

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Zelenka** Jméno: **Jakub** Osobní číslo: **499883**
 Fakulta: **Fakulta biomedicínského inženýrství**
 Studijní program: **Biomedicínská technika**
 Název práce: **Numerický model ablace srdeční tkáně elektroporačním přístrojem**

II. HODNOCENÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Kritéria hodnocení práce		Počet bodů
1.	<p>Splnění cíle a vhodnost struktury obsahu bakalářské práce z hlediska zadaného tématu (splnění zadání). (0 – 30)*</p> <p>Každá část či věta ze zadání musí mít jasný odraz ve zpracované práci. Excelentně splněné zadání může být ohodnoceno maximálním počtem bodů. V poměru rozsahu části v zadání, která není zcela vhodně či úplně zpracována, se hodnocení odpovídajícím způsobem snižuje.</p>	29
2.	<p>Teoretická úroveň a využití dostupné literatury v bakalářské práci. (0 – 30)*</p> <p>Oponent posuzuje relevantnost teoretické části k zadání, rozsah rešerší a systematické uspořádání zjištěných poznatků. Pokud převažuje doslovné převzetí textů, snižuje oponent hodnocení až o 15 bodů (přirozeně za předpokladu dodržení autorských práv). Důvodem pro snížení celkového hodnocení je dále nedostatečný výběr teoretických poznatků, literatury a zdrojů.</p>	22
3.	<p>Rozsah realizačních prací (SW, HW), aplikovaných vědomostí a znalostí, úroveň metodologického zpracování a závěrů práce. (0 – 30)*</p> <p>Maximální počet bodů lze udělit práci, která je vhodná k publikování. Tento aspekt se posuzuje zejména z hlediska významu pro obohacení teoretických poznatků a má praktický význam. Obzvláště pozitivně je hodnoceno vytvoření modelu, SW produktu a též technická realizace. Za drobné metodologické nedostatky se hodnocení snižuje až o 5 bodů. Nekonzistentnost zpracování s teoretickými východiskami a nejasný či ne zcela odborný metodologický přístup vede ke snížení minimálně o 15 bodů. Další snížení hodnocení lze udělit za nedostatečnou diskusi k závěrům. Celkem 30 bodů za velmi komplexní a bezchybnou práci včetně dalších aktivit jako je účast na vědecko-výzkumném projektu či grantu, aktivní účast na tvorbě publikací, patentů či užitečných vzorů.</p>	17
4.	<p>Formální náležitosti a úprava bakalářské práce (úroveň psaní, označení struktury textu, grafy, tabulky, citace v textu, seznam použité literatury apod.). (0 – 10)*</p> <p>Oponent hodnotí formální náležitosti z pohledu dodržení pravidel o psaní, atributů závěrečných prací, tj. formátování textu, struktury práce, seznamu použité literatury, vybavenosti bakalářské práce grafy a tabulkami, způsobu citování. Za nedodržení jednotlivých pravidel snižuje maximální hodnocení o 2 body za každý nerespektovaný atribut. Rovněž za výskyt gramatických chyb, překlepů a nevhodné stylistiky a terminologie se snižuje hodnocení o 2-4 body. V práci by se měla objevovat pouze standardní odborná terminologie a to zejména v českém jazyce (je třeba hodnotit schopnost vyjadřovat se technickým jazykem – 2 body), grafy jsou tvořeny podle zásad (viz tolerance a vliv statistického zpracování – 2 body), u grafů a tabulek jsou patřičné legendy a vše je čitelné (2 body), jsou dodržena citační pravidla podle ISO690 a ISO690-2 (2 body).</p>	9
5.	Celkový počet bodů	77

* Slovní hodnocení uveďte v komentáři.

III. NÁVRH OTÁZEK K OBHAJOBĚ

1. Na obrázku 4.14 máte screenshot s definicí funkce určující hustotu vzduchu v závislosti na tlaku a teplotě. Funkci věnujete i obrázek 4.15, kde máte dokonce její vyobrazení ve trojrozměrném prostoru. Tlak a teplota jsou argumenty (nikoliv parametry, jak je trochu nepřesně uvedeno). Uvedená rovnice je ve fyzice velmi dobře známá. Jedná se totiž o nejjednodušší model plynu a bývalo by stačilo uvést jeho název. Jak se jmenuje model plynu, který je popsán rovnicí na obrázku 4.14?

2. V prvním odstavci části 4.1.6. Teplotní simulace zmiňujete, že bylo učiněno zjednodušení formou náhrady tekutiny (krve) za pevnou látku. Jaké očekáváte důsledky takového zjednodušení na simulovanou teplotu?

3. V kapitole 5 zobrazujete rozložení elektrického pole (obr. 5.4 až 5.15). Vezměte v úvahu Obrázek 5.13. Jsou na něm patrné nespojitosti kontur a v rozích i podél domény nervu jsou patrné lokální extrémy. V diskusi výsledků komentujete obecně nerovnoměrnost elektrického pole a jako možnou příčinu uvádíte kontakt materiálů s rozdílnými vlastnostmi. Jaké další příčiny může takový nefyzikální výsledek mít? Existují nejméně další dvě.

