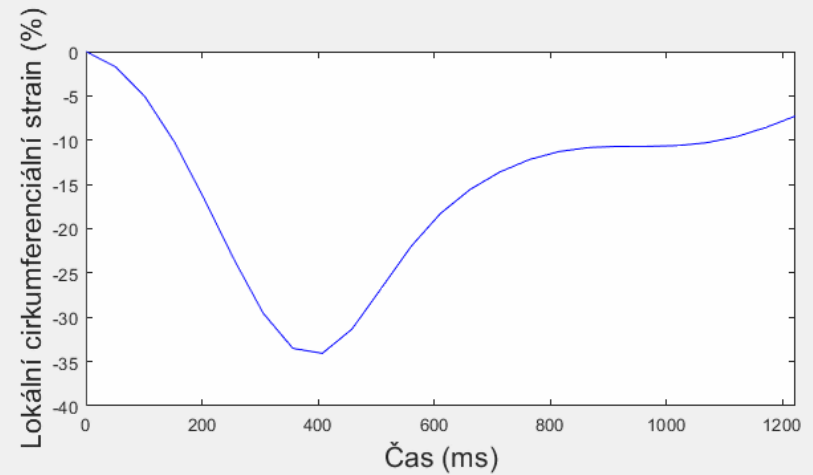
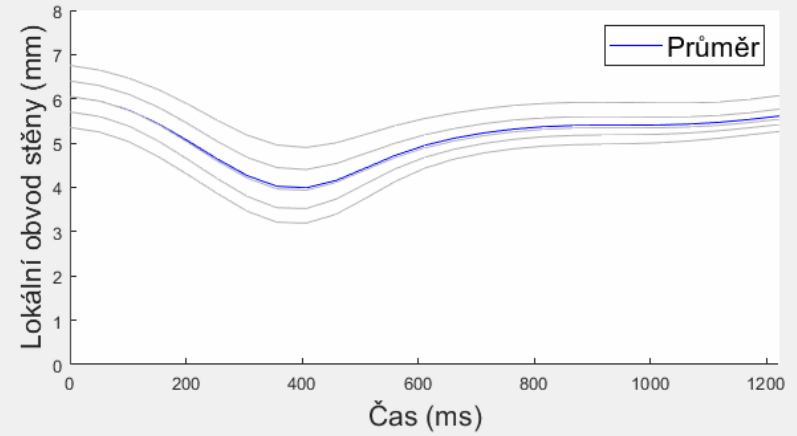
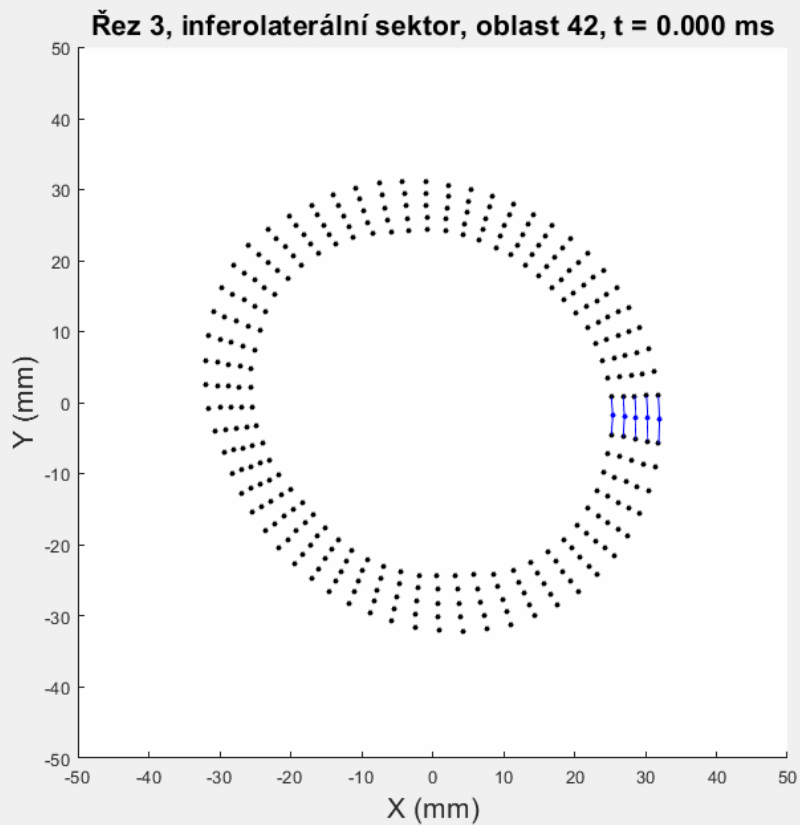
Obrázek 3: Statický MRI model vytvořený z průměrné pozice strainových značek.
Zpracováno v prostředí MATLAB.

ZPRACOVÁNÍ MRI DAT

- vytvoření statického MRI modelu z průměrné pozice načtených značek
- **výpočet mechanických parametrů v každé oblasti modelu**



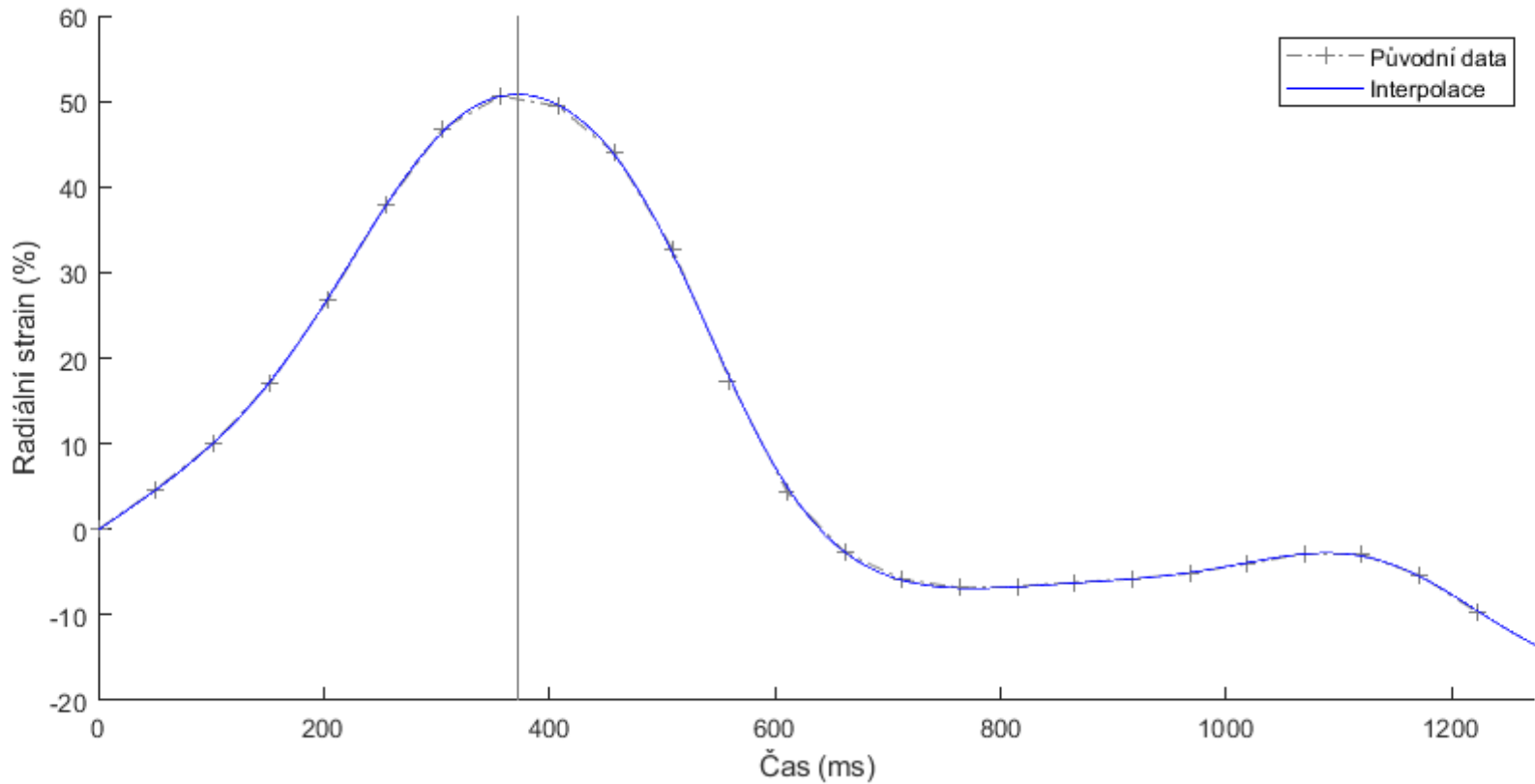
Obrázek 4: Vizualizace výpočtu radiálního strainu. Vlevo animace pohybu značek v jednom z řezů. Červeně vyznačena oblast vybraná pro výpočet. Vpravo nahoře časový průběh tloušťky stěny ve vybrané oblasti. Vpravo dole časový průběh radiálního strainu ve vybrané oblasti. Zpracováno v prostředí MATLAB.



Obrázek 5: Vizualizace výpočtu cirkumferenciálního strainu. Vlevo animace pohybu značek v jednom z řezů. Modře vyznačena oblast vybraná pro výpočet. Vpravo nahoře časový průběh lokálního obvodu stěny ve vybrané oblasti. Vpravo dole časový průběh cirkumferenciálního strainu ve vybrané oblasti. Zpracováno v prostředí MATLAB.

ZPRACOVÁNÍ MRI DAT

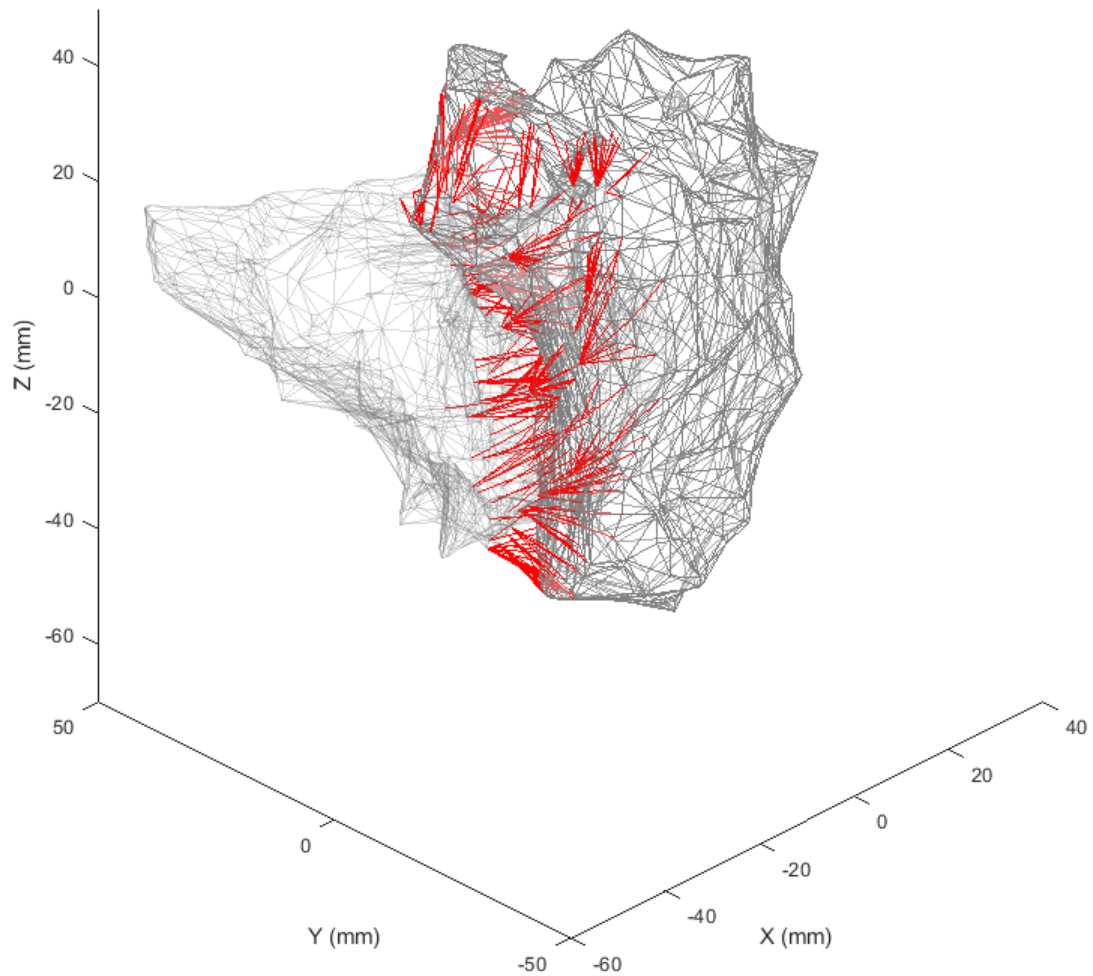
- vytvoření statického MRI modelu z průměrné pozice načtených značek
- výpočet mechanických parametrů v každé oblasti modelu
- **výpočet času lokální mechanické aktivace svaloviny**



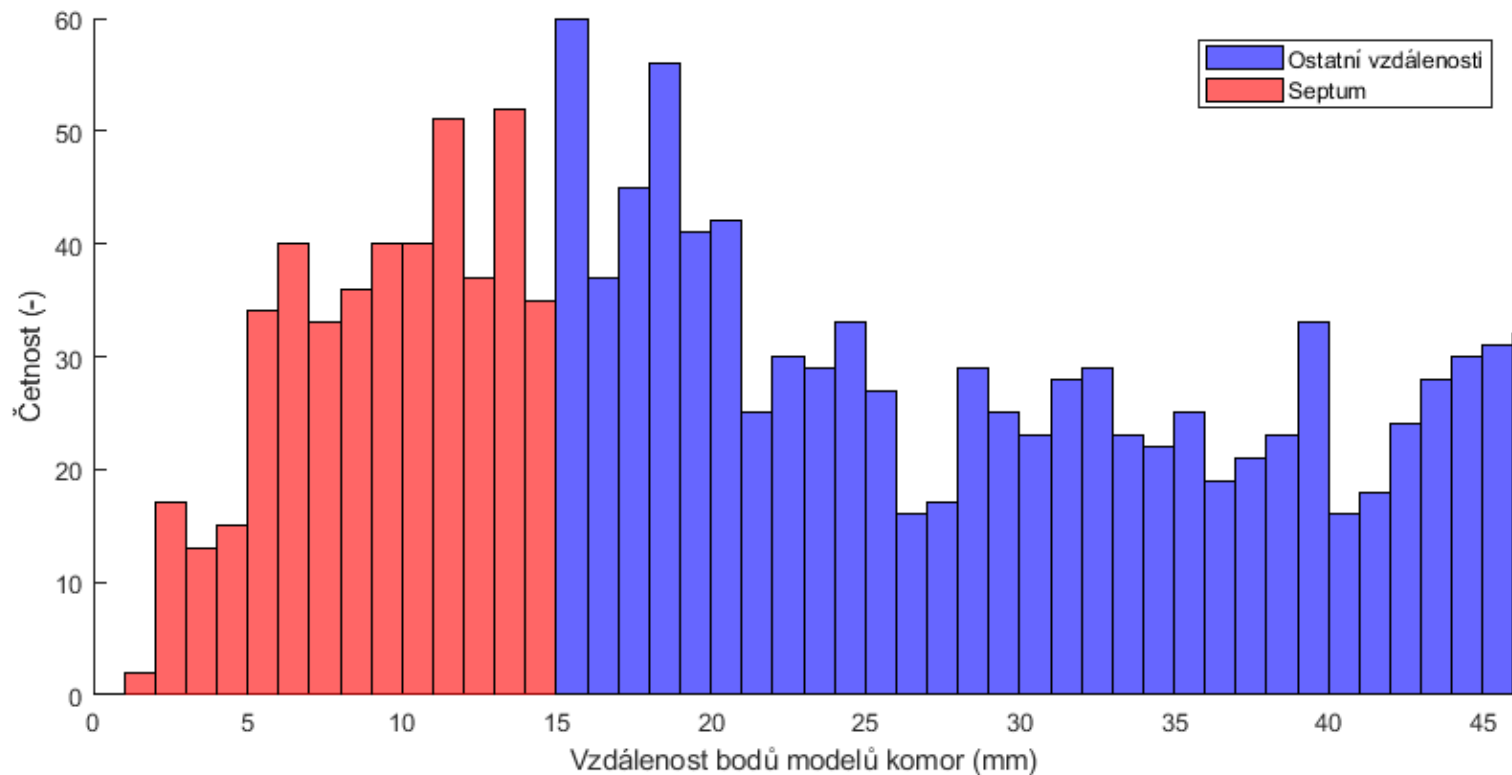
Obrázek 6: Odvození lokálního mechanického aktivního času z interpolovaného průběhu radiálního strainu. Zpracováno v prostředí MATLAB.

ZPRACOVÁNÍ CARTO DAT

- parsování .xml exportu pro zjištění pozic anotací
- automatizované určení vztahu modelu k anatomii (minimalizace uživatelských vstupů)
 - osa levé komory -> aplikace PCA na model
 - určení těžiště septa z podle vzdáleností bodů sítí modelů obou komor



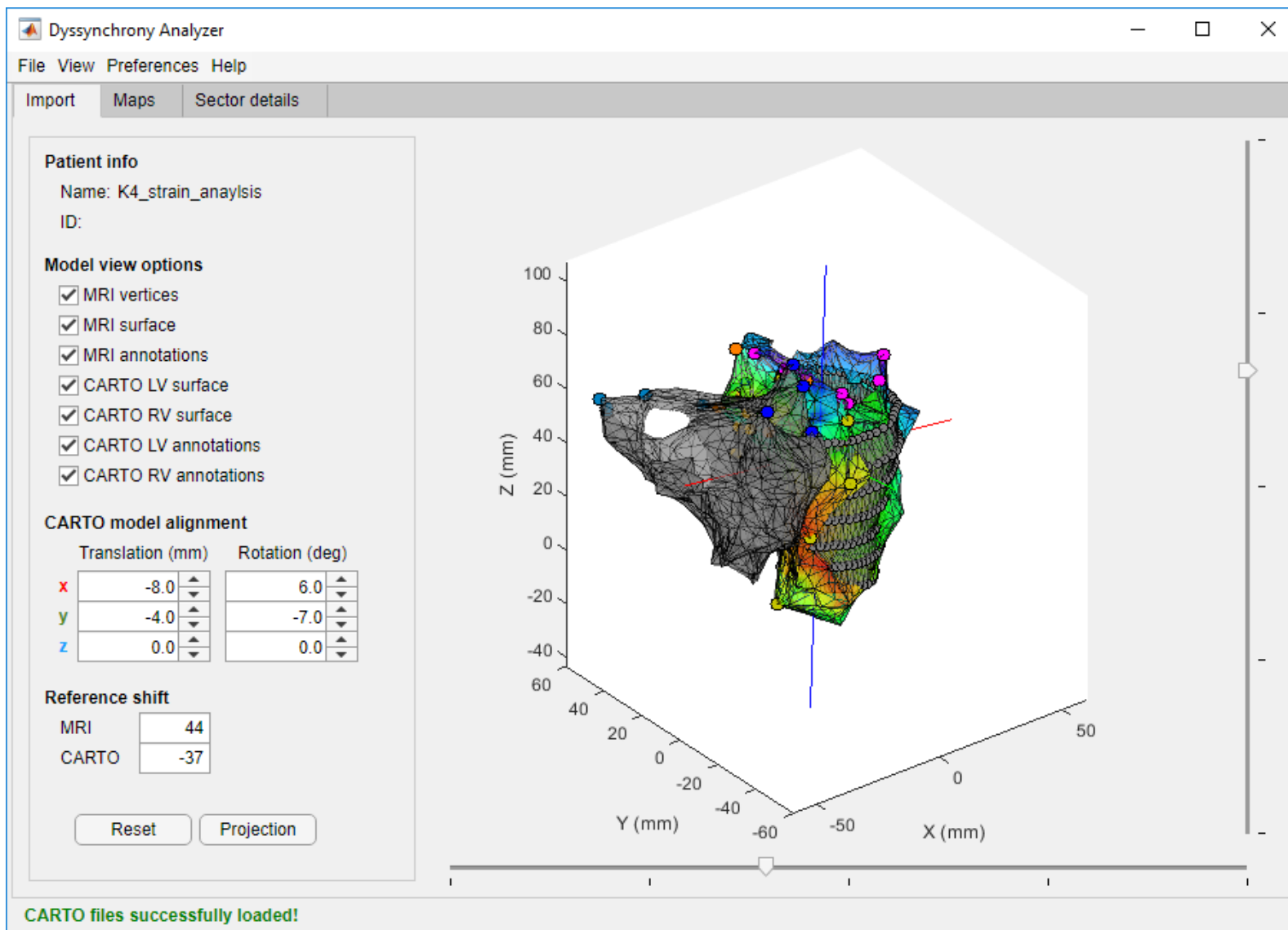
Obrázek 7: Nejkratší vzdálenosti bodů CARTO modelů levé a pravé komory.
Zpracováno a zobrazeno v prostředí MATLAB.



Obrázek 8: Histogram nejkratších vzdálenosti bodů CARTO modelů levé a pravé komory. Červená část odpovídá bodům vymežujícím septum. Zpracováno v prostředí MATLAB.

APLIKACE DYSSYNCHRONY ANALYZER

- **přímé čtení a zpracování potřebných vstupních souborů**
- **manuální korekce připravené vzájemné polohy CARTO a MRI modelu**
- **úprava referenčních časů MRI a CARTO ve vztahu k srdečnímu cyklu**



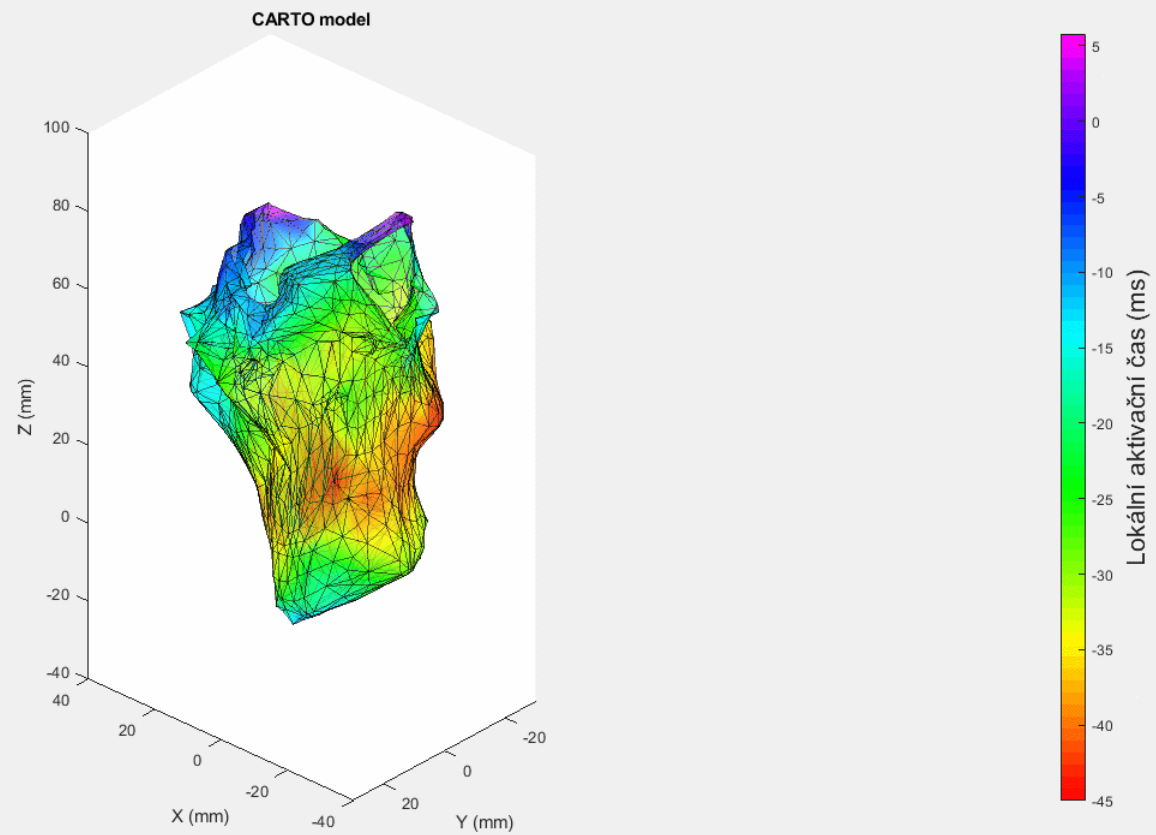
Obrázek 9: Prostředí aplikace Dyssynchrony Analyzer – modul pro import dat. Vlevo: panel pro volbu zobrazení a manuální korekci vzájemné polohy modelů. Vpravo: Vykreslené modely po provedené transformaci podle zadaných parametrů.

APLIKACE DYSSYNCHRONY ANALYZER

- přímé čtení a zpracování potřebných vstupních souborů
- manuální korekce připravené vzájemné polohy CARTO a MRI modelu
- úprava referenčních časů MRI a CARTO ve vztahu k srdečnímu cyklu
- **provedení projekce elektrických parametrů na MRI model**

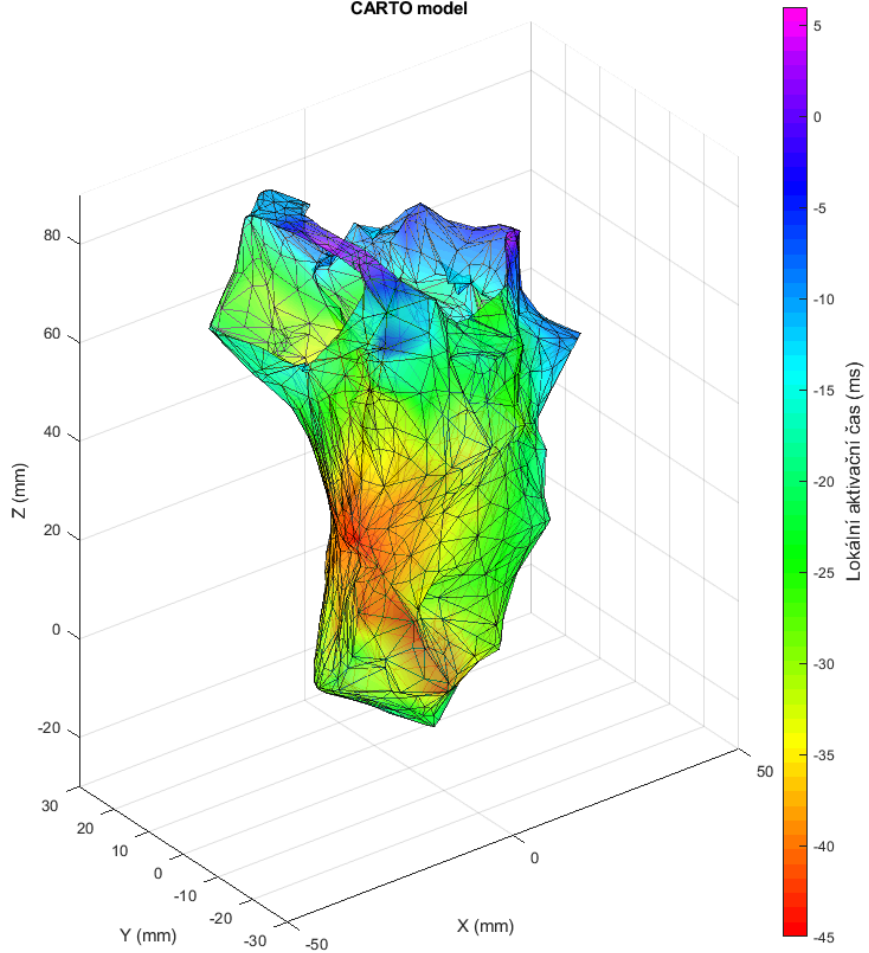
PROJEKCE CARTO DAT NA MRI MODEL

- předpoklad správné vzájemné orientace obou modelů
- radiální průmět
 - hledání průsečíku spojnice vybraného body MRI modelu a těžiště příslušné vrstvy s povrchem CARTO modelu
 - do vybraného bodu uloženy hodnoty elektrických parametrů z okolních bodů

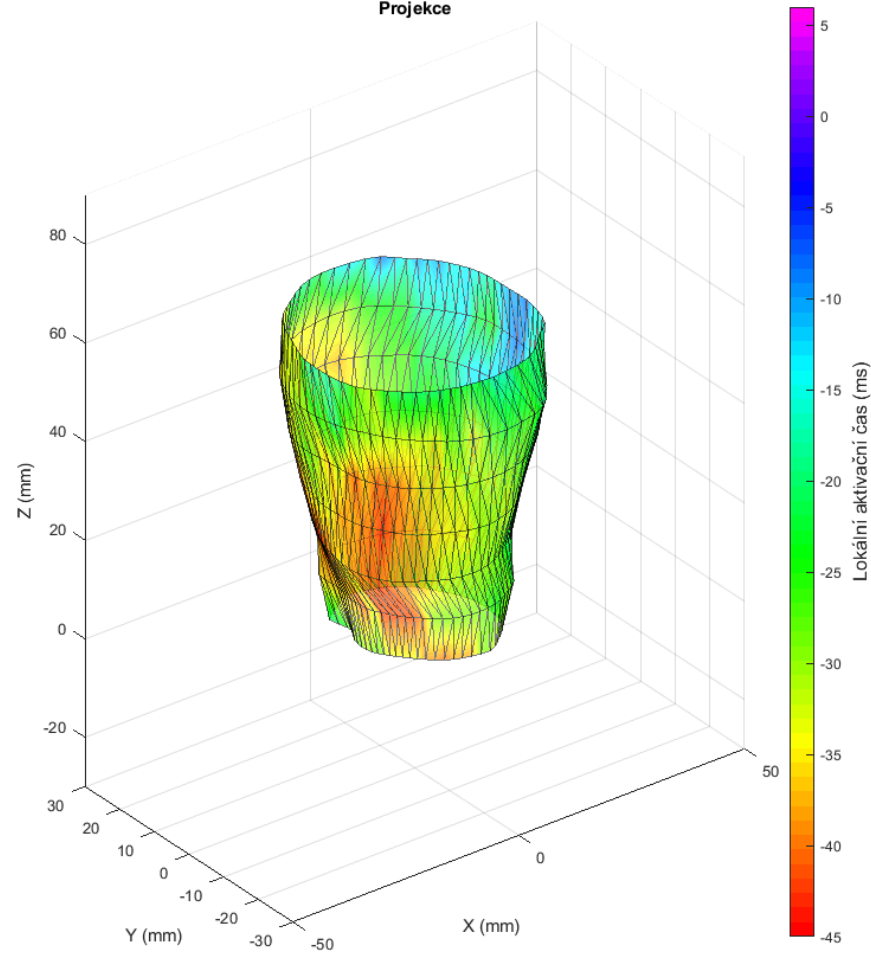


Obrázek 10: Vizualizace postupu při projekci CARTO dat na MRI model.
Zpracováno v prostředí MATLAB.

CARTO model



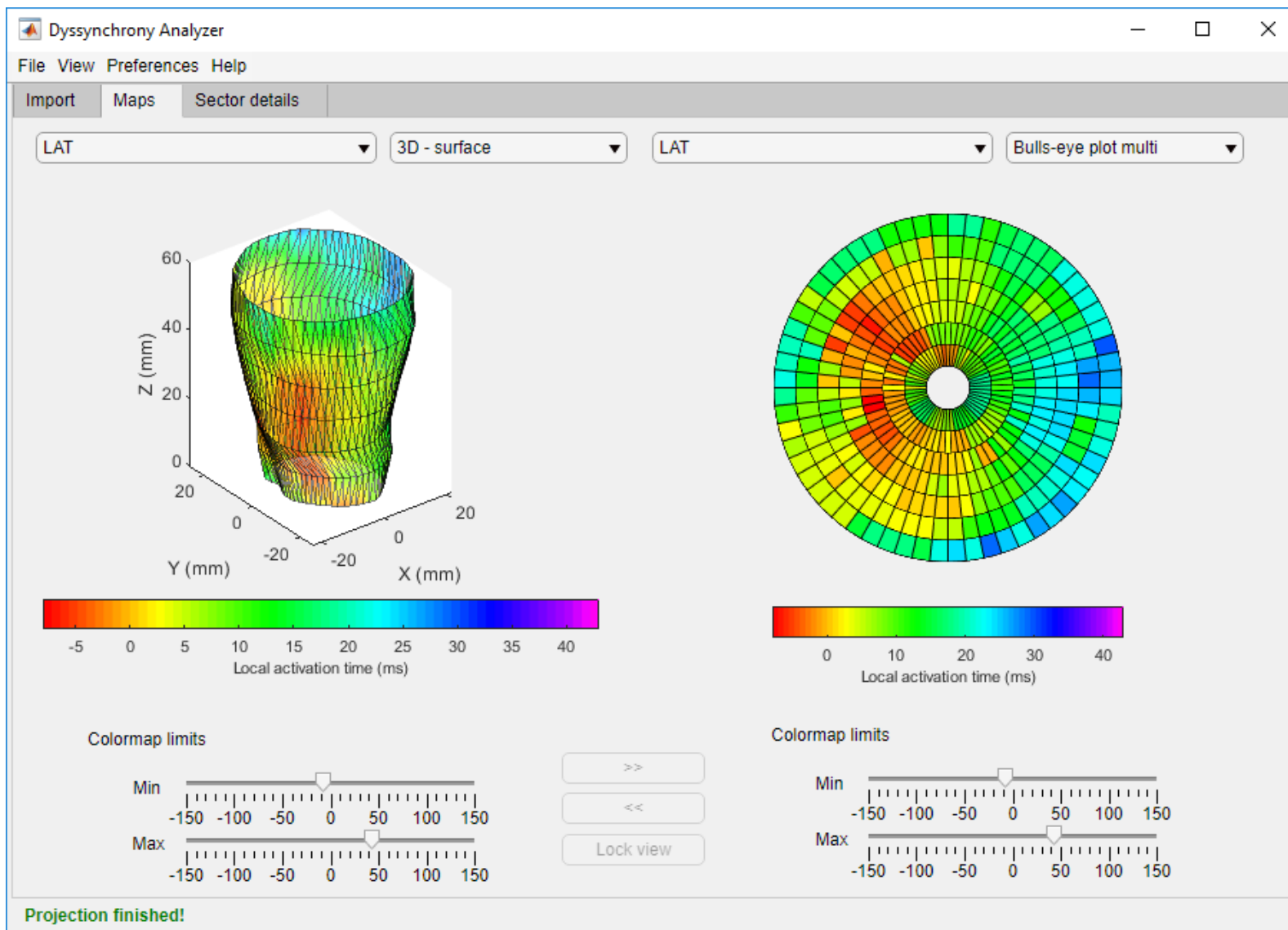
Projekce



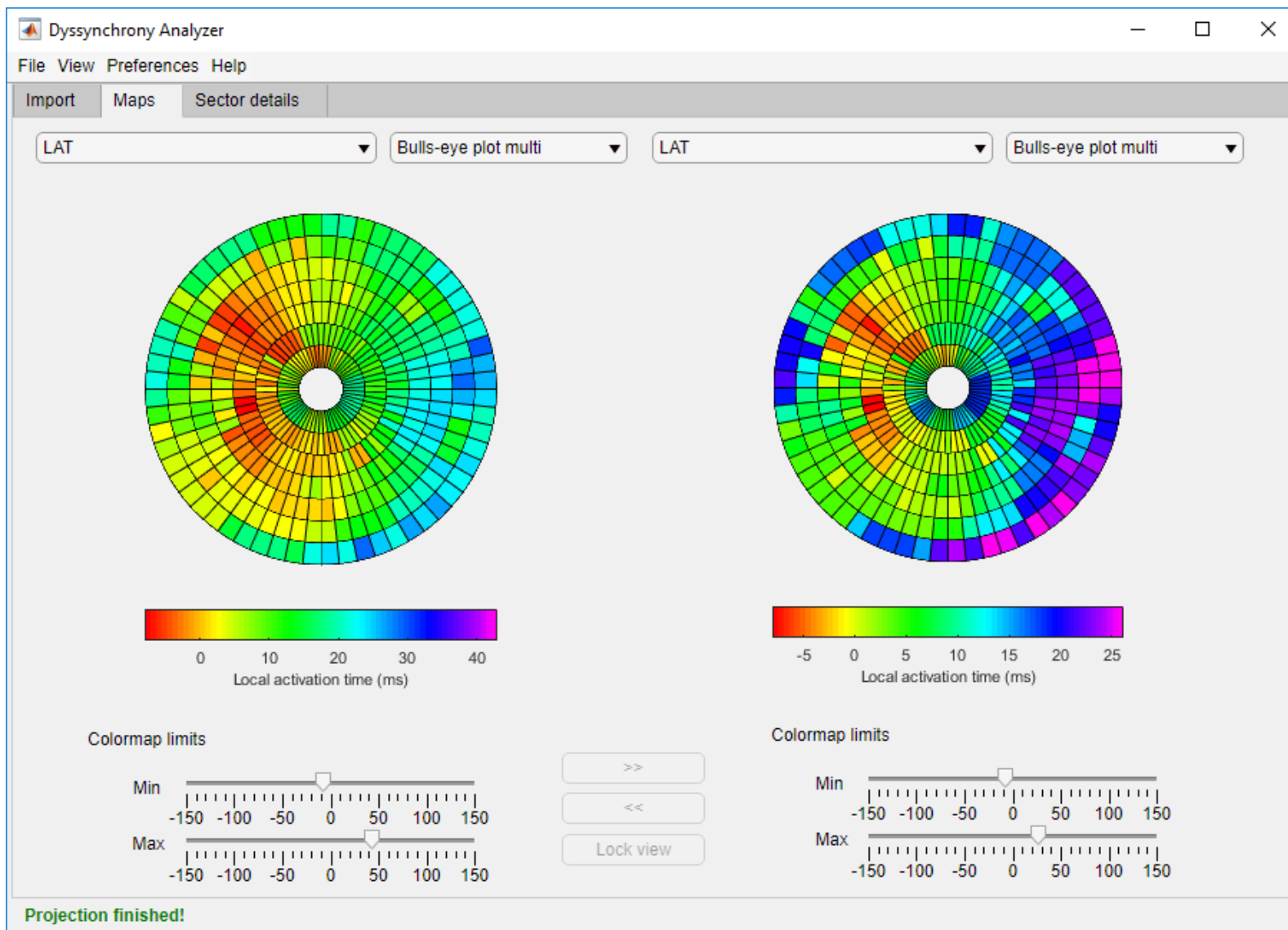
Obrázek 11: CARTO model s mapou lokálního aktivačního času (vlevo) a výsledek projekce této mapy na MRI model (vpravo).

APLIKACE DYSSYNCHRONY ANALYZER

- přímé čtení a zpracování potřebných vstupních souborů
- manuální korekce připravené vzájemné polohy CARTO a MRI modelu
- úprava referenčních časů MRI a CARTO ve vztahu k srdečnímu cyklu
- provedení projekce elektrických parametrů na MRI model
- **vizualizace výsledků ve formě map**



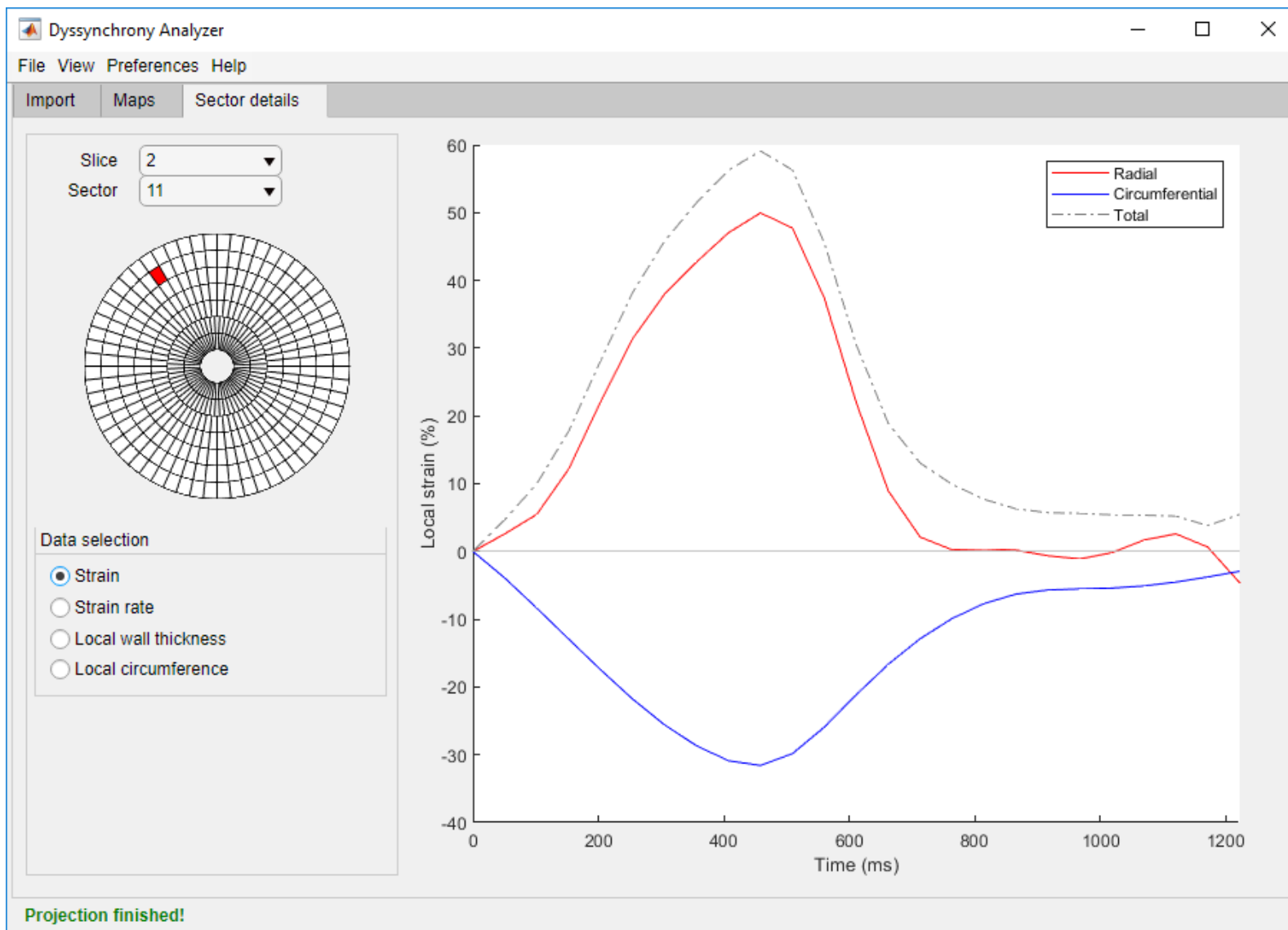
Obrázek 12: Prostředí aplikace Dyssynchrony Analyzer – zobrazení výsledků.
 Vlevo: mapa lokálního aktivačního času na MRI modelu
 Vpravo: zobrazení lokálního aktivačního času v bull's-eye plot.



Obrázek 13: Prostředí aplikace Dyssynchrony Analyzer – zobrazení výsledků. Ukázka vlivu limitů barevné škály na zobrazení.

APLIKACE DYSSYNCHRONY ANALYZER

- přímé čtení a zpracování potřebných vstupních souborů
- manuální korekce připravené vzájemné polohy CARTO a MRI modelu
- úprava referenčních časů MRI a CARTO ve vztahu k srdečnímu cyklu
- provedení projekce elektrických parametrů na MRI model
- vizualizace výsledků ve formě map
- **vizualizace časových průběhů lokálních hodnot mechanických parametrů**



Obrázek 14: Prostředí aplikace Dyssynchrony Analyzer – zobrazení lokálních dat.
Vlevo: panel pro výběr oblasti srdeční stěny a dat k zobrazení.
Vpravo: časový průběh radiálního a cirkumferenciálního strainu ve vybrané oblasti.

HODNOCENÍ PŘÍTOMNOSTI DYSSYNCHRONIE

- vybrány tři parametry pro statistické testování
- předpoklady:
 - 1) Rozptyl a střední hodnota maxima radiálního strain rate se mezi pacienty a zdravou kontrolou statisticky významně liší.
 - 2) Rozptyl a střední hodnota minima cirkumferenciálního strain rate se mezi pacienty a zdravou kontrolou statisticky významně liší.
 - 3) Rozptyl a střední hodnota lokálního aktivačního času se mezi pacienty a zdravou kontrolou statisticky významně liší.

STATISTICKÉ TESTOVÁNÍ

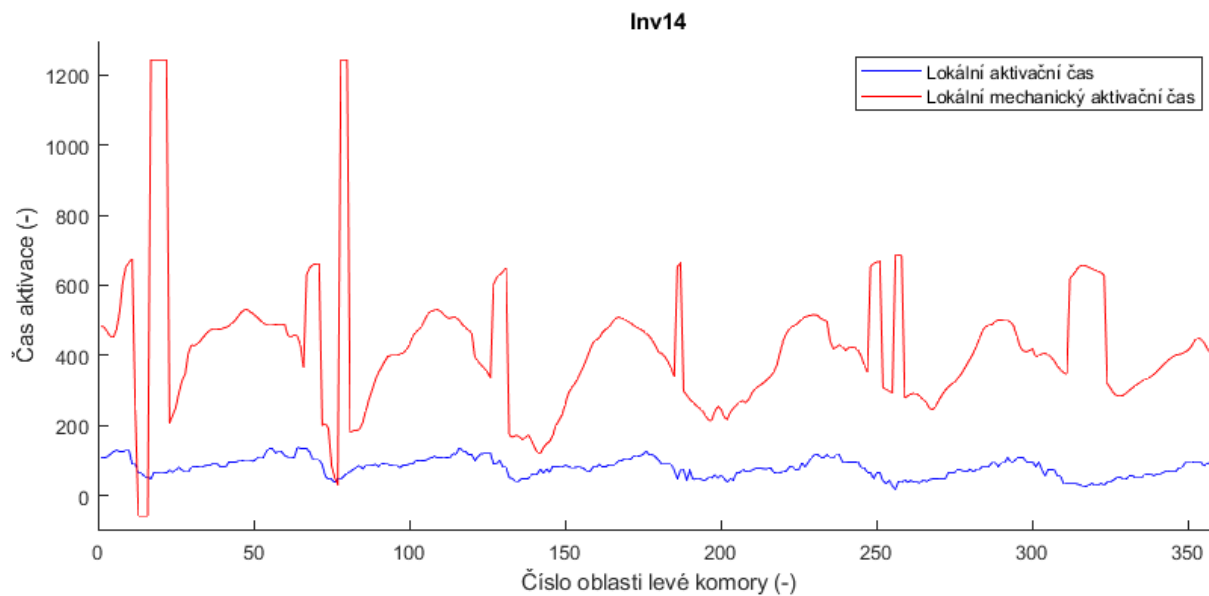
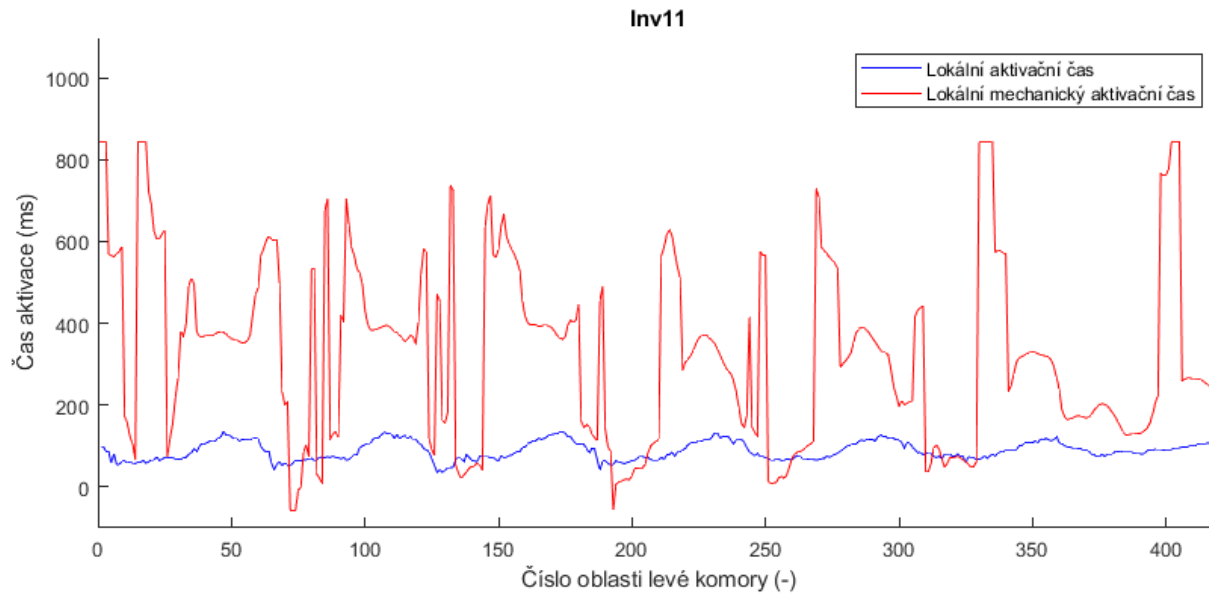
- normalita
 - jednovýběrový Kolmogorovův–Smirnovův test
 - na 5% hladině významnosti zamítnuto, že mají data normální rozdělení
- střední hodnota
 - Mannův-Whitneyův U-test
 - na 5% hladině významnosti zamítnuto, že se střední hodnoty parametrů mezi pacienty a zdravými kontrolami neliší
- rozptyl/rozdělení dat
 - dvouvýběrový Kolmogorovův–Smirnovův test a Kruskalův-Wallisův test
 - na 5% hladině významnosti zamítnuto, že hodnoty parametrů u pacientů a zdravých kontrol pocházejí ze stejného rozdělení

LIMITACE NAVRŽENÝCH METOD

- významný rozdíl v časovém rozlišení MRI a CARTO (50 ms X 1ms)
- nepřesný tracking obrazu při strain analýze (zejména v bazální a apikální oblasti)



vliv na výpočet lokálního mechanického aktivačního času



Obrázek 15: Porovnání výsledků lokálního mechanického aktivačního času. Velmi nepřesný výsledek vlivem chybného trackingu (nahore) a téměř správný výsledek (dole).

SHRNUTÍ VÝSLEDKŮ

- navrženy metody pro zpracování dat mechanického charakteru z MRI srdce
- navrženy metody pro zpracování elektroanatomických dat ze systému CARTO
- vytvořena aplikace využívající těchto metod pro zobrazení mechanických a elektrických parametrů srdce na stejné struktuře
- parametry *maximum radiální strain rate*, *minimum cirkumferenciálního strain rate* a *lokální aktivační čas* byly statisticky ověřené jako vhodné pro odlišení zdravých kontrol a pacientů s chronickým srdečním selháním
- aplikace poskytnuta v samostatné distribuci FN Motol k pilotnímu testování, včetně manuálu a doporučeného postupu pro provedení analýzy