IV. CELKOVÉ HODNOCENÍ ÚROVNĚ VYPRACOVÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Hodnocení**:	A (výborně)	B (velmi dobře)	C (dobře)	D (uspokojivě)	E (dostatečně)	F (nedostatečně)
Počet bodů:	100 - 90	89 - 80	79 - 70	69 - 60	59 - 50	< 50
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	X	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

** v případě hodnocení F (nedostatečně) uveďte podrobný komentář

Bakalářskou práci hodnotím výše uvedeným klasifikačním stupněm a doporučuji/nedoporučuji k obhajobě.

V. KOMENTÁŘ

Posuzovaná bakalářská práce se v první části zabývá rešerší současného stavu ablačních metod se zaměřením na elektroporaci. Tuto část práce považuji za velmi precizně odvedenou a velmi dobře čitelnou. Ve druhé části se autor zabývá popisem experimentu a simulačního modelu, přičemž jsou patrné nedostatky v popisu. Popis simulačního modelu je až přehnaně podrobný v oblasti tvorby CAD geometrie, kdežto stěžejní otázky jako kvalita a druh výpočetní sítě byly zcela pominuty.

V práci bylo správně zhodnoceno, že tvorba tzv. "náhradního elektrického obvodu" není pro složitější obvody v prostředí COMSOL Multiphysics vhodná. Byť to bylo součástí zadání, autor by musel schéma vytvořit v prostředí MATLAB Simulink a importovat jej do COMSOL Multiphysics. Považuji za adekvátní zvolený postup modelování signálu vhodnou metodou - ať funkcí nebo pomocí rozhraní Events. Z textu práce ale není jednoznačné, jak vypadal časový průběh signálu v simulačním modelu COMSOL Multiphysics. V Obrázku 4.15 je zobrazen průběh napětí na elektroporační kyvetě (program TINA-TI), který se liší od Obrázku 4.16, kde je průběh spínací funkce řídicí simulační model. Rozdílem je pásmo relaxace, které však lze do simulačního modelu implementovat a autor to pravděpodobně možná i učinil, ale z textu práce mi to není jasné. Nabízí se tak otázka, zda-li průběh spínací funkce rozhraní Events skutečně řídil pulzy. Pakliže ano, proč se liší od průběhu napětí z obvodu v Obrázku 4.15? Pakliže ne, bylo by pro replikovatelnost simulačního modelu potřeba doplnit skutečný průběh napětí nastavení v software COMSOL Multiphysics. Autor porovnává signály ještě jednou a totiž v části 5.5. Ani tam ale není jasné, jak vypadal pulz v programu COMSOL Multiphysics (je uveden pulz simulovaný v prostředí TINA-TI).

Za nedostatečné považuji vysvětlení, že v teplotní simulaci s využitím rozhraní Events program přestal odpovídat a simulátor byl ukončen. Taková událost by dle mého názoru měla být vysvětlena. Rozhraní Events se používá právě jako spínací funkce. V oblasti události zdrobní časový krok a naopak v oblasti bez očekávaných změn (relaxace) časový krok prodlouží. Používá se třeba u simulací termostatu. Důvodem "zamrznutí" tak mohlo být přetečení operační paměti počítače - a z toho by se dalo odvodit, že pro preciznější teplotní simulaci by bylo nutné použít pracovní stanici s vyšší kapacitou operační paměti. Vysvětlení však autor nepodal a problém metodicky obešel předáváním ztrátového výkonu Q_{rh} vypočteném ve stacionární studii. Zde je již přesněji popsáno, že ztrátový výkon

byl předán v časovém intervalu 1,5 [ms] s prodlevou 5 [s] s několikanásobným opakováním tohoto cyklu. Odpovídá toto průběhu napětí na elektroporační kyvetě, které je uvedené na Obrázku 4.15?

Následuje popis experimentu na vzorku kuřecího masa a v kapitole 5 autor prezentuje a porovnává výsledky mezi simulací OLS a experimentem. Z podstaty je jasné, že takové porovnání se provádí pouze za účelem přibližného srovnání pilotního simulačního modelu a dají se proto očekávat rozdíly. Na druhou stranu je potřeba přistupovat k výsledkům numerických modelů kriticky. Autor vůbec nezmínil, zda provedl studii vlivu výpočetní sítě (mřížky) na výsledky. Pro příští práce také doporučuji větší zvědavost a rozbor na první pohled nejasných extrémů ve výsledcích simulace.

V diskusi výsledků autor realisticky konstatuje, že je potřeba vylepšit jak experiment (zejména měření teploty termokamerou) tak i simulaci. Přes uvedené nedostatky autor vytvořil základ pro další výzkum - naučil se základům počítačových simulací v software COMSOL Multiphysics, vytvořil pilotní model a prošel také metodiku experimentu - a to vůbec není málo. Z tohoto hlediska hodnotím práci jako velmi dobrou s doporučením hlubšího zkoumání simulačních postupů a detailnějšího popisu sítě, počtu stupňů volnosti a simulačních postupů. Po formální stránce je práce také velmi dobrá s doporučením vyvarovat se screenshotů, kde nejsou nezbytně nutné (např. screenshot tabulky ze software je možné nahradit prostou tabulkou). Překlepů a pravopisných chyb práce obsahuje minimum. Práci jednoznačně doporučuji k obhajobě jako dobrou.

Jméno a příjmení: Ing. Martin Kožíšek
Organizace: HUMUSOFT s.r.o.
Kontaktní adresa: Pobrezni 20, 186 00 Praha 8

Podpis:

Datum: